

**DISEÑO DE UN MANUAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE
SKETCHUP EN LA ASIGNATURA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DEL
PROGRAMA ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL**

**GUILLERMO ACOSTA DELGADO
CLAUDIA ALEXANDRA REINA ACEVEDO**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL
CARTAGENA DE INDIAS, D.T. Y C.
2011**

**DISEÑO DE UN MANUAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE
SKETCHUP EN LA ASIGNATURA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DEL
PROGRAMA ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL**

**GUILLERMO ACOSTA DELGADO
CLAUDIA ALEXANDRA REINA ACEVEDO**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial
para optar al título de Administrador Industrial**

**Asesor:
JUAN CARLOS VERGARA SCHMALBACH
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL
CARTAGENA DE INDIAS, D.T. Y C.
2011**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena, 15 de agosto de 2011

*A Dios, quien me ha guiado y cuidado durante mi formación profesional.
A mis padres Guillermo Segundo y Flor María, por apoyarme en este proceso.
A mis hermanos Gerson, James, Annie y Genderson, por tenerme paciencia.
A mi esposa Laideis por darme ánimo y creer que podía terminar este proyecto.
A mis familiares por su afecto y esperar con ánimo el termino de mi carrera.
A mi compañera de trabajo Claudia por confiar en mí y en mis capacidades.
A mis amigos por animarme a seguir adelante en los momentos difíciles.
A quienes ayudaron en el desarrollo de este trabajo para que lo aprovechen.*

GUILLERMO ACOSTA DELGADO

*A Dios, quien me dio la salud, la sabiduría, la esperanza y los medios necesarios
para lograr terminar esta gran meta.*

*A mi madre Blanca Doris, quien con sus palabras de ánimo y superación me
ayudaron a no rendirme y a luchar para alcanzar mis sueños y sobre todo por su
apoyo incondicional.*

Gracias madre, te amo mucho.

*A mis hermanas Luz Eneida y Audrey por su apoyo constante, por creer y confiar
que alcanzaría este logro.*

*A mi esposo Julio Cesar, quien me brindo su amor, su apoyo, su comprensión y
sobre todo su paciente espera para alcanzar este triunfo.*

A mi hijo Daniel, quien me motiva a superarme día a día.

CLAUDIA ALEXANDRA REINA ACEVEDO

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos sinceramente a todas las personas que han colaborado en la realización de este proyecto, de manera especial a:

Dios, por ser tan especial al darnos la oportunidad de vivir felices cada día.

Juan Carlos Vergara Smalbach, quien por su esfuerzo y su colaboración nos apoyó en la realización de este proyecto.

María José de la Hoz Aparicio, quien nos animó a esforzarnos en esta etapa final.

Marina Isabel Fontalvo Rodríguez por manifestar todo su entusiasmo durante la estancia en nuestra carrera universitaria.

Deseando que Dios les bendiga y sean prosperados en todos los propósitos que inicien en la vida.

TABLA DE CONTENIDO

TITULO	17
RESUMEN.....	18
INTRODUCCIÓN	19
0 ANTEPROYECTO.....	20
0.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
0.2 JUSTIFICACIÓN.....	23
0.3 OBJETIVOS.....	25
0.3.1 Objetivo general	25
0.3.2 Objetivos específicos	25
0.4 MARCO DE REFERENCIA	26
0.4.1 Antecedentes	26
0.4.2 Marco teórico	28
0.4.3 Marco conceptual	40
0.5 DISEÑO METODOLÓGICO	42
0.5.1 Tipo de investigación.....	42
0.5.2 Metodología	42
0.5.3 Fuentes de recolección de datos.....	43
1 CONCEPTOS GENERALES.....	44
1.1 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	45
1.2 ORIGEN DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	45
1.3 DEFINICIONES DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	46
1.4 OBJETIVOS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	46
1.5 MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN “SLP”	47
1.6 MÉTODOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA USANDO EL COMPUTADOR	51
1.6.1 El método de CRAFT	52
1.6.2 El método ALDEP	53
1.6.3 El método CORELAP	53

1.6.4	El método PREP	53
1.7	DISEÑO DE PLANTA ASISTIDO POR COMPUTADOR	54
1.8	CONSIDERACIONES PARA UNA BUENA DISTRIBUCIÓN.....	56
1.8.1	Geometría plana y del espacio.....	56
1.8.2	Escala	56
1.9	GUÍA PARA EL MANEJO DEL SOFTWARE SKETCHUP	58
1.9.1	Realizar la instalación de SketchUp	59
1.9.2	Novedades que presenta SketchUp 8.....	60
1.9.3	Trabajar por primera vez	61
1.9.4	Conociendo la interfaz de SketchUp	63
1.9.5	La barra de Menú	65
1.9.6	Diseñar una caja con SketchUp	73
1.10	GUÍA DE HERRAMIENTAS DE SKETCHUP 8	82
1.10.1	Herramientas Principales	82
1.10.2	Herramientas de Dibujo.....	83
1.10.3	Herramientas de Modificación	85
1.10.4	Herramientas Auxiliares	87
1.10.5	Herramientas de Cámara	89
1.10.6	Herramientas de Paseo.....	92
2	MODELADO DE MAQUINAS.....	94
2.1	PRIMER PASO: PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO.....	95
2.2	SEGUNDO PASO: PREPARAR EL PROYECTO DE MODELADO	96
2.3	TERCER PASO: EMPEZAR A MODELAR LA MESA	99
2.4	CUARTO PASO: PLATAFORMAS Y EL ARMAZÓN	105
2.5	QUINTO PASO: EL MOTOR	109
2.6	SEXTO PASO: EL CABEZAL FIJO	111
2.7	SEPTIMO PASO: EL CARRO PORTA HERRAMIENTAS	116
2.8	OCTAVO PASO: EL CABEZAL MOVIL.....	119
2.9	NOVENO PASO: APLICAR COLORES Y TEXTO	126
2.10	DECIMO PASO: ANIMACIÓN POR ESCENA.....	128

2.11	EJERCICIOS PROPUESTOS	133
3	LEVANTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA FISICA.....	151
3.1	PRIMER PASO: PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO.....	152
3.2	SEGUNDO PASO: PREPARAR EL PROYECTO DE MODELADO	153
3.3	TERCER PASO: DIBUJAR EL PLANO	154
3.4	CUARTO PASO: LEVANTAR LOS MUROS	156
3.5	QUINTO PASO: ABERTURA DE LAS PUERTAS Y VENTANAS	156
3.6	SEXTO PASO: CONSTUIR EL TECHO	158
3.7	SEPTIMO PASO: APLICAR MATERIALES.....	160
3.8	OCTAVO PASO: UBICAR LOS ELEMENTOS	162
3.9	NEVENO PASO: ANIMACIÓN POR ESCENAS.....	163
3.10	EJERCICIOS PROPUESTOS	168
4	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	172
4.1	PRIMER PASO: PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO.....	173
4.2	SEGUNDO PASO: RESOLVER EL PROBLEMA	175
4.3	TERCER PASO: REDISEÑO CON SKETCUP.....	178
4.4	EJERCICIOS PROPUESTOS	180
	CONCLUSIONES	185
	BIBLIOGRAFÍA.....	186

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Factores de escalas de reducción y ampliación.....	57
Tabla 2. La matriz de flujo entre las áreas	174
Tabla 3. El costo de las interrelaciones entre las áreas.....	174
Tabla 4. Matriz de flujo de la primera empresa	181
Tabla 5. El costo de interrelación del primer ejercicio	181
Tabla 6. Matriz de flujo de la segunda empresa	183
Tabla 7. El costo de interrelación del segundo ejercicio	184

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Cuadrado dibujado a 3 escalas diferentes.....	57
Ilustración 2. Página principal de SketchUp en la web	58
Ilustración 3. Icono del instalador.....	59
Ilustración 4. Ventana del asistente de instalación de Google SketchUp 8	59
Ilustración 5. Arquitectura realizada con SketchUp 8.....	61
Ilustración 6. Icono de acceso a SketchUp	62
Ilustración 7. Mensaje de bienvenida a Google SketchUp 8.....	62
Ilustración 8. Instructor de Google SketchUp 8.....	63
Ilustración 9. Interfaz de usuario de SketchUp	65
Ilustración 10. La barra de Menú	65
Ilustración 11. El menú Archivo.....	66
Ilustración 12. El menú Edición.....	67
Ilustración 13. El menú Ver.....	68
Ilustración 14. El menú Cámara.....	69
Ilustración 15. El menú Dibujo	70
Ilustración 16. El menú Herramientas.....	71
Ilustración 17. El menú Ventana	72
Ilustración 18. El menú Ayuda	73
Ilustración 19. Aristas trazadas con la herramienta Línea	73
Ilustración 20. Cara generada automáticamente	74
Ilustración 21. Aristas trazadas en el eje azul.....	74
Ilustración 22. Tres caras creadas automáticamente.....	75
Ilustración 23. Caja tridimensional	75
Ilustración 24. Cara generada.....	76
Ilustración 25. Efecto de empujar de una cara.....	76
Ilustración 26. Efecto de tirar de una cara	77
Ilustración 27. Efecto de mover la arista hacia arriba	77
Ilustración 28. Efecto de mover la cara hacia abajo.....	78

Ilustración 29. Efecto de desplazar hacia la izquierda la arista.....	78
Ilustración 30. Efecto de autoplegado de un polígono de seis lados	79
Ilustración 31. Aristas ocultas	79
Ilustración 32. Intersección de una caja y un cilindro.....	80
Ilustración 33. Resultado de Intersecar caras con el modelo.....	81
Ilustración 34. Efecto de eliminar las entidades del cilindro.....	81
Ilustración 35. Vista superior del torno.....	95
Ilustración 36. Vista frontal del torno.....	96
Ilustración 37. Acceso a Google SketchUp 8.....	97
Ilustración 38. Selección de preferencias	97
Ilustración 39. Ventana Guardar como	98
Ilustración 40. Formato de unidades.....	99
Ilustración 41. La entidad de la persona	99
Ilustración 42. Bases de apoyo.....	100
Ilustración 43. Cabeza de los tornillos	100
Ilustración 44. Cuadrilatero para la mesa	101
Ilustración 45. Figuras en forma de L.....	102
Ilustración 46. Soportes en forma de L	103
Ilustración 47. Por debajo de la mesa.....	104
Ilustración 48. Tornillos de la mesa.....	104
Ilustración 49. Creación del bastidor.....	105
Ilustración 50. Creación de las plataformas	106
Ilustración 51. Creación de la caja de control	107
Ilustración 52. Detalles en la caja de control.....	107
Ilustración 53. Creación del armazon.....	108
Ilustración 54. Detalle en el armazon.....	108
Ilustración 55. Abertura del carril	109
Ilustración 56. Creación del motor	110
Ilustración 57. Creación de la tapa.....	110
Ilustración 58. Base del cabezal fijo.....	111

Ilustración 59. Inicio del cabezal fijo.....	111
Ilustración 60. Segmento del cabezal fijo.....	112
Ilustración 61. Elemento del cabezal fijo.....	113
Ilustración 62. Discos del cabezal fijo	113
Ilustración 63. Extremo del cabezal fijo.....	114
Ilustración 64. Eje del cabezal	115
Ilustración 65. Manubrio del cabezal fijo	116
Ilustración 66. Base del carro porta herramientas.....	116
Ilustración 67. Pestañas de la base	117
Ilustración 68. Porta herramientas	118
Ilustración 69. Palanca de freno.....	118
Ilustración 70. Base del cabezal movil	119
Ilustración 71. Soporte del cabezal movil.....	120
Ilustración 72. Refuerzo en la base.....	120
Ilustración 73. Palanca de fijación.....	121
Ilustración 74. Ensamble del cabezal.....	121
Ilustración 75. Tambor del cabezal movil	122
Ilustración 76. Volante del cabezal movil	123
Ilustración 77. Ranuras en el volante.....	123
Ilustración 78. Cilindros del cabezal movil	124
Ilustración 79. Contrapunto del cabezal.....	125
Ilustración 80. Palanca de ajuste	125
Ilustración 81. Palanca de mando.....	126
Ilustración 82. Ventana Materiales.....	126
Ilustración 83. Los colores del torno	127
Ilustración 84. Los nombres del torno	127
Ilustración 85. Los ajustes de escena	128
Ilustración 86. La ventana Ajustes de sombras.....	129
Ilustración 87. Ventana escenas	130
Ilustración 88. Vista previa de las escenas	131

Ilustración 89. La ventana Exportar animación	132
Ilustración 90. Ventana Opciones de exportación de animaciones.....	132
Ilustración 91. La vista frontal y lateral del horno de panadería	133
Ilustración 92. La vista frontal y lateral de la base del horno	134
Ilustración 93. La vista frontal y lateral de las divisiones.....	135
Ilustración 94. La vista frontal y lateral de la puerta en las gavetas	136
Ilustración 95. La vista frontal del sujetador de la puerta	137
Ilustración 96. La vista lateral del sujetador de la puerta inferior	137
Ilustración 97. La unión de la puerta al horno	138
Ilustración 98. El botón de paso del gas	138
Ilustración 99. La vista frontal y lateral de la cilindradora.....	139
Ilustración 100. La vista frontal y lateral de la mesa de la cilindradora	140
Ilustración 101. La vista frontal y lateral del motor y el bastidor.....	141
Ilustración 102. La vista superior del motor y el bastidor	142
Ilustración 103. El detalle del soporte, la base y accesorios del motor	142
Ilustración 104. El detalle de la polea del motor.....	143
Ilustración 105. La vista frontal de la rampa en la cilindradora	143
Ilustración 106. La vista lateral de la rampa en la cilindradora	144
Ilustración 107. La vista frontal de los rodillos en la cilindradora	144
Ilustración 108. La vista lateral de los rodillos en la cilindradora	145
Ilustración 109. La vista frontal de la polea en el cilindro.....	145
Ilustración 110. La vista lateral de la polea	146
Ilustración 111. La vista lateral del soporte en la base de los rodillos.....	146
Ilustración 112. La vista frontal del soporte en la base de los rodillos	147
Ilustración 113. La vista lateral del ancla en la rampa	147
Ilustración 114. La vista frontal del ancla en la rampa	148
Ilustración 115. La vista lateral del tornillo entre el soporte y el ancla	148
Ilustración 116. La vista lateral de un engranaje.....	149
Ilustración 117. La vista frontal del engranaje en el ancla	149
Ilustración 118. La vista frontal de un engranaje en los rodillos.....	150

Ilustración 119. Vista de planta de las instalaciones.....	152
Ilustración 120. Icono Google SketchUp 8.....	153
Ilustración 121. Opción de preferencias.....	153
Ilustración 122. Ventana para guardar el proyecto	154
Ilustración 123. Paredes exteriores.....	155
Ilustración 124. Líneas de orientación y paredes internas	155
Ilustración 125. Alzado de las paredes	156
Ilustración 126. Abertura de las puertas	157
Ilustración 127. Abertura de las ventanas.....	158
Ilustración 128. Extensión del techo	159
Ilustración 129. Forma del techo.....	159
Ilustración 130. Techo piramidal	160
Ilustración 131. La ventana Materiales	161
Ilustración 132. Los materiales en el edificio	161
Ilustración 133. Ventana Galería 3D.....	162
Ilustración 134. Proyección de las sombras y nombres	163
Ilustración 135. Ajustes de escena	164
Ilustración 136. Ventana escenas.....	165
Ilustración 137. Vista previa de las ocho escenas	166
Ilustración 138. Ventana Exportar animación y Opciones.....	167
Ilustración 139. Distribución de la primera empresa	168
Ilustración 140. Medidas de las paredes, puertas y ventanas	169
Ilustración 141. Distribución de la segunda empresa.....	170
Ilustración 142. Dimensiones de las paredes y puertas.....	171
Ilustración 143. Distribución actual de las áreas de la empresa	173
Ilustración 144. La ventana Problem Specification	175
Ilustración 145. Hoja para la entrada de datos	176
Ilustración 146. Ventana para definir el método de solución.....	176
Ilustración 147. La evaluación del diseño inicial	177
Ilustración 149. Distribución obtenida al intercambiar departamentos	177

Ilustración 150. Distribución obtenida con el corredor fijo178
Ilustración 151. Diseño de la nueva distribución en planta179
Ilustración 152. Distribución actual del primer ejercicio180
Ilustración 153. Distribución actual del segundo ejercicio182

**DISEÑO DE UN MANUAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE
SKETCHUP EN LA ASIGNATURA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DEL
PROGRAMA ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL**

RESUMEN

El presente documento ofrece un manual de procedimiento del software de diseño tridimensional SketchUp para la asignatura de distribución en planta. En primer lugar se presenta la introducción a los conceptos generales sobre distribución en planta y el diseño con las herramientas de SketchUp, luego con la ayuda del software SketchUp se desarrolla el modelado tridimensional de una maquina con el objetivo de documentar paso a paso las actividades a ejecutar, después se realizó el levantamiento del edificio que contendría los elementos modelados y finalmente con ayuda del software WinQSB se evaluó por medio de un análisis de métodos cuantitativos la mejor distribución para realizar el rediseño de la distribución en planta.

Palabras clave: diseño, rediseño, modelado, tridimensional, distribución en planta, software, SketchUp, WinQSB.

INTRODUCCIÓN

Para las nuevas generaciones la tecnología le ofrece información y conocimientos para reforzar el aprendizaje continuo, en este sentido la simulación de espacios tridimensionales es un método con muchas aplicaciones para manipular, explorar e interactuar con objetos imaginativos o de la vida real, estos mundos virtuales en tercera dimensión han de beneficiar al diseñador con habilidades y aptitudes en el desempeño de una tarea específica.

Ya son muchos los paquetes de diseño en 3D que existen para diferentes fines en la industria, cada uno con sus propias herramientas y formas de modificar los objetos tridimensionales, de ellas encontramos que SketchUp es la más genérica, intuitiva, sencilla y accesible.

Este proyecto presenta el diseño de un manual como estrategia de aprendizaje para orientar al usuario a implementar el software SketchUp como herramienta de simulación en el programa Administración Industrial y que permita a estudiantes de las asignaturas de diseño y distribución en planta incluir parámetros tridimensionales con el fin de optimizar las áreas de producción y elevar los niveles de eficiencia en la industria.

Cada capítulo en el manual despliega el procedimiento paso a paso acompañado de las ilustraciones que muestran las medidas para facilitar el proceso hasta obtener un modelado tridimensional con los elementos de una distribución en planta utilizando las herramientas del programa SketchUp.

Capítulo 1. Conceptos generales.

Capítulo 2. Modelado de máquinas.

Capítulo 3. Levantamiento de la estructura física.

Capítulo 4. Distribución en planta.

0 ANTEPROYECTO

0.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante la difícil situación económica del último año, que afectó a toda Latinoamérica, el Banco Mundial destacó a Colombia como el país más amigable para hacer negocios, atrayendo a nuevos inversionistas y estrechando relaciones económicas de beneficio para el país.

Particularmente la ciudad de Cartagena se ha visto beneficiada con la inversión de grandes empresas, en cuatro años 57 nuevas compañías ingresaron en la zona industrial de Mamonal, atraídas por su ubicación geográfica, por el amplio parque industrial, por su capacidad logística y portuaria, por el recurso humano calificado y por su calidad de vida. Estas son condiciones idóneas que convierten a la ciudad en un punto estratégico para inversionistas nacionales y extranjeros.

Sin embargo, para poder realizar una inversión exitosa se debe considerar en la etapa de planeación del proyecto cual es el diseño y la distribución en planta que afecta significativamente la eficiencia de la producción, aspecto básico para la reducción de costos y el incremento de la productividad.

Para la industria es una necesidad fundamental que el trabajo asignado se desarrolle por personal altamente capacitado y con experiencia laboral, por ende la universidad se preocupa por capacitar al alumno y darle los conocimientos necesarios para potencializar sus aptitudes y cualidades por medio de la innovación, propiciada por una cultura de aplicar, identificar, y desarrollar conocimientos.

La Universidad de Cartagena y la Facultad de Ciencias Económicas se apoyan en el Departamento de Prácticas que acompaña al estudiante en la aplicación de sus conocimientos y el Consultorio empresarial que interactúa con el sector productivo.

Se destaca el Consultorio Empresarial como una estrategia académica de la Universidad de Cartagena que busca desarrollar capacitación, asesoría y gestión comercial a empresas de la ciudad, para establecer una relación entre la academia y el sector productivo público y privado. Además ofrece la participación de estudiantes en la etapa de prácticas, con el fin de adquirir competencias y relación directa con el sector empresarial, será como el laboratorio de prácticas que les ayuda a contrastar la realidad económica, social y productiva con los conocimientos adquiridos de la academia.

Debido al rápido y continuo desarrollo tecnológico que las organizaciones viven, se obliga a las universidades a ofrecer prácticas innovadoras y nuevos métodos de enseñanza-aprendizaje, tal experiencia les permite a los estudiantes alcanzar una formación acorde con la demanda de su contexto social. Es este sentido, la simulación es parte de los cambios históricos de las nuevas tecnologías de comunicación y juega un papel primordial, entendiendo que un simulador o la simulación tienen que ver con un software que permite al alumno poner en práctica ciertos aspectos de una realidad específica.

Para sustituir los croquis a mano alzada y sin tener que llegar a la complejidad de paquetes CAD 2D o 3D ha surgido una herramienta de extrema facilidad de uso para la generación de croquis en tercera dimensión. Realizar un diseño en 2D puede ayudar a visualizar diversos proyectos pero no son tan realistas como los diseños en tercera dimensión, en especial los realizados con el software SketchUp, esta herramienta adquirida por Google se destaca por ser rápida y eficiente para realizar diversas vistas de un solo proyecto y asegurar un mejor entendimiento.

Se hace necesario diseñar un manual instructivo para implementar el programa SketchUp en las universidades, el cual servirá para su desarrollo en la asignatura

de distribución en planta, este software cuenta con ilimitadas posibilidades para la aplicación industrial permitiendo incluso la elaboración de animaciones.

Su utilización ayuda a mantener bajos costos porque las dimensiones de un proyecto o máquina pueden ser interpretadas de manera rápida y certera antes de realizar cualquier gasto de manufactura.

De esta forma se puede ayudar a la empresa a eliminar la redundancia de los procesos de trabajo en la elaboración del diseño y distribución de planta con la implementación de SketchUp 3D y a su vez proporcionar al estudiante la capacitación complementaria a la formación teórica en la asignatura de distribución en planta.

0.2 JUSTIFICACIÓN

Debido al gran número de factores a considerar en una planta industrial para ordenar de manera adecuada y eficiente la relación entre las máquinas, materiales y personas, se desarrolla la configuración arquitectónica que es fundamental para determinar la disposición de las máquinas, las áreas de almacenamiento, los pasillos y los espacios comunes dentro de una instalación productiva, que asegure el flujo de trabajo, materiales, personas e información a través del sistema productivo. Por lo tanto deben estudiarse las necesidades de la empresa en detalle, identificando las características de su proceso productivo, del mercado y de todos los aspectos necesarios para desarrollar un correcto diseño y distribución en planta, para lograr la optimización de los procesos que lleva a cabo.

El uso de las tecnologías de información al servicio de la industria aumenta la capacidad de hallar defectos en el diseño durante el proceso de planificación, y no en la planta de producción, basado en la aplicación del software tipo simulación

SketchUp, un programa de computador que representa situaciones de la vida real aplicado en la representación de fábricas eficientes.

El diseño de las instalaciones en entornos de dos dimensiones y en donde se trabaja con el lápiz y el papel no es tan realista, además se invierte mucho tiempo, pero puede reducirse a la mitad su duración en los ambientes informáticos con el programa computacional SketchUp, este simulador representa un modelo o entorno dinámico que facilita su exploración y modificación inmediata a través de gráficos o animaciones interactivas. Esta experiencia innovadora favorece la flexibilidad de pensamiento para identificar, comprender y proponer distintas alternativas de solución, poder descubrir los elementos del modelo, sus interrelaciones, y adquirir experiencia en la toma de decisiones en mundos virtuales y reales.

Un entorno tridimensional (definido en las dimensiones: largo, ancho y alto) simula el espacio en el que nos movemos en la vida real. Cada vez resulta más común representar elementos en un espacio tridimensional pues se mejora notablemente el trabajo para que luego puedan ser visualizadas en un medio de dos dimensiones como la pantalla del televisor, un monitor o una hoja de papel.

Los dibujos en tercera dimensión realizados con SketchUp pueden producir imágenes para imprimir o videos para explicar de forma realista el antes y el después de las situaciones, ya que SketchUp permite la localización rápida y sencilla de árboles, plantas, carros, personas y casi cualquier cosa que se quiera poner en el diseño, con un gran paleta de colores realistas y texturas detalladas. Otra alternativa es poder pasar el diseño de SketchUp a cualquier otro programa que se decida para trabajos futuros.

0.3 OBJETIVOS

0.3.1 Objetivo general

Diseñar un manual de uso práctico para implementar el software SketchUp como herramienta de simulación en el programa Administración Industrial, que permita a estudiantes incluir parámetros tridimensionales en las asignaturas de diseño y distribución en planta, con el fin optimizar las áreas de producción para elevar los niveles de eficiencia en la industria.

0.3.2 Objetivos específicos

- Describir las características, el alcance y las capacidades del software SketchUp como herramienta de diseño.
- Determinar las aplicaciones del software SketchUp en el diseño de planta.
- Establecer casos prácticos desarrollados para delimitar procedimientos en el uso del software SketchUp.
- Establecer ejercicios propuestos de distribución en planta utilizando el software SketchUp.
- Documentar la guía introductoria en el manejo del software, los casos resueltos y casos propuestos, conducente a la elaboración del manual.

0.4 MARCO DE REFERENCIA

A continuación se definen los conceptos que pueden hallarse en la literatura como soporte teórico sobre distribución en planta, simulación y así mismo sobre SketchUp, para ampliar y concluir la relación entre estos planteamientos.

0.4.1 Antecedentes

Para encontrar referencias documentales adecuadas, sobre el tema ofrecido en el proyecto y el sector investigado, se efectuó la búsqueda de trabajos relacionados, los cuales han entregado información de mucho interés para el desarrollo del estudio.

IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE VIRTUAL FACTORY PARA EL DESARROLLO DEL LABORATORIO DE SIMULACIÓN EN LA ASIGNATURA DISEÑO DE PLANTA DEL PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE. MOSQUERA OLANO, Jorge Luis. Programa Ingeniería de Producción. Universidad Autónoma de Occidente. Cali, 2009.

En la investigación se busca implementar el software VIRTUAL FACTORY como herramienta de simulación en el desarrollo del laboratorio en la asignatura de diseño de planta, con la elaboración de un manual práctico que permita a la comunidad de la Universidad Autónoma de Occidente conocer el manejo de las herramientas para generar procesos de diseño y mejoramiento de plantas de manufactura, con el software FactoryCAD y FactoryFLOW se puede diseñar las instalaciones industriales y determinar los costos de manejo de material.

PROPUESTA DE MANUAL DE PRÁCTICAS DE SIMULACIÓN DE SISTEMAS DISCRETOS CON PROMODEL PARA EL DESARROLLO DE EJERCICIOS

APLICADOS EN DIFERENTES ASIGNATURAS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA.

CABRERA RIAÑO, María Constanza. Programa de Ingeniería Industrial. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, 2009.

Proyecto que usa el software PROMODEL como herramienta de simulación, partiendo de un manual introductorio que presenta y desarrolla ejercicios teóricos y prácticos en la asignatura de simulación de operaciones de la Universidad Pontificia Javeriana, para la evaluación de alternativas y propuestas de mejora.

APLICACIÓN DE SOFTWARE DE SIMULACIÓN COMO HERRAMIENTA DE REDISEÑO DE PLANTAS DE PRODUCCIÓN EN EMPRESAS DEL SECTOR DE ALIMENTOS.

MEJÍA AVILA, Heidy; GALOFRE VÁSQUEZ, Marjorie. Prospectiva Vol. 6, Nro. 2, Julio – Diciembre de 2008.

El estudio presenta la redistribución en planta en una empresa de panadería de la ciudad de Barranquilla, agrega la simulación como herramienta de apoyo en la toma de decisiones, en el cual se evalúan los factores de la distribución en planta analizando e identificando la problemática con el fin de establecer varias alternativas de solución y seleccionar la mejor por medio de un análisis costo beneficio y un análisis carga distancia, se comparó el desempeño de cada uno de estos modelos usando el software de simulación Arena 10.0 Trading Mode, observando que la nueva distribución mejoro los criterios de tiempo de espera, unidades en el sistema y utilización en los recursos.

GOOGLE SKETCHUP APLICADO AL DESARROLLO DE JUEGOS EDUCATIVOS.

MEDRANO SANZ, Ignacio. Programa de Ingeniería Técnica de Telecomunicación: Telemática. Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid. Madrid, 2009.

Este proyecto realiza un estudio del programa Google SketchUp, analizando sus fortalezas y debilidades, comparándolo con otros programas de diseño en 3D. Realiza dos modelos 3D: el edificio Sabatini, situado en la Escuela Politécnica Superior de la universidad Carlos III de Madrid; el otro, un telégrafo óptico de Mathé, situado en el término municipal de Collado Mediano. Finalmente, desarrollan tres videojuegos utilizando para ello modelos de SketchUp. Uno de ellos para un videojuego educativo, objetivo principal de este proyecto.

0.4.2 Marco teórico

Se continúa con la presentación de los planteamientos escritos por los teóricos en relación a distribución en planta, simulación y SketchUp.

0.4.2.1 Distribución en planta

Significa planear la ubicación de todas las máquinas, servicios, estaciones de trabajo de los empleados, áreas de servicios a los clientes, áreas de almacenamiento de los materiales, pasillos, servicios sanitarios, comedores, bebederos, paredes internas, oficinas y salas de computadoras, así como los patrones de flujo de los materiales y de las personas alrededor, hacia adentro y en el interior de los edificios (Gaither & Frazier, 2000, pág. 267).

Es una herramienta propia de la ingeniería Industrial, donde el ingeniero tiene que poner a trabajar toda su inventiva, creatividad y sobre todo muchas técnicas propias para plasmar en una maqueta o dibujo, lo que se considera que es la solución óptima de diseño del centro de trabajo e incluye los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios como la maquinaria y equipo de trabajo, para lograr de esta manera que los procesos se ejecuten de manera más racional (Muther, 1981).

El objetivo central de la mayoría de las disposiciones físicas para manufactura es minimizar, a todo lo largo del sistema de producción, el costo de procesamiento, del transporte y del almacenamiento de materiales (Gaither & Frazier, 2000, pág. 267).

0.4.2.2 Principios básicos de la distribución en planta

Estos principios integran a todos los factores que influyen en una buena distribución en planta, para generar óptimos beneficios a las partes involucradas y el tratamiento adecuado de los materiales y equipos. (Muther, 1981)

1. Principio de la satisfacción y de la seguridad.
2. A igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los trabajadores.
3. Principio de la integración de conjunto.
4. La mejor distribución es la que integra a los hombres, materiales, maquinaria, actividades auxiliares y cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes.
5. Principio de la mínima distancia recorrida.
6. A igualdad de condiciones, es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por el material sea la menor posible
7. Principio de la circulación o flujo de materiales.
8. En igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transformen, tratan o montan los materiales.
9. Principio del espacio cúbico. La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en horizontal como en vertical.
10. Principio de la flexibilidad.

0.4.2.3 Causas para un estudio de distribución en planta

Al realizar una distribución en planta se podría dar uno de estos cuatro casos en particular. (Muther, 1981, pág. 22)

1. Proyecto de una planta totalmente nueva. Todos los medios de producción e instalación se ordenan desde el principio para que trabajen como un conjunto integrado.
2. Expansión o traslado de una planta ya existente. Las acciones se encuentran limitadas para el ingeniero encargado de la distribución, se trata de adaptar los elementos de instalaciones ya existentes.
3. Reordenación de una planta ya existente. Se debe conseguir por parte del ingeniero que la redistribución sea un conjunto integrado de métodos y equipos eficientes.
4. Ajustes en distribuciones ya existentes. Es muy común, cuando se varían las condiciones de operación mientras se mantienen los mismos objetivos.

0.4.2.4 Tipos de distribución en planta

En el estudio sobre la distribución en planta se analiza el movimiento y la relación de los tres elementos básicos de la producción: los hombres, los materiales y la maquinaria. (Tompkins, White, Bozer, Frazelle, Tanchoco, & Trevino, 1996, pág. 294)

- **Distribución por posición fija**

En este tipo de distribución por posición, el material permanece en un lugar fijo; las herramientas, la maquinaria, hombres y otros materiales concurren al producto que se está elaborando. Por ejemplo en la construcción de carreteras, se producen pocas unidades al mismo tiempo, siendo voluminoso y pesado. Requiriendo de poca especialización en el trabajo, pero gran habilidad y trabajos calificados.

Ventajas:

1. El movimiento del material es reducido
2. Cuando se hace uso del acercamiento del equipo, la continuidad de las operaciones y la responsabilidad son resultados
3. Provee oportunidades de enriquecimiento del trabajo
4. Promueve el orgullo y la calidad porque un individuo puede realizar “todo el trabajo”
5. Altamente flexible; pueden acomodarse cambios en el diseño del producto y el volumen de producción

Limitaciones:

1. Aumenta el movimiento del personal y del equipo
2. Puede resultar equipo duplicado
3. Requiere personal con mayores habilidades
4. Requiere supervisión General
5. Puede resultar en aumento del espacio y mayor cantidad de trabajo en proceso
6. Requiere control y coordinación cercanos en la programación de la producción

- **Distribución por proceso**

Todas las operaciones de la misma naturaleza están agrupadas, como sería un área para los tornos, máquinas de estampado. Este sistema de disposición se utiliza generalmente cuando se fabrica una amplia gama de productos que requieren la misma maquinaria y se produce un volumen relativamente pequeño de cada producto, o en la producción de piezas en pequeños grupos o lotes. También se usa cuando la maquinaria es costosa y no puede moverse fácilmente y cuando se tiene una demanda intermitente.

Ventajas:

1. Incrementa la utilización de maquinaria
2. El equipo puede ser usado para un propósito general
3. Altamente flexible en la ubicación de equipo y personal
4. La manipulación del material es reducida
5. Diversidad de tareas para el personal
6. Es posible la supervisión especializada

Limitaciones:

1. Aumento de los requerimientos para el manejo del material
2. Ser requiere un control de la producción más complicado
3. Aumento del trabajo en proceso
4. Líneas de producción más largas
5. Se requieren mayores habilidades para acomodar diversidad de tareas

- **Distribución por producto**

Al estar el material en movimiento toda la maquinaria y equipos necesarios para fabricar un determinado producto se disponen una inmediatamente después de la otra y se ordenan de acuerdo con el proceso de fabricación. Se emplea principalmente en los casos en que exista una elevada demanda de uno o varios productos más o menos normalizados.

El uso de este tipo de distribución es recomendable cuando la demanda es constante y cuando el suministro de materiales es de fácil acceso y continuo.

Ventajas:

1. Resultan líneas de flujo planas, simples y lógicas
2. Resultan inventarios de trabajo en proceso pequeños
3. El tiempo total de producción por unidad es corto
4. La manipulación de material requerida es reducida
5. Se requieren de menos habilidades para el personal
6. Es posible un control simple de la producción
7. Puede ser usado equipo especializado

Limitaciones:

1. Una parada de máquina detiene la línea
2. Si el diseño del producto cambia, la distribución actual se vuelve obsoleta
3. La estación más lenta marca el paso de la línea
4. Es requerida supervisión general
5. Usualmente resulta en mayor inversión en equipos

- **Distribución celular**

Agrupar máquinas diferentes en centros de trabajo (o celdas), para trabajar sobre productos que tienen formas y necesidades de procesamiento similares. La T.G., se parece a la distribución por proceso, ya que se diseñan las celdas para realizar un conjunto de procesos específicos. También es semejante a la distribución por producto, pues las celdas se dedican a una gama limitada de productos. Ejemplo: manufactura de circuitos impresos para computador, confecciones.

Ventajas:

1. Mejora de las relaciones de trabajo.
2. Disminución de los tiempos de fabricación y preparación.
3. Simplificación de la planificación.
4. Facilita la supervisión y el control visual.

Limitaciones:

1. Incremento de los costos por la reorganización.
2. Reducción de la flexibilidad.
3. Incremento de los tiempos inactivos de las máquinas.

0.4.2.5 Factores que afectan a una distribución en planta

Los factores se han consignado en ocho grupos, los cuales varían en cada organización y situación concreta, para obtener el máximo beneficio es necesario obtener el equilibrio entre sus características y consideraciones. (Aquilano, Chase, & Jacobs, 2004)

1. Materiales (materias primas, productos en curso, productos terminados).
2. Incluyendo variedad, cantidad, operaciones necesarias, secuencias, etc.
3. Maquinaria.
4. Trabajadores.
5. Movimientos (de personas y materiales).
6. Espera (almacenes temporales, permanentes, salas de espera).
7. Servicios (mantenimiento, inspección, control, programación, etc.)
8. Edificio (elementos y particularidades interiores y exteriores del mismo, instalaciones existentes, etc.).
9. Versatilidad, flexibilidad, expansión.

0.4.2.6 Métodos para el diseño de distribución en planta

En general los procedimientos para solucionar el problema en la distribución en planta pueden ser del tipo constructivo, que desarrollan configuraciones de planta partiendo desde cero, y las de tipo mejora, que generan configuraciones alternativas basadas en una configuración existente.

- **Procedimiento de distribución en planta de Apple**

El diseñador de plantas debe seguir de manera ordenada, sin tener en cuenta las facilidades que se puedan dar, la siguiente serie de pasos en el proceso de diseño de planta. (Apple, 1977)

1. Obtener los datos básicos del problema.
2. Analizar los datos básicos obtenidos.
3. Diseñar el proceso productivo.
4. Planear el patrón de flujo de material.
5. Considerar un plan general de manejo de materiales.
6. Calcular los requerimientos del equipo.
7. Planear estaciones de trabajo individuales.
8. Seleccionar un equipo específico de manejo de materiales.
9. Coordinar los grupos de operaciones relacionadas.
10. Diseñar las interrelaciones de las actividades.
11. Determinar los requerimientos de almacenamiento.
12. Planear actividades auxiliares y de servicio.
13. Determinar los requerimientos de espacio.
14. Asignar actividades al espacio total.
15. Considerar tipos de edificio.
16. Construir la distribución maestra.
17. Evaluar, ajustar y revisar la distribución con las personas apropiadas.
18. Obtener aprobaciones.
19. Instalar la distribución.
20. Realizar un seguimiento a la implementación de la distribución.

- **Procedimiento de distribución en planta de Reed**

La planeación y preparación de la distribución procede según el siguiente “plan de ataque sistemático” (Tompkins, White, Bozer, Frazelle, Tanchoco, & Trevino, 1996).

1. Analizar el producto o productos que serán elaborados
2. Determinar el proceso requerido para manufacturar el producto
3. Preparar cartas de planeación de la distribución

4. Determinar las estaciones de trabajo
5. Analizar los requerimientos de las áreas de almacenamiento
6. Establecer los anchos mínimos para los pasillos de la planta
7. Establecer los requerimientos de la oficina
8. Considerar departamentos para el personal y servicios
9. Listar los servicios de la planta
10. Hacer provisión para la futura expansión

Según Reed, el paso más importante del proceso de distribución son las cartas de planeación, estas contienen la siguiente información:

1. El flujo del proceso, incluyendo operaciones, transporte, almacenamiento, e inspecciones.
2. Tiempos estándar para cada operación.
3. Selección y balance de máquinas.
4. Selección y balance de mano de obra.
5. Requerimientos del manejo de materiales.

- **Procedimiento Sistemático de Distribución en Planta (SLP) de Muther**

El Procedimiento Sistemático de Distribución en Planta (SLP) de Muther para realizar la distribución en planta consta de tres fases (Tompkins, White, Bozer, Frazelle, Tanchoco, & Trevino, 1996).

Fase de Análisis.

Datos sobre: Productos (P), cantidades (Q), proceso y recorrido (R), servicios (S).

1. Flujo de Materiales
2. Relación entre actividades
3. Diagrama de relaciones

4. Necesidades de espacio
5. Espacios disponibles

Fase de Búsqueda.

1. Diagrama de relación de espacios
2. Factores influyentes
3. Limitaciones prácticas
4. Desarrollo de soluciones

Fase de Selección

1. Evaluación y selección

0.4.2.7 Simulación

La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos para el funcionamiento del sistema (Galán, y otros, 2009, pág. 3).

- **Simulación mediante técnicas de Realidad Virtual**

La Realidad Virtual es una de las técnicas más actuales de la simulación con las que se representan elementos tridimensionales en el cual los usuarios la asimilan e interactúan por sus sentidos en un tiempo real como si lo hicieran con objetos reales (Banerjee & Zetu, 2001, pág. 3).

La simulación con técnicas de Realidad Virtual permite crear plantas virtuales a partir de las cuales se puede, desde la perspectiva industrial, optimizar el diseño de todos los componentes del sistema, seleccionar los componentes más adecuados, establecer las distancias de seguridad, calcular los tiempos de ciclo total de las operaciones, analizar distintas alternativas de montaje y mantenimiento, evaluar el flujo de materiales para optimizar recursos productivos e identificar cuellos de botella, por citar sólo algunas de ellas y, desde la docente, facilitar la comprensión de estructuras, mecanismos y comportamientos que pudieran resultar complicados de mostrar por otros medios, eliminar totalmente el riesgo de accidente, reducir costes y difundir los resultados obtenidos fácil y rápidamente por medio de CD-ROM o de Internet.

0.4.2.8 Google SketchUp

Google SketchUp permite crear modelos de todo lo que se pueda imaginar de forma fácil, rápida y eficiente, es un software potente con herramientas intuitivas, que permite construir modelos desde ceros o descargar lo que necesite e igualmente compartirlo a través de la galería 3D, exportar una imagen, visualizarlo en Google Earth, hacer una película o imprimir una vista del modelo.

Google SketchUp es utilizado en hogares, colegios, universidades y oficinas de todo el mundo, tanto por profesionales como por aficionados, se puede descargar de forma gratuita en seis idiomas y tiene más de 12.500 usuarios registrados (Chopra, 2007).

- **Versión profesional**

La versión profesional incluye herramientas para trabajar con programas de CAD tradicionales o aplicaciones de visualización para desarrollar dibujos de construcción, imágenes de calidad fotográfica o para compartir información.

Se incluye una funcionalidad extra necesaria para exportar el trabajo, LayOut es el programa 2D complementario de SketchUp Pro que permite crear documentos para entregar, como dibujos de construcción y para permisos, documentos de presentación o presentaciones digitales a pantalla completa. (Murdock, 2009)

0.4.3 Marco conceptual

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA: La ordenación física de los elementos industriales. Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento de materiales, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, así como el equipo de trabajo y el personal de taller.

ESTACIÓN DE TRABAJO: Suele ser un sistema individual de secciones o departamentos en los cuales se agrupa recursos y en el que se ejecutan trabajos y secuencias de trabajos afines.

FORMATOS DE ARCHIVO: Es una forma particular de codificar información para ser almacenamiento

HERRAMIENTAS: Subprograma o módulo encargado de funciones específicas y afines entre sí para realizar una tarea. Una aplicación o programa puede contar con múltiples herramientas a su disposición.

INSTALACIÓN: Cualquier unidad técnica fija en donde se desarrolle una o más de las actividades industriales, así como cualesquiera otras actividades directamente relacionadas con aquellas que guarden relación de índole técnica con las actividades llevadas a cabo en dicho lugar.

LAYOUT: LayOut es una función de Google SketchUp Pro. Se trata de un conjunto de herramientas que facilitan la creación de presentaciones de diseños que incluyan modelos de SketchUp.

MANUAL DE USUARIO: Se utiliza para que el usuario sepa cómo instalar, utilizar de modo apropiado un programa, y consejos prácticos sobre su utilización y ejecución.

MODELOS 3D: Es una representación esquemática visible a través de un conjunto de objetos, elementos y propiedades que una vez procesados (renderización), se convertirán en una imagen en 3D o una animación 3D.

OPERACIÓN: Describe una etapa de trabajo de un plan. Los puestos de trabajo, instrumentos de inspección y características de inspección se pueden asignar a una operación de inspección.

OPTIMIZAR: Buscar la mejor manera de realizar una actividad. La optimización suele soportarse en métodos analíticos reconocidos cuando el objetivo es elegir la mejor combinación de factores de un sistema de producción.

REALIDAD VIRTUAL: La realidad virtual es un camino que tienen los humanos para visualizar, manipular e interactuar con computadoras y con información extremadamente compleja.

RENDERIZADO: Es el proceso de generar una imagen a partir de un modelo, usando una aplicación de computadora.

SIMULACIÓN: El proceso de diseñar un modelo de un sistema real y realizar experimentos con él para entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias (dentro de los límites impuestos por un criterio o por un conjunto de criterios) para la operación del sistema.

SISTEMAS: Es un conjunto de partes o elementos organizadas y relacionadas que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Los sistemas reciben (entrada) datos, energía o materia del ambiente y proveen (salida) información, energía o materia.

SKETCHUP: Es un programa informático de diseño y modelaje en 3D para entornos arquitectónicos, ingeniería civil, videojuegos o películas. El programa es desarrollado y publicado por Google.

0.5 DISEÑO METODOLÓGICO

Para el logro de los objetivos se relacionan las siguientes etapas según el tipo de estudio a realizar.

0.5.1 Tipo de investigación

La investigación es un estudio técnico o tecnológico con carácter descriptivo, que pretende realizar el diseño de un manual para la implementación del software SketchUp en la asignatura de distribución en planta del programa Administración Industrial.

0.5.2 Metodología

Para desarrollar un manual teórico y práctico de diseño de distribución en planta con el uso del software SketchUp se establecen las siguientes fases a seguir.

FASE 1. Obtener información para describir las características, el alcance y las capacidades del software Google SketchUp, con el propósito de actualizar el estudio en las herramientas aplicadas al diseño de distribución en planta.

FASE 2. Determinar las aplicaciones del software SketchUp en el diseño de planta mediante la captura de imágenes que sirvan de referencia a la solución de los problemas propuestos.

FASE 3. Establecer casos prácticos desarrollados para delimitar procedimientos mediante la elaboración de un manual como instrumento de aprendizaje del software SketchUp en la asignatura de distribución en planta.

FASE 4. Elaborar ejercicios propuestos de distribución en planta utilizando el software SketchUp para motivar en docentes y alumnos su implementación y aprovechar sus beneficios.

0.5.3 Fuentes de recolección de datos

Todos los datos que se requieran para conocer sobre distribución en planta mediante el uso de SketchUp se obtendrán de los siguientes registros.

0.5.3.1 Fuentes primarias

La evidencia obtenida en la investigación de un caso actual que aplica SketchUp a la distribución en planta.

0.5.3.2 Fuentes secundarias

Documentos que contienen información relacionada al manejo del software, tomando como referencia los libros, revistas, informes virtuales, tesis, videos y tutoriales disponibles en sitios web.

1 CONCEPTOS GENERALES

1.1 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

El problema de la distribución en planta consiste en el ordenamiento óptimo de todos los medios de producción y de los demás servicios asociados. Con el fin de buscar un proceso productivo de forma que garantice tiempos mínimos y espacios adecuados para alcanzar un mejor funcionamiento en la empresa.

Su utilidad se extiende tanto a procesos industriales como de servicios. La distribución en planta es un fundamento de la industria en la que el ingeniero tiene que poner a trabajar toda su inventiva, creatividad y sobre todo muchas técnicas propias para plasmar en una maqueta o dibujo, lo que se considera que es la solución óptima de diseño del centro de trabajo e incluye los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios como la maquinaria y equipo de trabajo, para lograr de esta manera que los procesos se ejecuten de manera más racional (Muther, 1981).

1.2 ORIGEN DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Las primeras distribuciones en planta eran producto del hombre que llevaba a cabo el trabajo, o del arquitecto que proyectaba el edificio.

Hay muchos ejemplos en los archivos que ilustran los arreglos de lugares de trabajo y que contienen planos de edificación. Todos muestran un área de trabajo para una misión o servicio específico, pero sin que parezcan reflejar la aplicación de ningún principio. Esto no significa, necesariamente, que el primitivo trabajo de producción no fuese eficiente; en multitud de casos era tan efectivo como lo permitía la capacidad de las personas, materiales y máquinas de la época. De hecho ciertos métodos de construcción naval, usados y registrados por los venecianos, no se volvieron a usar en dicho tipo de industria hasta casi la época

de la segunda guerra mundial. Pero estas primitivas distribuciones eran principalmente la creación de una persona en una industria particular, había pocos objetivos específicos o procedimientos reconocidos, de diseño o distribución en planta.

Con el advenimiento de la revolución industrial, hace más de 150 años, se transformó en objetivo económico, para los propietarios, el estudiar la ordenación de sus fábricas (Vanaclocha, 2004).

1.3 DEFINICIONES DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

La distribución en planta comprende determinar la ubicación de los departamentos, de las distintas máquinas, estaciones de trabajo, áreas de servicio al cliente, y de los puntos de almacenamiento de una instalación. De forma que aseguren un flujo continuo de trabajo y así conseguir el mejor funcionamiento de las instalaciones (Aquilano, Chase, & Jacobs, 2004, pág. 374).

Se puede definir La distribución en planta como la ordenación física de los elementos industriales y comerciales. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las actividades de servicio (Muther, 1981).

1.4 OBJETIVOS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Una óptima distribución en planta, es la mejor solución de compromiso entre todos los medios de producción que se ven implicados, de forma que sea la más económica posible.

A continuación se presentan algunos de los puntos importantes a reconocer en la distribución en planta para su mejor funcionamiento (Muther, 1981).

- Incremento de la producción
- Reducción de riesgos para la salud y aumento de la seguridad para los trabajadores.
- Elevación de la moral y satisfacción del obrero.
- Satisfacción del trabajador.
- Disminución de los retrasos en la producción.
- Ahorro de área ocupada.
- Reducción del material del proceso.
- Mayor utilización de la maquinaria, de la mano de obra y de los servicios.
- Acortamiento del tiempo de servicio o fabricación.
- Disminución de congestión.
- Mayor facilidad de ajustes a los cambios de condiciones.
- Reducción del trabajo administrativo y del trabajo indirecto en general.
- Logro de una supervisión más fácil y mejor.
- Disminución del riesgo para el material o su calidad.

1.5 MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN “SLP”

La Planeación Sistemática de la Distribución (Systematic Layout Planning) o en forma abreviada SLP, es un procedimiento utilizado para realizar la planificación de la distribución en planta, desarrollada por Richard Muther. Este procedimiento consta de tres fases (Tompkins, White, Bozer, Frazelle, Tanchoco, & Trevino, 1996).

Primera fase: Análisis, la cual inicia con la recolección de la información necesaria sobre productos, cantidades, procesos y servicios. La primera fase tiene cinco pasos:

1) Análisis del flujo de materiales: Para la realización del estudio se debe partir de la descripción del proceso, para lo que existen diferentes herramientas que pueden ser utilizadas según las necesidades del caso:

- Diagrama de acoplamiento: destaca los subconjuntos que se van formando y reuniendo hasta obtener el producto.
- Diagrama analítico de operaciones del proceso: incluye los símbolos de transporte y de demora. Su representación es libre y puede ser similar al diagrama de operaciones.
- Diagrama multiproducto: es conveniente utilizarlo cuando hay muchos productos, ya que permite tener una visión conjunta de los procesos correspondientes a diversos productos.
- Matrices: destaca los desplazamientos entre centros de actividad. Cada fila y columna representan una actividad.
- Diagramas de recorrido y diagramas de hilos: pueden ser utilizados sobre una distribución existente. Estos dan información sobre las trayectorias, las frecuencias de utilización de los diversos puntos de paso y la posibilidad de interferencias entre distintos flujos.

2) Relaciones entre actividades: Lo que se debe tener en cuenta a la hora de realizar un estudio de distribución en planta no solo es el recorrido de los elementos materiales si no cualquier relación que exista al interior del sistema productivo. Dentro de lo anterior se encuentran las relaciones entre actividades.

3) Diagrama de relación de actividades: Con la información recolectada hasta el momento ya se puede iniciar la configuración en planta. Los dos pasos anteriores

convergen a la realización del diagrama de relación de actividades. En él se representa gráficamente cada centro de actividad sin tener en cuenta el área que cada uno requiera. Los símbolos utilizados son unidos por medio de líneas simples o múltiples que representan la Importancia de la relación entre ellos (puede ser expresada por medio del número de líneas, color, grosor o números junto a la línea de unión).

4) Necesidades de espacio: Para este momento se requiere estimar la superficie necesaria para cada departamento o centro de actividad. La forma como se determine las necesidades de superficie debería ser precisa porque en general el espacio es caro, pero no se debe ser en extremo justo, ya que es conveniente asignar cierto margen. Existen diversos procedimientos para realizar la estimación que se está tratando y la escogencia entre ellos depende del grado de detalle que se le quiera añadir al estudio.

5) Espacios disponibles: Una vez obtenida la estimación sobre el área que se requiere para cada departamento, se debe comparar esta información con el espacio del que se dispone en la actualidad. Si no concuerdan entre sí se debe realizar un ajuste de una de ellas o ambas.

Segunda fase: Búsqueda, sus principales pasos son:

1) Diagrama de relación de espacios: Una vez se tenga la información mencionada anteriormente y se hayan realizado los ajustes necesarios, se puede dar lugar a la representación gráfica de los Centros de actividad y de las relaciones de actividad, por medio de un diagrama similar al de relación de actividades, con la diferencia de que en éste todos los gráficos se realizan a escala y pueden tener la forma que se considere adecuada para cada departamento.

2) Desarrollo de Soluciones: Una representación de cada una de las posibles soluciones es el diagrama de relación de espacios. La comparación que se realice entre estas posibles distribuciones debe tener en cuenta aspectos que posiblemente se hayan relegado desde el principio y que pueden resultar muy difíciles de tener en cuenta desde el principio de las consideraciones que se realizaron ya que posiblemente restrinjan el modelo en extremo. Algunos ejemplos de los aspectos mencionados son: características constructivas de los edificios, orientación, usos del suelo en las áreas vecinas, recursos financieros, equipos de mantenimiento, vigilancia, horarios de trabajo, seguridad, etc. Siendo esta última, la seguridad de las personas y los equipos, una de las consideraciones más importantes, para lo cual se deben tener en cuenta las siguientes observaciones:

- Los accesos, pasillos y salidas sean amplios y bien señalizados.
- Los operarios no estén cerca de zonas peligrosas.
- Exista un acceso conocido y fácil para los equipos de emergencia.
- No haya elementos puntiagudos, cortantes, etc. en las áreas de trabajo y en las de circulación.

En general, el desarrollo de soluciones es un proceso que demanda ad, y aquellos que las plantean (los diseñadores de la distribución en planta) deben hacer uso del método y la experiencia.

Tercera fase: Selección, la cual consta de un solo paso:

1) Evaluación y selección: Una vez se han desarrollado las alternativas sobre la distribución, se realiza la selección entre ellas. De manera general en este punto intervienen personas que no han hecho parte del estudio hasta el momento, por lo que una presentación que muestre claramente lo que se propone es determinante para el buen desarrollo del proyecto. Para esto se debe hacer uso de los diagramas vistos anteriormente o maquetas que puedan ser modificadas rápida y

económicamente, planos, representaciones en una pantalla de computador, entre otras.

Algunos criterios para la elección de distribuciones en planta son (Vallhonrat & Corominas, 1991):

- Facilidad de expansión
- Flexibilidad
- Eficacia en la manipulación de materiales
- Utilización del espacio
- Seguridad
- Condiciones de trabajo
- Aspecto, valor promocional
- Adaptación a las estructuras orgánicas
- Utilización de los equipos
- Facilidad de supervisión y control
- Inversión
- Coste de funcionamiento

1.6 MÉTODOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA USANDO EL COMPUTADOR

El uso de computadoras son efectivas a la hora de diseñar una distribución principalmente en las plantas de procesos, esta proporciona enormemente el desarrollo de los cálculos y alternativas de distribución. En el cual los algoritmos computacionales son herramientas que pueden incrementar significativamente la productividad del planeador de la distribución y la calidad de la solución final gracias a la generación y evaluación numérica de un gran número de alternativas

de distribución en un corto tiempo. Cabe anotar que los algoritmos que se encuentran actualmente no reemplazan el juicio ni la experiencia humana, y por lo general no capturan las características cualitativas de la distribución. La mayoría de los algoritmos pueden ser clasificados por el tipo de datos de entrada que requieren, algunos pueden recibir solamente datos de tipo cualitativo, mientras que otros aceptan datos de tipo cuantitativo (Tompkins, White, Bozer, Frazelle, Tanchoco, & Trevino, 1996).

Entre los paquetes informáticos para el análisis de las distribuciones existentes en el mercado se encuentran los siguientes: CRAFT, ALDEP, CORELAP y PREP (Muños Cabanillas, 2004).

1.6.1 El método de CRAFT

“Computerized Relative Allocation of Facilities Techniques”: Desarrollado por Buffa y Gordon, es uno de los primeros algoritmos para la distribución en planta, tiene la capacidad de operar hasta con 40 departamentos. En general su objetivo es buscar reducir al mínimo el costo total de transporte de una distribución. Utiliza una caja o rectángulo para los datos de entrada para el flujo entre departamentos. Los departamentos no se restringen a las formas rectangulares y a la disposición se representa en una manera discreta. El CRAFT comienza determinando los centros de los departamentos en la disposición inicial. Después calcula la distancia rectilínea entre los pares de centros de los departamentos y almacena los valores en una matriz de la distancia y calcula la disposición de los departamentos.

1.6.2 El método ALDEP

“Automated Layout Design Procedure”: Desarrollado por Seehof y Evans, tiene una capacidad para distribuir 63 departamentos. Usa una matriz de código de letras similar a las especificaciones de prioridad de cercanía de Muther. Dicha clasificación es traducida a términos cuantitativos para facilitar la evaluación. Los inputs del programa son la planta del edificio y la situación de elementos fijos, permitiendo seleccionar emplazamientos para determinados departamentos. Utiliza un algoritmo de barrido, de forma que selecciona aleatoriamente un primer departamento y lo sitúa en la esquina noroeste de la planta, colocando los demás de forma sucesiva en función de las especificaciones de proximidad dadas.

1.6.3 El método CORELAP

“Computerized Relationship Layout Planning”: Puede ordenar hasta 45 departamentos, su objetivo es desarrollar una distribución donde los departamentos con mayor relación de cercanía estén lo más próximos posible, sitúa el departamento que está más interrelacionado con el resto y, en sucesivas iteraciones, va colocando los demás en función de su necesidad de cercanía con los ya colocados. Las soluciones obtenidas se caracterizan por la irregularidad en las formas.

1.6.4 El método PREP

“Plant Relayout and Evaluation Package”: Puede analizar un total de 99 departamentos. Los resultados se basan en las distancias realmente recorridas en el manejo de materiales, es decir, no considera caminos rectos entre los centros de los departamentos, pudiendo trabajar con diferentes recorridos.

1.7 DISEÑO DE PLANTA ASISTIDO POR COMPUTADOR

En los últimos años han sido testigos de una generalización del empleo de las técnicas de diseño asistido por computador en innumerables aplicaciones que implican desde la simple elaboración de planos y esquemas hasta la creación de complejos ensamblajes dotados de acabado foto realista. En el cual ha sido posible gracias al avance de la capacidad de procesamiento y almacenamiento presentada por los equipos informáticos, así como la constante mejora y actualización de las aplicaciones y servicios relacionados con estas tecnologías. La simulación industrial es uno de los campos más beneficiosos en el desarrollo de estas tecnologías lo que conlleva a una sustancial reducción de costos unida a una apreciable mejora de los protocolos de seguridad y mantenimiento en la industria.

Estas son algunas de las áreas industriales en las que la simulación asistida por computador tiene un papel destacado. Las más relevantes son: Gestión de la producción, Robótica, Logística, Diseño de producto, Procesos de ingeniería, Distribución en planta (layout), Aprendizaje y entrenamiento, Planificación en áreas específicas.

El incremento del uso de los modelos de simulación para el análisis de sistemas complejos, ha generado la propagación tanto como de lenguajes de simulación como de libros de textos que faciliten el aprendizaje de los mismos.

En la actualidad, existen aplicaciones de software capaz de simular el flujo de trabajo mediante interfaces gráficas 3D, permitiendo evaluar de forma cualitativa y cuantitativa la influencia de la organización en planta sobre la producción, en general se trata de programas que tienen sus propias herramientas y formas de modificar los objetos tridimensionales que se hallan para diferentes fines en la industria.

- **En-Plant:** Es una aplicación desarrollada por la compañía tecnomatix, que permite el diseño, simulación, optimización y análisis de cualquier proceso productivo. Este software permite modelar todo tipo de maquinaria (herramientas, robots y elementos de distribución) así como las relaciones espaciales existentes entre las mismas con el fin de simular la cadena de producción con gran realismo. Dispone de un interface de programación a disposición del usuario para definir nuevas máquinas o planificar procesos de forma automatizado (Suarez Quiros, Rubio Garcia, & Martin Gonzales).
- **Promodel®:** Basada en el sistema operativo de Windows, es una poderosa herramienta de simulación y análisis de la producción de sistemas de cualquier tipo y tamaño. Esta herramienta proporciona la combinación perfecta entre la facilidad en su uso, potencia y flexibilidad para modelar en términos reales casi cualquier situación. Este simulador por medio de su capacidad de modelar los elementos importantes de un sistema de producción, tales como: utilización de recursos, capacidad del sistema y horarios de producción; permite experimentar diferentes alternativas de funcionamiento y estrategias de diseño a fin de lograr los mejores resultados dentro de la operación.
- **Blender:** Programa de creación de contenido 3D que abarca desde el modelado y animación hasta la composición y renderización de complejas escenas en 3D. Es un Software Libre, y cuenta con características como soporte para programación bajo Python con una amplia gama de script en constante desarrollo, posee un engine robusto para la programación de juegos, un motor de render propio y una comunidad de usuarios totalmente abierta y dispuesta a colaborar.

1.8 CONSIDERACIONES PARA UNA BUENA DISTRIBUCIÓN

Para realizar una buena distribución en planta el diseño debe ajustarse a los siguientes aspectos.

1.8.1 Geometría plana y del espacio

La geometría elemental es la disciplina de las matemáticas que se ocupa del estudio de las propiedades intrínsecas de las figuras. Cuando estudia figuras contenidas en un plano, (o sea de dos dimensiones) se llama “Geometría plana”, una parte importante son las construcciones con regla y compas. Si estudia cuerpos geométricos, (de tres dimensiones) se llama “Geometría del espacio”. Entre estas figuras, también llamadas sólidos, se encuentran el cono, el cubo, el cilindro, la pirámide, la esfera, el prisma, los poliedros regulares (los sólidos platónicos, convexos, y los sólidos de Kepler-Poinsot, no convexos) y otros poliedros (Baldor, 2004).

1.8.2 Escala

Es la proporción de aumento o disminución que existe entre las dimensiones reales y las dimensiones representadas de un objeto. La escala de reducción es para representar un objeto de grandes dimensiones, deben dividirse todas sus medidas por un factor mayor que uno. La escala de ampliación es para representar objetos de pequeñas dimensiones, todas sus medidas se multiplican por un factor mayor que uno. La escala a utilizar se determina entonces en función de las medidas del objeto y las medidas del papel en el cual será representado. El dibujo hecho a escala mantendrá de esta forma todas las proporciones del objeto representado, y mostrará una imagen de la apariencia real del mismo. Deben indicarse sobre el dibujo las dimensiones del objeto real, y la escala en que ha sido elaborado.

Ilustración 1. Cuadrado dibujado a 3 escalas diferentes

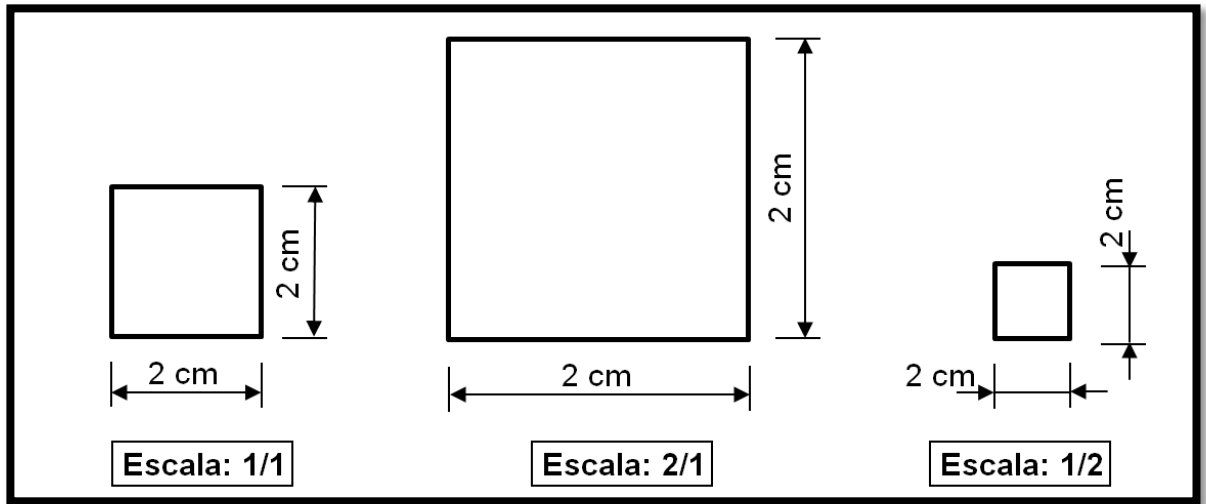


Tabla 1. Factores de escalas de reducción y ampliación

Escalas de reducción			Escalas de ampliación		
Escala	Factor de reducción	Longitud de representación de 1 metro	Escala	Factor de aumento	Longitud de representación de 1 cm
1/1	1	100 cm	1/1	1	1 cm
1/1,25	1,25	80 cm	1,33/1	1,33	1,33 cm
1/2	2	50 cm	2/1	2	2 cm
1/2,5	2,5	40 cm	4/1	4	4 cm
1/5	5	20 cm	5/1	5	5 cm
1/7,5	7,5	13,33 cm	8/1	8	8 cm
1/10	10	10 cm	10/1	10	10 cm

1.9 GUÍA PARA EL MANEJO DEL SOFTWARE SKETCHUP

Todos los nuevos usuarios que desean trabajar con Google SketchUp 8 por primera vez deben ingresar a la página electrónica <http://sketchup.google.com/> para conocer las características que lo distinguen de otros programas de modelado en 3D, y recorrer los vínculos de acceso ubicados a la izquierda (**Página principal, Productos, Descargas, Comprar, Comunidad, Educación, Formación y Ayuda**), este software 3D es fácil de utilizar y extremadamente potente.

Así mismo, se debe ubicar el vínculo de descarga directa de la versión gratuita para instalar y desarrollar los ejercicios propuestos de esta guía, también encontrara más información sobre SketchUp en esta página principal.

Ilustración 2. Página principal de SketchUp en la web



The screenshot shows the Google SketchUp website homepage. At the top, there is a browser window with the address bar showing "sketchup.google.com". The main navigation menu on the left includes links for "Página principal", "Productos", "Descargas", "Comprar", "Comunidad", "Educación", "Formación", and "Ayuda". The main content area features a large banner with the text "Modelado en 3D para todos" and a quote: "SketchUp es la mejor herramienta (y la más innovadora) para todo el que quiera diseñar algo, desde una cafetera a un rascacielos." attributed to "McCall & Associates". The banner also displays a 3D rendering of a city skyline with a large number "8" in the center. On the right side, there is a "Descargar Google SketchUp" button and a section for "Google SketchUp Pro" with a description: "Añade potentes herramientas de modelado, presentación e intercambio de archivos sin las que no puedes trabajar." and a link for "Más información acerca de SketchUp Pro".

1.9.1 Realizar la instalación de SketchUp

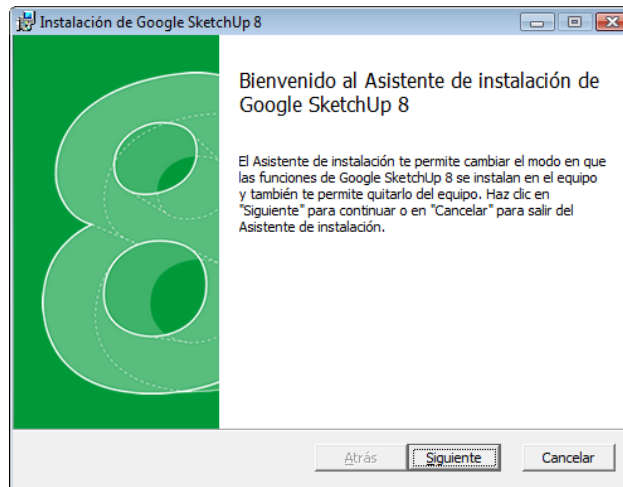
Al realizar la descarga del programa se debe especificar una carpeta, y este quedara guardado bajo el nombre **GoogleSketcUpWES.exe**.

Ilustración 3. Icono del instalador



Después de dar doble clic en el archivo se ejecuta el instalador, para continuar es necesario atender a las instrucciones que ofrece el asistente de instalación de **Google SketchUp 8**, luego de aceptar las condiciones de uso defina la dirección en el equipo para guardar los archivos del programa, debe esperar a que estos se guarden y así finaliza la instalación para poder empezar a trabajar.

Ilustración 4. Ventana del asistente de instalación de Google SketchUp 8



1.9.2 Novedades que presenta SketchUp 8

La versión de Google SketchUp 8 presenta cambios y mejoras como:

- El nuevo cuadro de diálogo **Añadir localización** para buscar y capturar información de localización
- La nueva herramienta **Iglú de imágenes** permite ver en miniatura y con forma de iglú las imágenes utilizadas para modelar una estructura.
- El panel **Modelado** del **Explorador de estilos** contiene ahora ajustes para las fotografías de fondo y de primer plano de la función **Adaptar fotografía**.
- La nueva herramienta **Revestimiento** permite crear un revestimiento para las caras exteriores a partir de un conjunto de grupos o componentes superpuestos.
- Mejoras en el **Gestor de escenas** que muestra miniaturas de las escenas y permite editar a la vez las propiedades de varias de ellas.
- A partir de ahora es posible alinear (opcionalmente) los ejes con los ejes de los componentes mientras se modifica un componente.
- La herramienta **Empujar/tirar** incluye ahora un modo de selección previa.
- El cuadro de diálogo **Información del modelo** incluye un nuevo panel llamado **Geolocalización**, que contiene los datos de localización geográfica del modelo actual.

- Las funciones de importación y exportación de **DWG** y **DXF** son ahora compatibles con las versiones 2010 del software AutoDesk.
- La nueva casilla **Aristas posteriores** permite ver, como líneas discontinuas, las aristas posteriores que permanecen ocultas.
- La barra de herramientas de Google contiene un botón que permite abrir el **Modelador 3D** de edificios desde SketchUp.
- El cuadro de diálogo **Información de la entidad** muestra el volumen de los sólidos del modelo.

Ilustración 5. Arquitectura realizada con SketchUp 8



1.9.3 Trabajar por primera vez

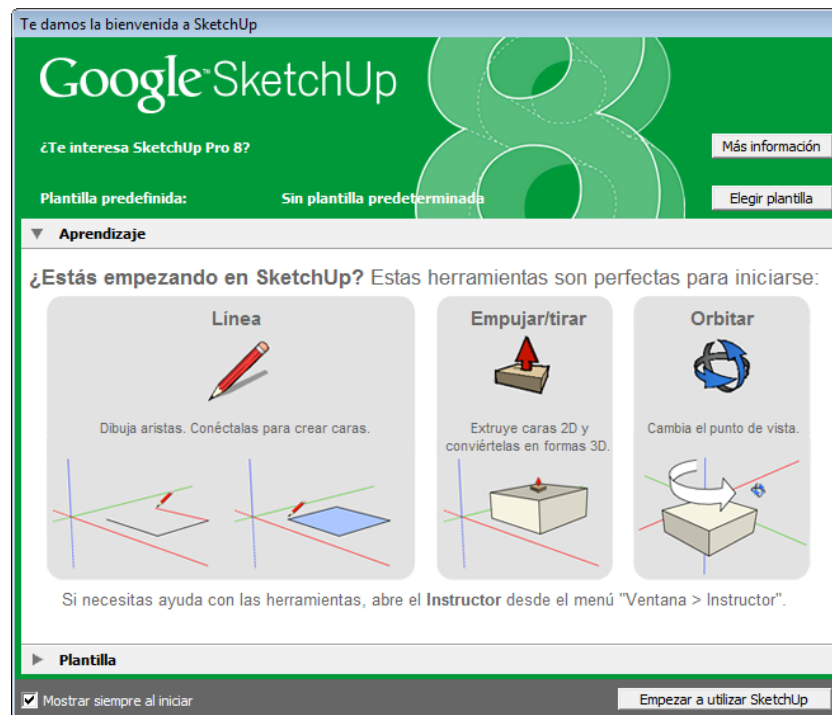
Para iniciar el programa deben encontrar en el escritorio o en el menú inicio el icono cuya forma representa a una casa con un lápiz en primer término, dar doble clic o si lo prefiere dar clic derecho y en el menú desplegable pulsar en abrir.

Ilustración 6. Icono de acceso a SketchUp



Al iniciar por primera vez aparecera la ventana de bienvenida a SketchUp que es muy util para conocer las primeras herramientas, avanzar con la ayuda del instructor o poder elegir la plantilla de trabajo y su unidad metrica. Solo si desea no volver a ver este mensaje de bienvenida debe desactivar la opción **Mostrar siempre al iniciar**. Para trabajar por primera vez en un proyecto necesita seleccionar la opción **Plantilla sencilla – metros** y luego dar clic en la opcion **Empezar a utilizar SketchUp**.

Ilustración 7. Mensaje de bienvenida a Google SketchUp 8



La ventana **Instructor** muestra información relacionada con la herramienta seleccionada. Utilice la herramienta **Seleccionar** de la barra de herramientas o desde menú herramientas para conocer la información disponible sobre esta herramienta en el **Instructor**. Puede dar clic en los enlaces del **Instructor** para ir a las secciones de la guía del usuario online de SketchUp.

Ilustración 8. Instructor de Google SketchUp 8



1.9.4 Conociendo la interfaz de SketchUp

Cuando se enfrente a la interfaz de SketchUp le resultara natural utilizar cada herramienta. En esta ventana los elementos principales son la **barra de título**, la **barra de menús**, la **barra de herramientas**, el **área de dibujo**, la **barra de estado** y el **cuadro de control de valores** (CCV).

- **La barra de título:** Es la parte superior de SketchUp que contiene el nombre del archivo abierto y los controles estándares de Microsoft Windows para **cerrar**, **minimizar** y **maximizar**. Cuando un documento no ha sido guardado aparece con el nombre **Sin título**.
- **La barra de menús:** Se localiza bajo la **barra de título**. Se encuentran disponibles en estos menús la mayoría de las herramientas, comando y ajustes de SketchUp. Estos aparecen de forma predeterminada: **Archivo**, **Edición**, **Ver**, **Cámara**, **Dibujar**, **Herramientas**, **Ventana** y **Ayuda**.
- **La barra de herramientas:** Esta aparece bajo los menús y en el lado izquierdo de la aplicación, contiene un conjunto de herramientas y controles definidos por el usuario. La visibilidad de la barra de herramientas puede activarse o desactivarse en el menú **Ver** con las opciones de **Barras de herramientas**.
- **El área de dibujo:** Es el lugar donde se crea el modelo. El espacio 3D del área de dibujo se identifica visualmente mediante los **ejes de dibujo**.
- **La barra de estado:** Es el área gris rectangular situada en la parte inferior del **área de dibujo**. El lado izquierdo de la **barra de estado** muestra notas acerca de las herramientas de dibujo que se utilizan, incluyendo funciones especiales a las que se puede acceder mediante métodos abreviados.
- **El cuadro de control de valores (CCV):** Está situado en la parte derecha de la **barra de estado**. El CCV muestra la información de las dimensiones mientras se dibuja. También se puede utilizar el CCV para introducir valores y manipular las entidades seleccionadas.

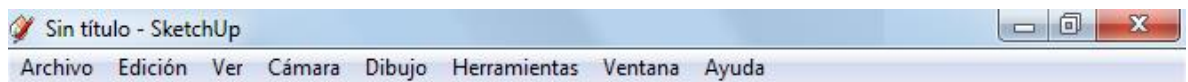
Ilustración 9. Interfaz de usuario de SketchUp



1.9.5 La barra de Menú

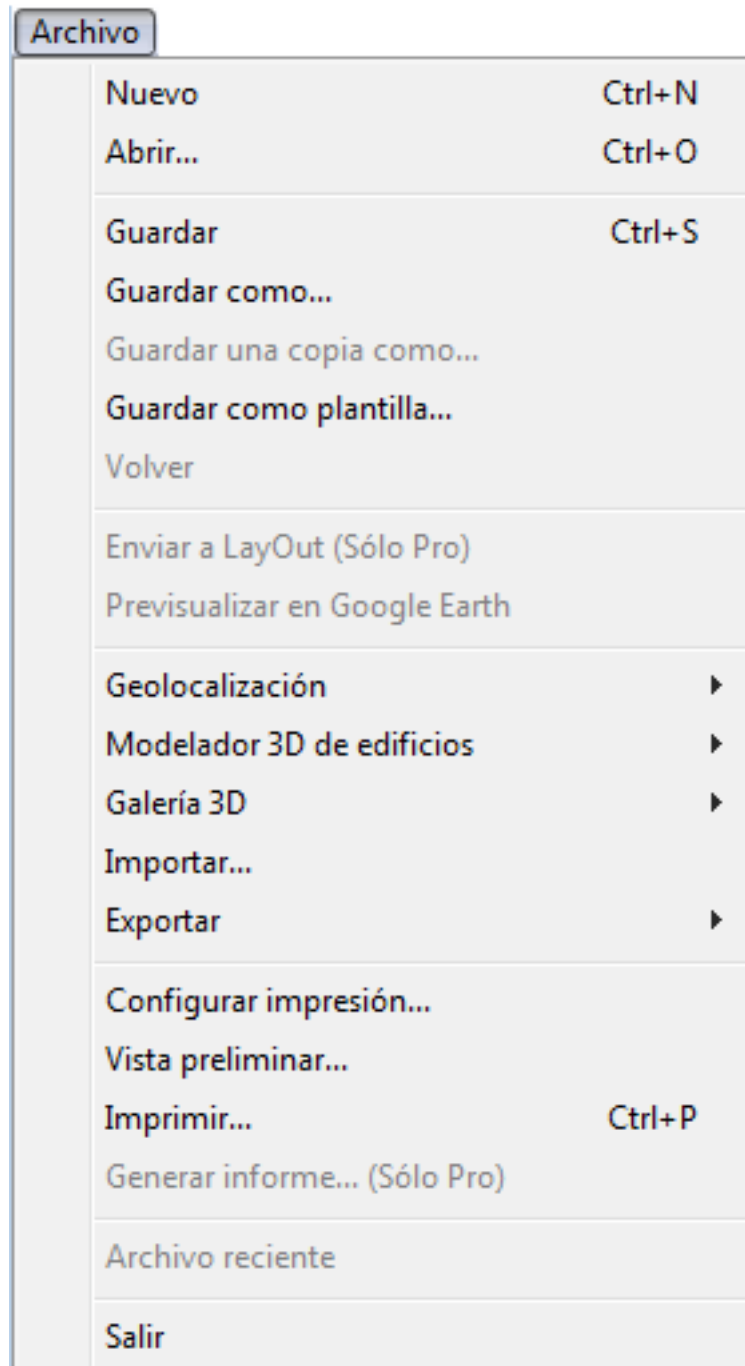
La barra de menú permite acceder a la mayoría de los comandos de SketchUp con los botones de las herramientas y a través de los menús desplegables. Examine los menús **Archivo**, **Edición**, **Ver**, **Cámara**, **Dibujo**, **Herramientas**, **Ventana** y **Ayuda** de SketchUp para familiarizarse con las funciones disponibles.

Ilustración 10. La barra de Menú



- **Menú Archivo:** El menú **Archivo** contiene opciones relacionadas con los archivos de modelos de SketchUp, como comandos para **Crear**, **Abrir**, **Guardar**, **Imprimir**, **Importar** y **Exportar** archivos de modelos.

Ilustración 11. El menú Archivo



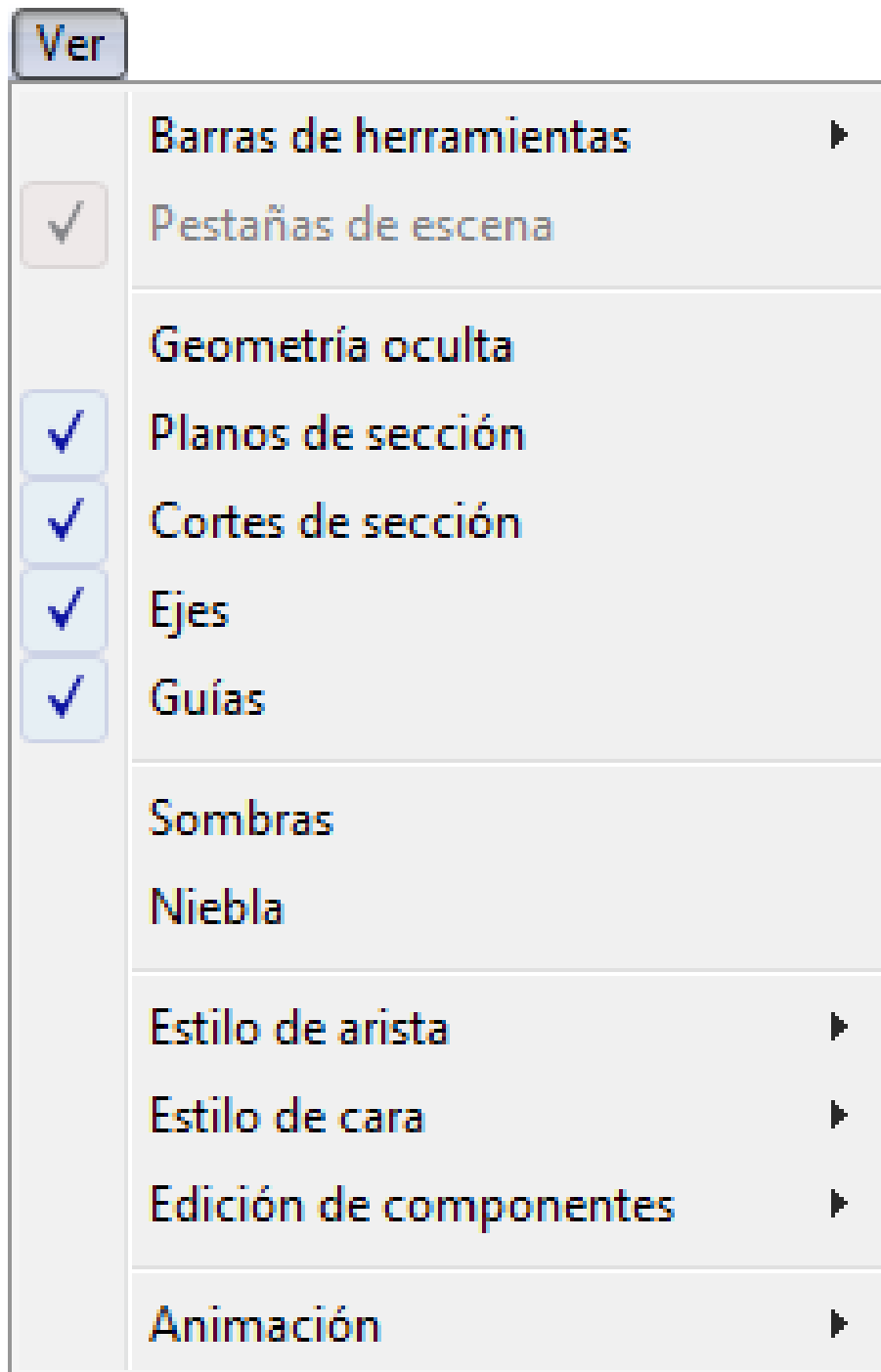
- **Menú Edición:** El menú **Edición** le ofrece diversas opciones que permiten llevar a cabo funciones de edición sobre las geometrías de SketchUp. Estas opciones incluyen elementos para **Crear y Editar grupos y componentes**, funciones relacionadas con la visibilidad, y los comandos estándar **Cortar, Copiar y Pegar**.

Ilustración 12. El menú Edición

Edición	
Deshacer	Alt+Atrás
Rehacer	Ctrl+Y
Cortar	Mayúsculas+Eliminar
Copiar	Ctrl+C
Pegar	Ctrl+V
Pegar en su sitio	
Eliminar	Eliminar
Eliminar guías	
Seleccionar todo	Ctrl+A
Anular selección	Ctrl+T
Ocultar	
Mostrar	▶
Bloquear	
Desbloquear	▶
Crear componente...	G
Crear grupo	
Cerrar grupo/componente	
Intersecar caras	▶
No hay nada seleccionado	▶

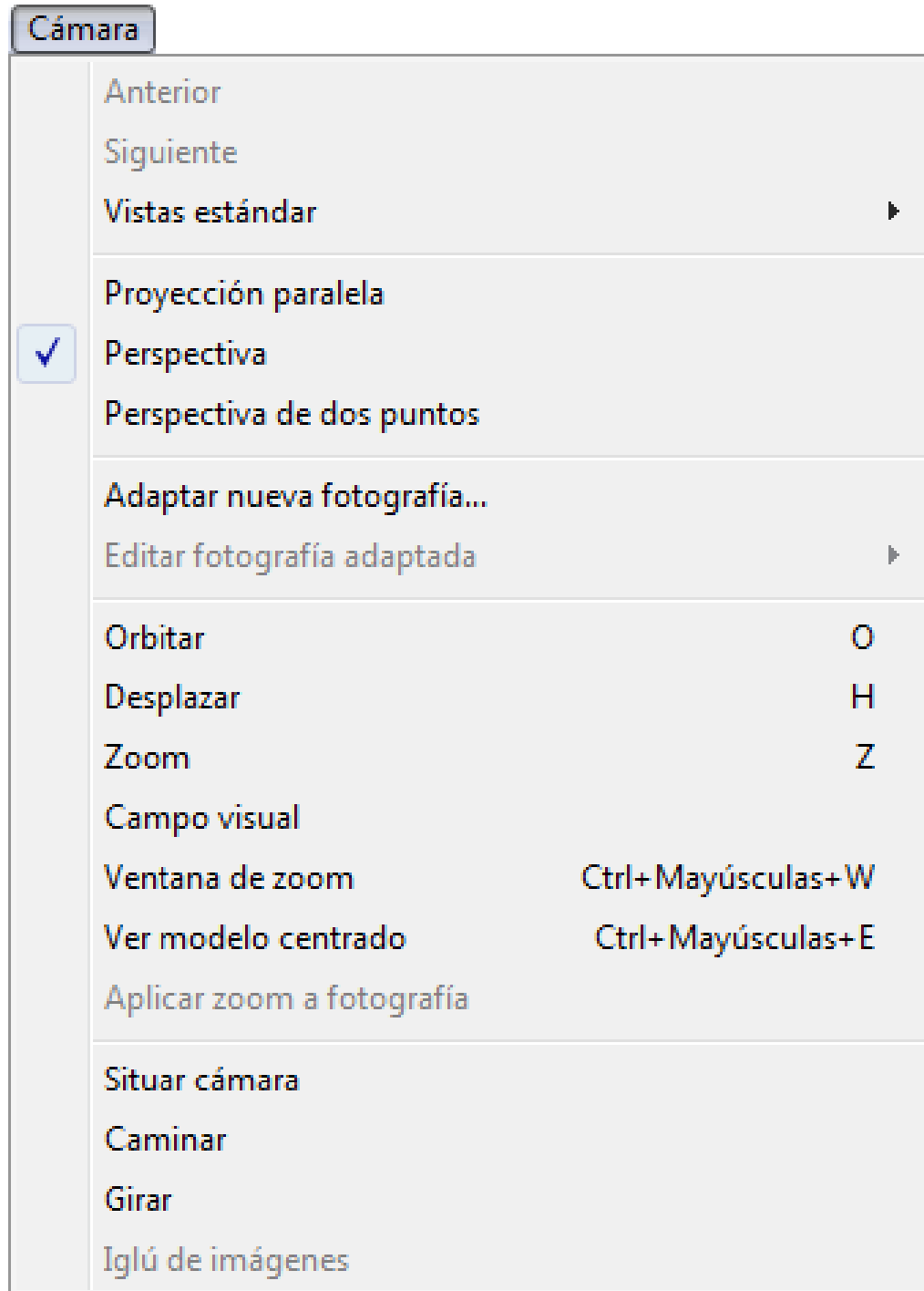
- **Menú Ver:** El menú *Ver* ofrece opciones que permiten modificar la visualización de las entidades dentro del modelo.

Ilustración 13. El menú Ver



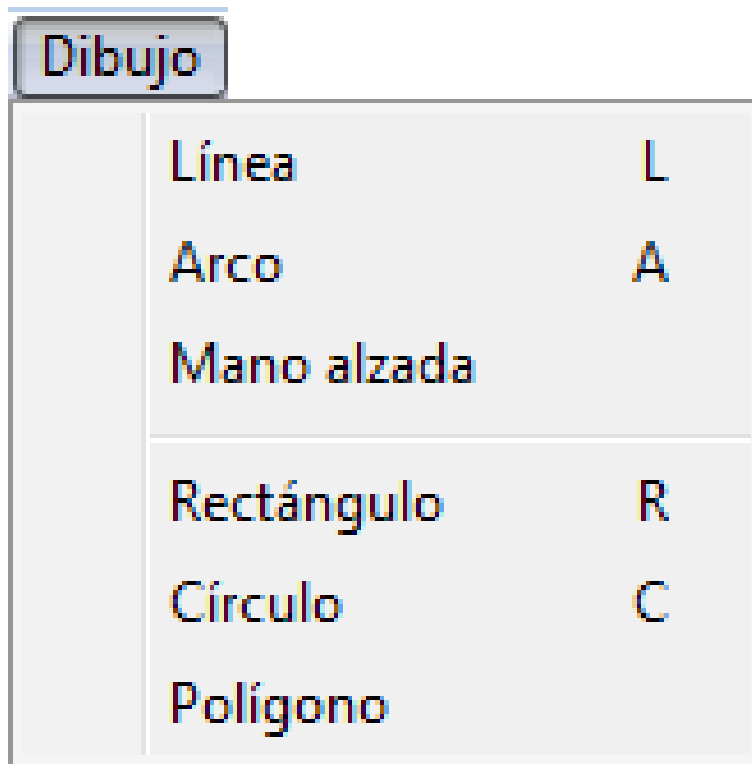
- **Menú Cámara:** El menú **Cámara** ofrece opciones para modificar el punto de vista del modelo.

Ilustración 14. El menú Cámara



- **Menú Dibujo:** El menú *Dibujo* contiene todas las herramientas de dibujo de SketchUp y es una alternativa al uso de las barras de herramientas o los métodos abreviados.

Ilustración 15. El menú Dibujo



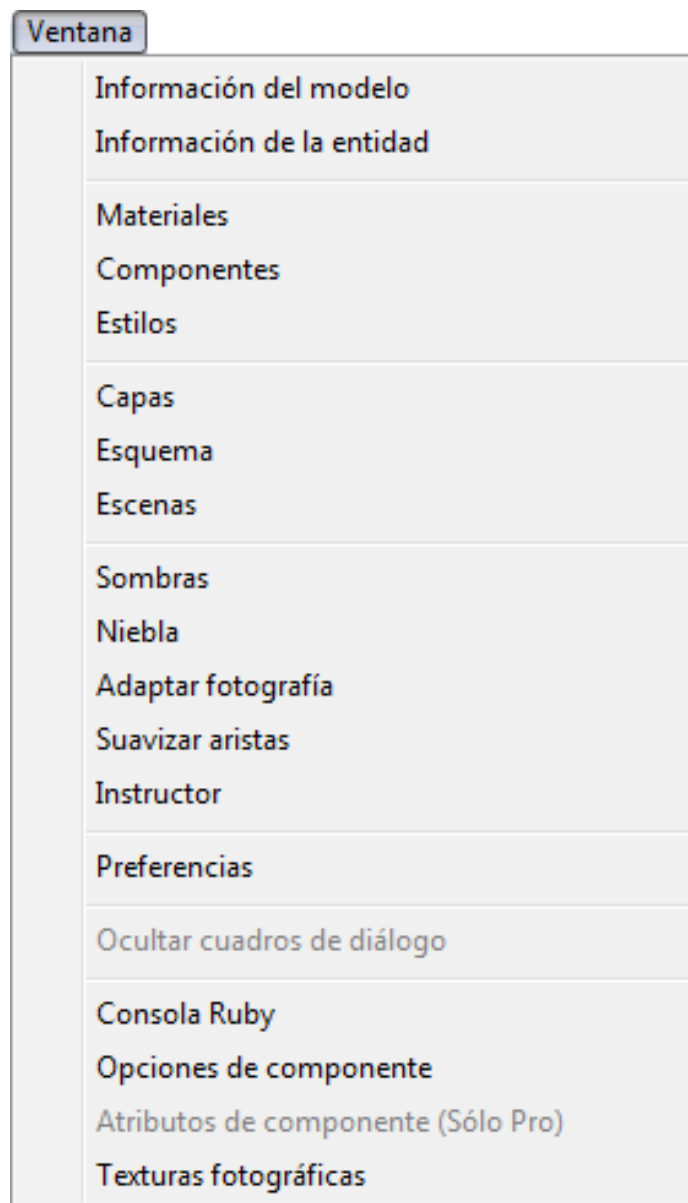
- **Menú Herramientas:** El menú *Herramientas* permite acceder a todas las herramientas de modificación de SketchUp. Es uno de los tres modos disponibles para acceder a estas herramientas (los otros son las barras de herramientas y los métodos abreviados).

Ilustración 16. El menú Herramientas

Herramientas		
<input checked="" type="checkbox"/>	Seleccionar	Espacio
	Borrar	E
	Pintar	B
	Mover	M
	Rotar	Q
	Escala	S
	Empujar/tirar	P
	Sígueme	
	Equidistancia	F
	Revestimiento	
	Sólidos (Sólo Pro)	▶
	Medir	T
	Transportador	
	Ejes	
	Acotaciones	
	Texto	
	Texto 3D	
	Plano de sección	
	Interactuar	

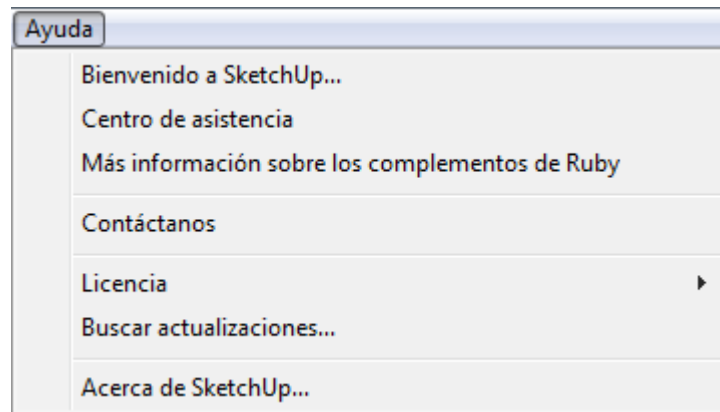
- **Menú Ventana:** El menú **Ventana** contiene ajustes y utilidades de gestión de los modelos. Los ajustes de un modelo son cuadros de diálogo con parámetros que afectan al modelo, como las **Sombras**, la visualización en pantalla o información sobre el mismo. Los gestores son cuadros de diálogo que controlan determinados aspectos del modelo, como las **Escenas**, las **Capas**, los **Materiales** o los **Componentes**.

Ilustración 17. El menú Ventana



- **Menú Ayuda:** El menú **Ayuda** contiene artículos de ayuda sobre el producto. Estos artículos incluyen la guía del usuario online de SketchUp, una guía de referencia rápida y tutoriales en vídeo.

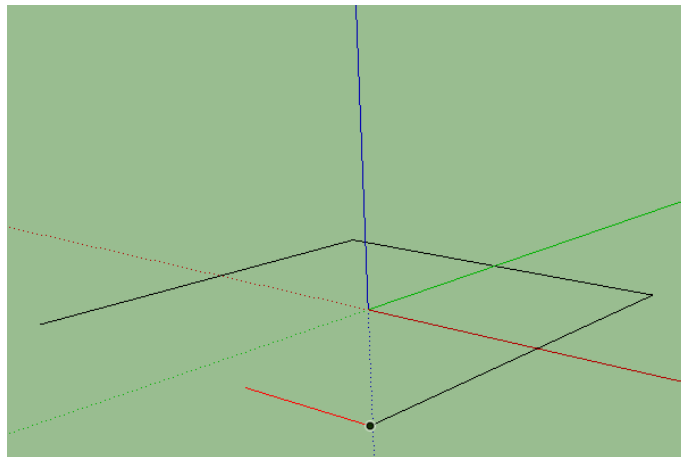
Ilustración 18. El menú Ayuda



1.9.6 Diseñar una caja con SketchUp

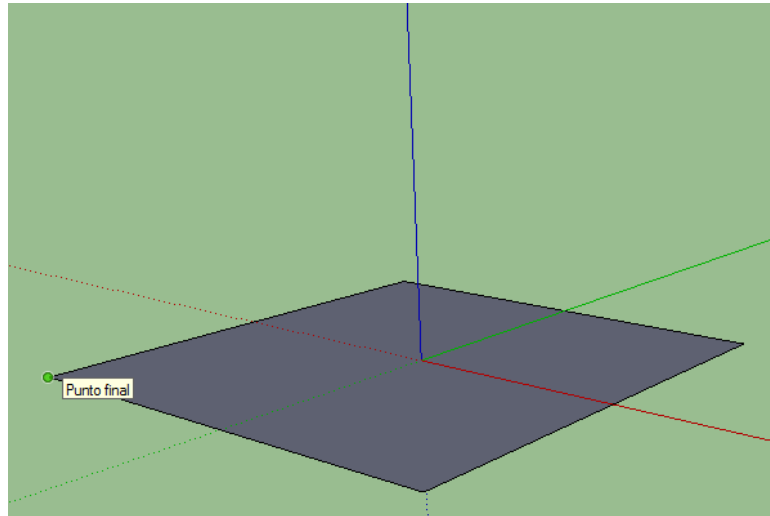
Para crear una caja, primero debe elegir la herramienta de dibujo **Línea** que sirve para trazar y unir las líneas que formaran las aristas, el elemento básico de construcción de todo modelo en SketchUp, básicamente se asigna un punto de inicio y un punto final.

Ilustración 19. Aristas trazadas con la herramienta Línea



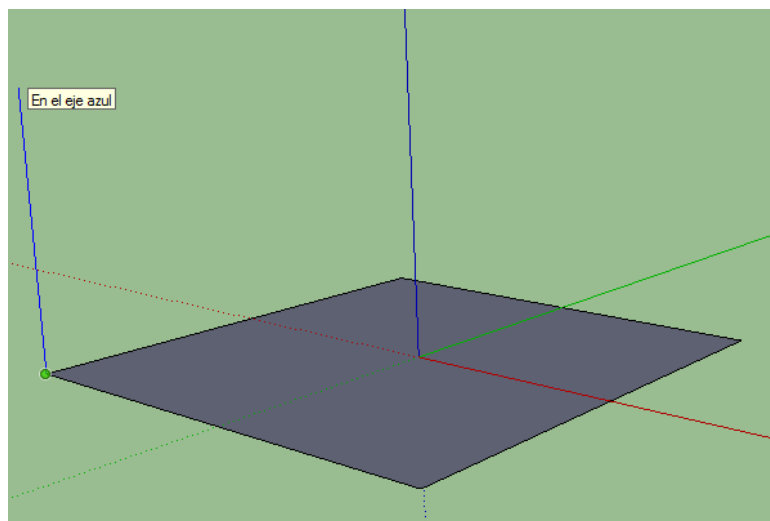
Luego proceda a dibujar en un mismo plano las cuatro aristas que formaran la cara inferior de la caja, las caras se crean automáticamente cuando tres o más líneas o aristas están en el mismo plano y forman un bucle cerrado. Las aristas y las caras se combinan de este modo para crear modelos 3D.

Ilustración 20. Cara generada automáticamente



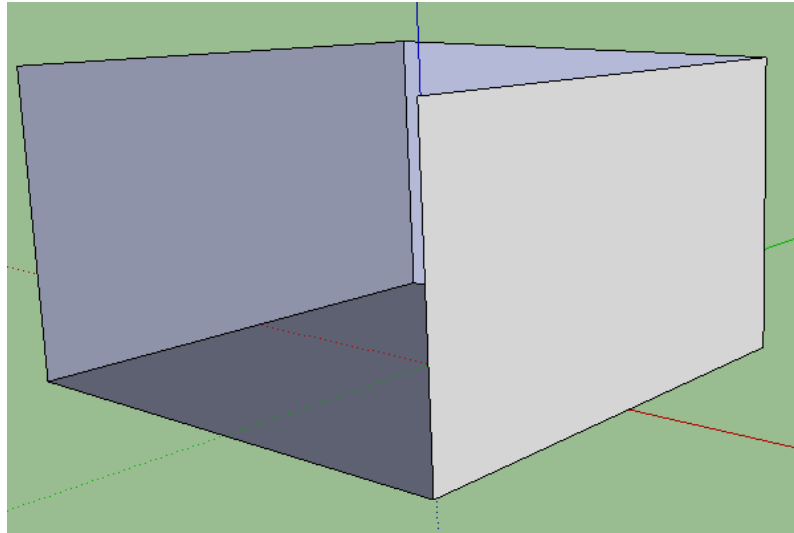
Para darle altura a este modelo 3D debe dibujar hacia arriba y paralelo al eje azul las siguientes aristas.

Ilustración 21. Aristas trazadas en el eje azul



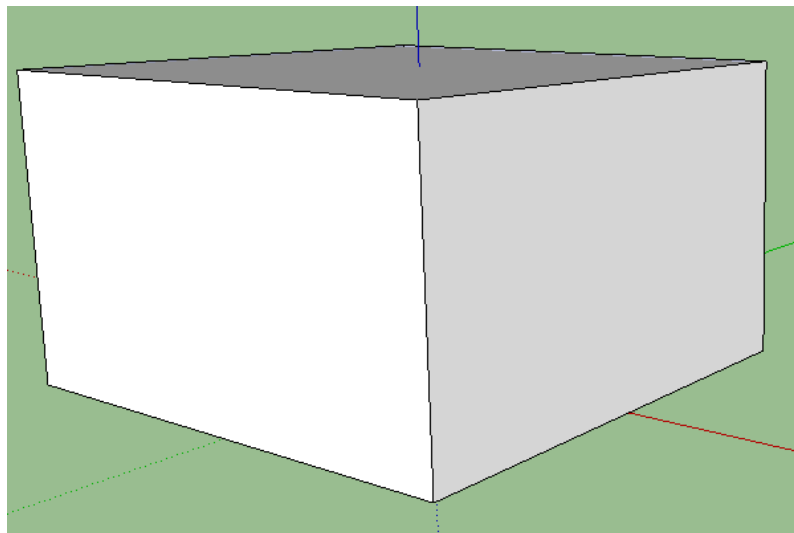
La idea es crear de forma automática las caras faltantes al trazar las líneas paralelas en la dirección de los tres ejes de colores rojo, verde y azul.

Ilustración 22. Tres caras creadas automáticamente



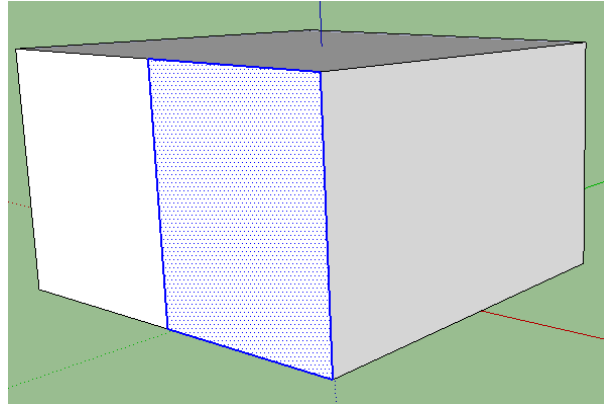
Dibuje una última arista para completar la caja tridimensional, con esta línea se crean las caras superior y frontal. Es importante saber que una cara tiene un lado frontal y un lado posterior.

Ilustración 23. Caja tridimensional



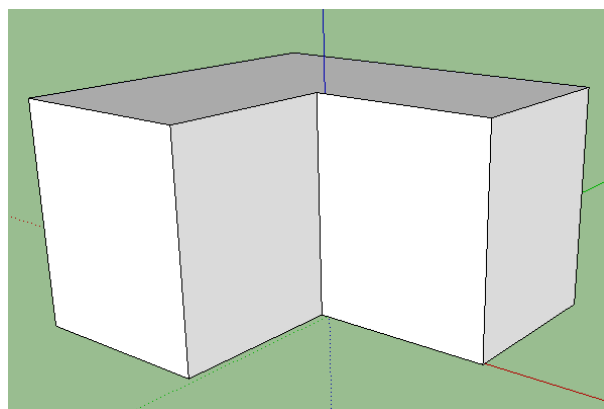
Algunas herramientas permiten dividir y recuperar las geometrías existentes. Divida la cara o arista para crear otra cara o arista separada en la caja creada. Habitualmente se puede recuperar o unir las caras solo con eliminar la arista que comparten las dos caras.

Ilustración 24. Cara generada



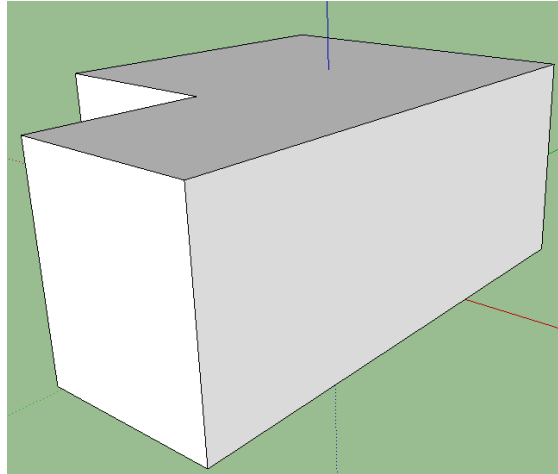
Con la herramienta **Empujar/tirar** puede empujar una cara que no sea curva o tirar de ella hacia un punto de partida. Para cambiar la forma de una parte del modelo arrastre la cara desde un punto inicial y a lo largo de un eje.

Ilustración 25. Efecto de empujar de una cara



Alargue la cara del modelo con la herramienta **Empujar/tirar** desde un punto inicial y a lo largo de un eje.

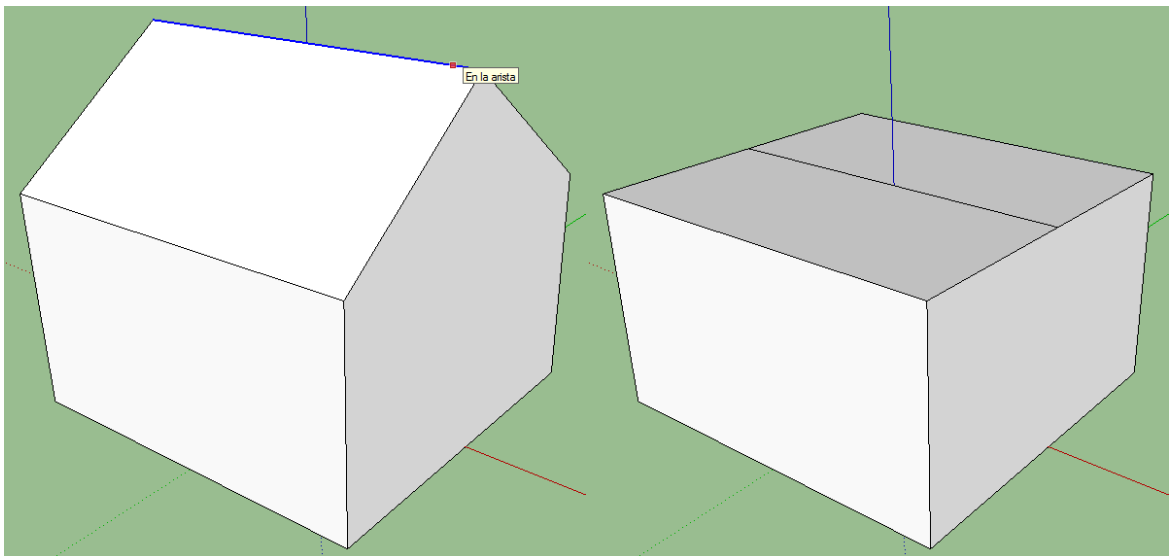
Ilustración 26. Efecto de tirar de una cara



Un elemento puede manipularse (inclinarse, distorsionarse o doblarse) seleccionando una arista o cara y moviéndola con la herramienta **Mover** (esto hace también que se muevan todas las entidades vinculadas o "bloqueadas" a la arista o cara).

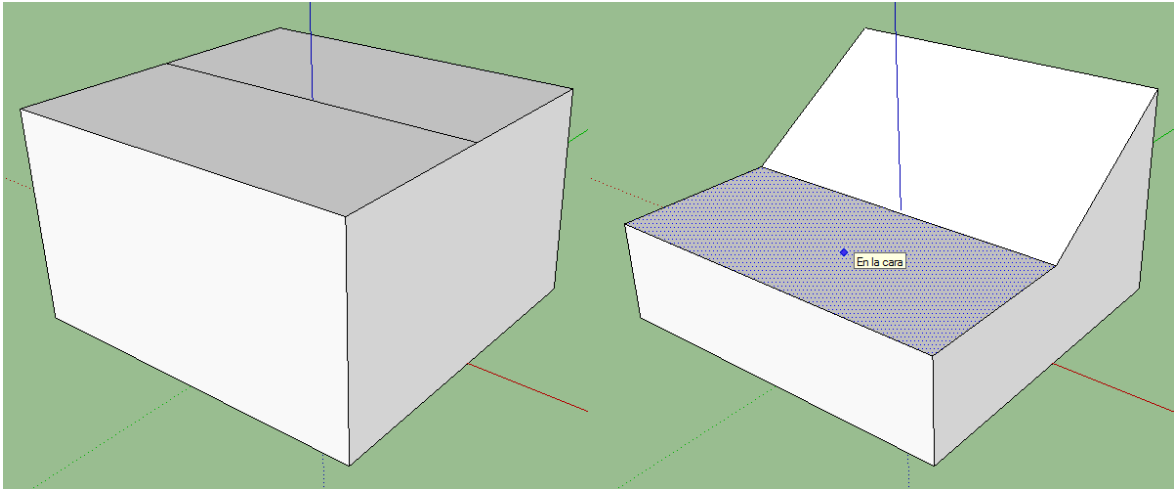
Para crear un tejado divide la cara superior de la caja con la herramienta **Línea**, seleccione la arista que separa las caras y muévelo hacia arriba. Las caras que están conectadas a la línea central han seguido el movimiento de la línea

Ilustración 27. Efecto de mover la arista hacia arriba



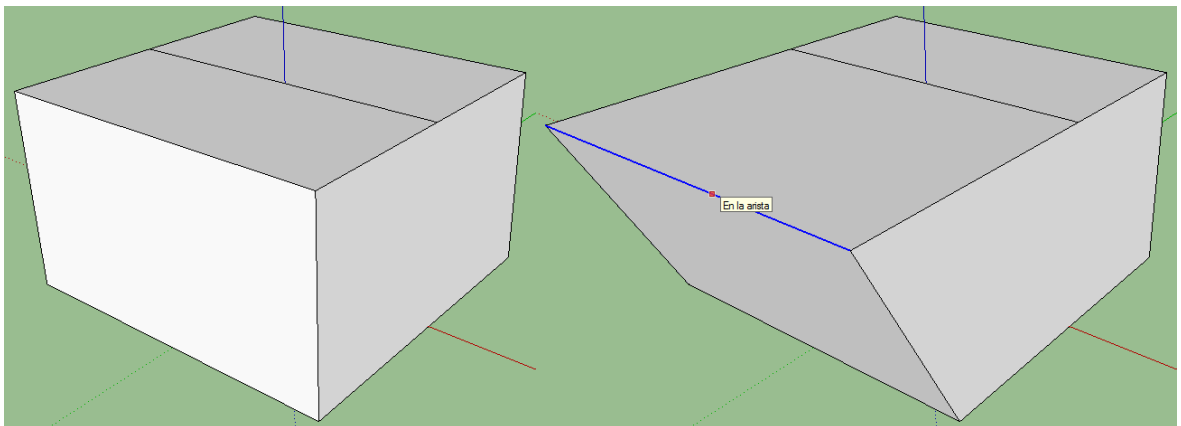
Seleccione la cara superior de la izquierda y trasládela hacia abajo en dirección del eje azul, quedara inclinada automáticamente la cara superior derecha.

Ilustración 28. Efecto de mover la cara hacia abajo



Para darle una forma trapezoidal a la caja debe seleccionar la arista superior izquierda y desplazarla hacia la izquierda.

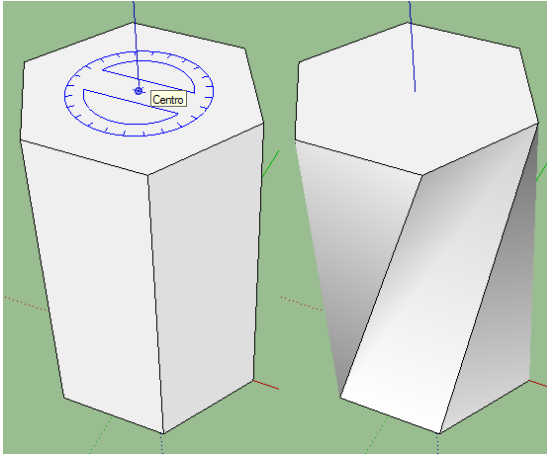
Ilustración 29. Efecto de desplazar hacia la izquierda la arista



En SketchUp las caras deben permanecer siempre planas. El programa adapta automáticamente las caras si esto es necesario como consecuencia de alguna operación en que las caras podrían torcerse o aparecer deformadas.

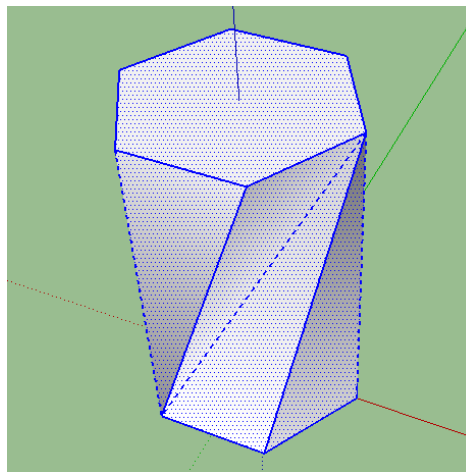
Para entender este principio de autoplegado dibuje un polígono de seis caras dándole volumen y realice el giro de la cara superior. Los lados del objeto, que comparten aristas con la cara superior, giran y se pliegan automáticamente con la rotación.

Ilustración 30. Efecto de autoplegado de un polígono de seis lados



SketchUp crea las aristas ocultas al realizar la operación de autoplegado. Al seleccionar todo el modelo se muestra la forma tridimensional con las aristas ocultas (líneas punteadas), las caras que han girado están compuestas por dos caras triangulares.

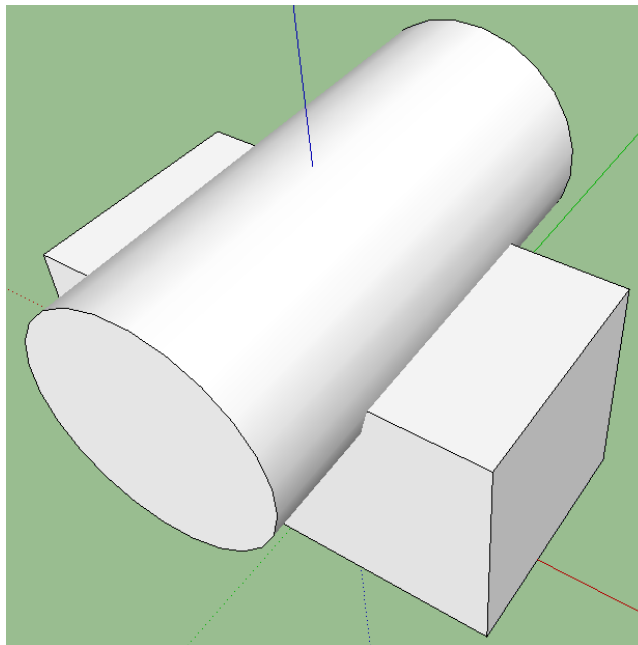
Ilustración 31. Aristas ocultas



SketchUp permite crear fácilmente modelos complejos intersecando dos formas geométricas, como una caja y un tubo, creando aristas nuevas donde los elementos tengan algún punto de intersección, uniendo la geometría y eliminando partes del objeto combinado.

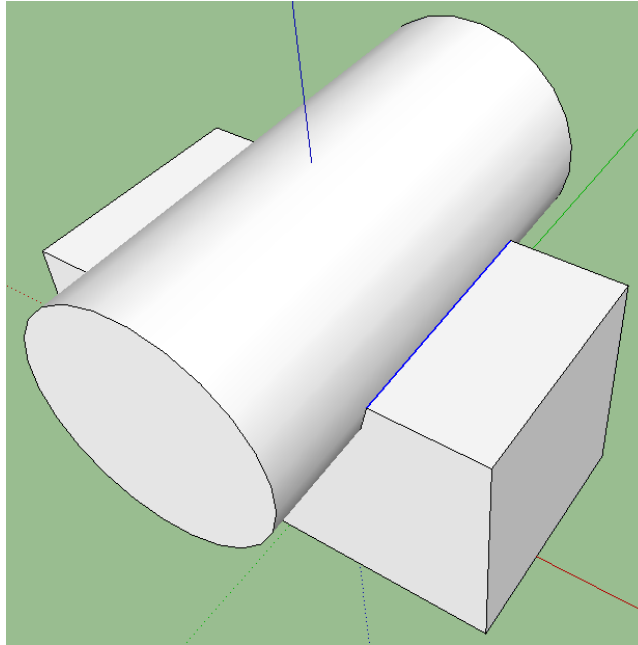
Con la herramienta **Rectángulo**, **Círculo** y **Empujar/tirar** cree una caja y un cilindro, ahora pulse tres veces en el cilindro con la herramienta **Seleccionar** para escoger todas las entidades que lo componen, con la herramienta **Mover** traslade el cilindro hasta que forme una intersección completa con la caja. No existen aristas en los puntos en los que el cilindro atraviesa las caras.

Ilustración 32. Intersección de una caja y un cilindro



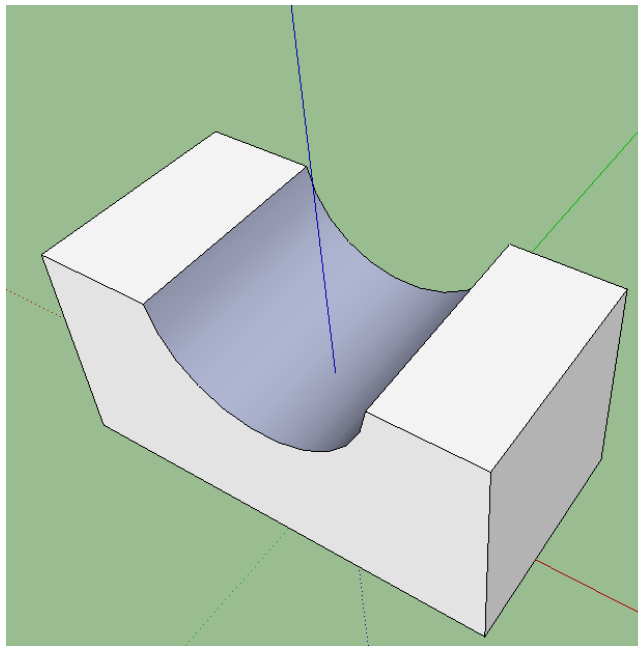
El cilindro debe permanecer seleccionado, aunque se encuentre en el interior de la caja. Pulse con el clic derecho en el cilindro seleccionado y escoja la opción **Intersecar caras con el modelo** en el menú contextual. La herramienta crea las aristas en las intersecciones entre el cilindro y la caja.

Ilustración 33. Resultado de Intersecar caras con el modelo



Borre o desplace las entidades del cilindro que no desee conservar. SketchUp habrá creado caras nuevas subdividas donde el cilindro intersecaba con la caja.

Ilustración 34. Efecto de eliminar las entidades del cilindro




1.10 GUÍA DE HERRAMIENTAS DE SKETCHUP 8

SketchUp ofrece otras herramientas para dibujar rápidamente. Las herramientas de SketchUp se dividen en cinco categorías: las herramientas principales (utilizadas con frecuencia para seleccionar y modificar entidades), las herramientas de dibujo (para crear entidades), las herramientas de modificación (para retocar entidades existentes), las herramientas auxiliares (para crear líneas o puntos de apoyo y documentar el modelo), herramientas de cámara (para ver los objetos) y herramientas de paseo (para explorar el modelo).


1.10.1 Herramientas Principales

Las herramientas principales son las que se utilizan con mayor frecuencia, aquí se describen en el orden en el que aparecen en el menú **Herramientas**.

1.10.1.1 Herramienta Seleccionar

 Se utiliza para especificar las entidades que se modificarán al utilizar otras herramientas o comandos. Las entidades seleccionadas forman lo que se denomina selección. Se activa la herramienta **Seleccionar** desde la barra de herramientas principales o desde el menú **Herramientas**. Método abreviado: Barra espaciadora

1.10.1.2 Herramienta Borrar

 Se utiliza para eliminar entidades. También puede usarse para ocultar y suavizar aristas. Se activa la herramienta **Borrar** desde la barra de herramientas principales o seleccionando **Borrar** desde el menú **Herramientas**. Método abreviado: E

1.10.1.3 Herramienta Pintar



Se utiliza para aplicar materiales y colores a las entidades del modelo. Se puede utilizar esta herramienta para pintar entidades independientes, rellenar varias caras conectadas entre sí o sustituir un material en todo el modelo. Se activa la herramienta **Pintar** desde la barra de herramientas principales o desde el menú **Herramientas**. Método abreviado: B

1.10.2 Herramientas de Dibujo

Las herramientas de dibujo se utilizan para crear geometrías nuevas, aquí se describen en el orden en que aparecen en el menú **Dibujo**.

1.10.2.1 Herramienta Línea




Se utiliza para dibujar aristas o entidades de línea. Las entidades de línea se pueden unir desde una cara. También se utiliza para dividir caras o recuperar caras eliminadas. Se activa la herramienta **Línea** desde la barra de herramientas de dibujo o desde el menú **Dibujo**. Método abreviado: L

1.10.2.2 Herramienta Arco




Se utiliza para dibujar entidades de arco, formadas por un gran número de segmentos (que se pueden editar como un solo arco). Se activa la herramienta **Arco** desde barra de herramientas de dibujo o desde el menú **Dibujo**. Método abreviado: A


1.10.2.3 Herramienta Mano alzada

 Se utiliza para dibujar líneas irregulares dibujadas a mano en forma de entidades de curva y entidades de poli línea 3D. Las curvas están formadas por varios segmentos de línea conectados. Estas curvas funcionan como una línea y pueden definir y dividir caras. También están conectadas de forma que, al seleccionar un segmento, se selecciona toda la entidad. Las entidades de curva pueden ser útiles para representar contornos en un mapa de contornos u otras formas orgánicas. Se activa la herramienta **Mano alzada** desde el menú **Dibujo** o desde la barra de herramientas de dibujo.


1.10.2.4 Herramienta Rectángulo

 Se utiliza para dibujar entidades de cara rectangulares, que se definen haciendo clic en dos ángulos opuestos con la forma deseada. Se activa la herramienta **Rectángulo** desde la barra de herramientas **Dibujo** o desde el menú **Dibujo**. Método abreviado: R

1.10.2.5 Herramienta Círculo

 Se utiliza para dibujar entidades de círculo. Se activa la herramienta **Círculo** en la barra de herramientas **Dibujo** o desde el menú **Dibujo**. Método abreviado: C


1.10.2.6 Herramienta Polígono

 Se utiliza para para dibujar entidades de polígono regulares. Se activa la herramienta **Polígono** desde la barra de herramientas **Dibujo** o seleccionando **Polígono** desde el menú **Dibujo**.


1.10.3 Herramientas de Modificación

Son las herramientas que se utilizan para modificar formas existentes, aquí se describen en el orden en el que aparecen en el menú **Herramientas**.


1.10.3.1 Herramienta Mover

 Se utiliza para desplazar, alargar y copiar geometrías. Esta herramienta también se puede utilizar para efectuar rotaciones de componentes y grupos. Se activa la herramienta **Mover** desde la barra de herramientas de modificación o desde el menú **Herramientas**. Método abreviado: M

1.10.3.2 Herramienta Rotar

 Se utiliza para rotar, alargar, distorsionar o copiar entidades siguiendo un recorrido circular. Se activa la herramienta **Rotar** desde la barra de herramientas de modificación o desde el menú **Herramientas**. Método abreviado: Q

1.10.3.3 Herramienta Escala

 Se utiliza para cambiar de tamaño o ampliar partes de la geometría con respecto a otras entidades del modelo. Se activa la herramienta **Escala** desde la barra de herramientas de modificación o desde el menú **Herramientas**. Método abreviado: S

1.10.3.4 Herramienta Empujar/tirar



Se utiliza para empujar entidades de caras o tirar de ellas para añadir o reducir volumen en los modelos. Utiliza esta función para dar volumen a cualquier tipo de cara, ya sea circular, rectangular o abstracta. Se activa la herramienta **Empujar/tirar** desde la barra de herramientas de modificación o desde el menú **Herramientas**. Método abreviado: P

1.10.3.5 Herramienta Sígueme



Se utiliza para duplicar el perfil de una cara siguiendo un recorrido. Esta herramienta es especialmente útil para añadir detalles a un modelo, como molduras de techo, ya que puedes dibujar el perfil de la moldura en un extremo de una línea y prolongarlo en toda la extensión de la misma. Con la herramienta **Sígueme** se puede extruir una cara siguiendo un recorrido manual o automáticamente. Se activa la herramienta **Sígueme** desde el menú **Herramientas** o desde la barra de herramientas de modificación.

1.10.3.6 Herramienta Equidistancia




Se utiliza para crear copias de líneas y caras a una distancia uniforme de las originales. Puedes crear copias equidistantes de aristas o caras hacia adentro o hacia afuera respecto a la cara original. Aplicar esta operación a una cara supone siempre crear una cara nueva. Se activa la herramienta "Equidistancia" desde la barra de herramientas de modificación o desde el menú "Herramientas". Método abreviado: F

1.10.3.7 Herramienta Intersecar con modelo

Se utiliza para crear formas geométricas complejas. Esta herramienta permite intersecar dos elementos, como una caja y un cilindro, creando de forma automática aristas y caras nuevas donde los elementos se tocan. Estas caras se pueden empujar, se puede tirar de ellas o pueden eliminarse para crear una geometría nueva. Se activa la herramienta **Intersecar Caras con el modelo** en el menú contextual o desde el menú **Edición**.

1.10.3.8 Herramienta Situar textura

 En SketchUp, las imágenes de materiales se aplican en forma de mosaico, de forma que el patrón se repite horizontal y verticalmente hasta cubrir toda la extensión de la entidad pintada. La herramienta **Situar textura** se utiliza para ajustar un material sobre una superficie de varias formas, por ejemplo, cambiando su posición o tamaño, o bien distorsionando el material. Esta herramienta también permite llevar a cabo otras acciones sobre las imágenes, como envolver ángulos con una textura determinada o proyectar una textura sobre un modelo. Se activa la herramienta **Situar textura** en el menú contextual de una entidad de cara.

1.10.4 Herramientas Auxiliares

Las herramientas auxiliares se emplean para crear geometrías auxiliares o de construcción y para preparar documentación física, aquí se describen en el orden en el que aparecen en el menú **Herramientas**.

1.10.4.1 Herramienta Medir



Se utiliza para medir distancias, crear líneas o puntos de apoyo o cambiar la escala de un modelo. Se activa la herramienta **Medir** desde la barra de herramientas auxiliares o desde el menú **Herramientas**. Método abreviado: T

1.10.4.2 Herramienta Transportador



Se utiliza para medir ángulos y crear líneas auxiliares en ángulo. Se activa la herramienta **Transportador** desde la barra de herramientas auxiliares o desde el menú **Herramientas**.

1.10.4.3 Herramienta Ejes



Se utiliza para mover o reorientar los ejes de dibujo dentro del modelo. También se puede usar esta herramienta para permitir una reproducción a escala más precisa de los objetos que no estén orientados siguiendo los planos de coordenadas predeterminados. Se activa la herramienta **Ejes** desde la barra de herramientas auxiliares o desde el menú **Herramientas**.

1.10.4.4 Herramienta Acotación



Se utiliza para calcular y mostrar entidades de acotación en el modelo. Se activa la herramienta **Acotación** en la barra de herramientas auxiliares o el menú **Herramientas**.

1.10.4.5 Herramienta Texto



Se utiliza para insertar entidades de texto en el modelo. Se activa la herramienta **Texto** en la barra de herramientas auxiliares o desde el menú **Dibujo**.

1.10.4.6 Herramienta Texto 3D



Se utiliza para dibujar geometrías tridimensionales a partir de texto. Se activa esta herramienta desde la barra de herramientas auxiliares o desde el menú **Herramientas**.

1.10.4.7 Herramienta Plano de sección



Se utiliza para crear efectos de corte de sección que permiten visualizar la geometría del modelo. Puedes activar la herramienta **Plano de sección** desde la barra de herramientas auxiliares o desde el menú **Herramientas**.

1.10.5 Herramientas de Cámara


Las herramientas de cámara se utilizan para manipular el punto de vista del modelo, aquí se describen en el orden en el que aparecen en el menú **Cámara**.

1.10.5.1 Anterior

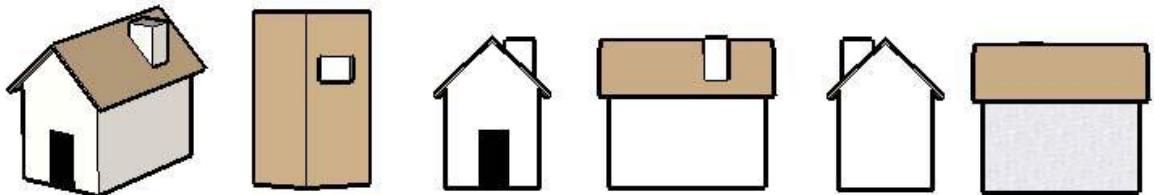


Se utiliza para volver a la vista anterior del modelo. Esta opción se puede utilizar después de emplear las herramientas **Orbitar**, **Desplazar**, **Situar cámara**, **Girar** o cualquier herramienta de zoom. Se activa la opción **Anterior** desde la barra de herramientas **Cámara** o desde el menú **Cámara**.

1.10.5.2 Siguiete

 Se utiliza la opción **Siguiete** para avanzar a la siguiente vista del modelo. Esta opción se puede utilizar después de emplear las herramientas **Orbitar**, **Desplazar**, **Situar cámara**, **Girar** o cualquier herramienta de zoom. Se activa la opción **Siguiete** desde el menú **Cámara**.

1.10.5.3 Vistas estándar



SketchUp ofrece varios puntos de vista estándar predefinidos, estos son: Isométrico (Mayúsculas + 1), **Planta** (Mayúsculas + 2), **Inferior** (Mayúsculas + 3), **Frontal** (Mayúsculas + 4), **Posterior** (Mayúsculas + 5), **Derecha** (Mayúsculas + 6), **Izquierda** (Mayúsculas + 7). Se selecciona una vista estándar desde la barra de herramientas **Vistas** o desde el menú **Cámara**.

1.10.5.4 Adaptación de fotografías

Se utiliza para crear un modelo 3D a partir de una fotografía o bien para adaptar un modelo 3D existente al contexto de una fotografía. Puedes acceder a las opciones **Adaptar nueva fotografía** y **Editar fotografía adaptada** desde el menú **Cámara**.

1.10.5.5 Herramienta Orbitar



Se utiliza para rotar la cámara alrededor del modelo. Esta herramienta es útil para visualizar la geometría desde el exterior. Se activa la herramienta **Orbitar** desde la barra de herramientas **Cámara** o desde el menú **Cámara**. Método abreviado: O

1.10.5.6 Herramienta Desplazar



Se utiliza para mover la cámara (la vista) horizontal o verticalmente. Se activa la herramienta **Desplazar** desde la barra de herramientas Cámara o desde el menú **Cámara**. Método abreviado: H

1.10.5.7 Herramienta Zoom



Se utiliza para acercar o alejar la cámara (la vista). Se activa la herramienta **Zoom** desde la barra de herramientas **Cámara** o desde el menú **Cámara**. Método abreviado: Z

1.10.5.8 Herramienta Ventana de Zoom



Se utiliza para ampliar con el zoom una parte concreta del modelo. Se activa la herramienta "Ventana de zoom" desde la barra de herramientas "Cámara" o desde el menú "Cámara".

1.10.5.9 Herramienta Ver modelo centrado



Se utiliza para situar la cámara a una distancia que permita ver todo el modelo y que quede centrado en el área de dibujo. Se activa la herramienta **Ver modelo centrado** desde la barra de herramientas **Cámara** o desde el menú **Cámara**. Método abreviado: Mayúsculas + Z

1.10.5.10 Aplicar Zoom a fotografía

Se utiliza para mover la cámara (la vista) de manera que toda la fotografía se ajuste al área de dibujo. Esta opción se encuentra disponible mientras se utiliza **Adaptar fotografía**. Se activa desde la barra de herramientas **Cámara** o desde el menú **Cámara**.

1.10.6 Herramientas de Paseo


Las herramientas de paseo se utilizan para visualizar el modelo como si se estuviera caminando por él, aquí se describen en el orden en el que aparecen en el menú **Cámara**.

1.10.6.1 Herramienta Situar cámara




Se utiliza para colocar la cámara (la vista) a una altura determinada, para que se pueda examinar la línea de visión de un modelo o pasear por el mismo. Se activa la herramienta **Situar cámara** desde la barra de herramientas de paseo o desde el menú **Cámara**.

1.10.6.2 Herramienta Caminar

 Se utiliza para moverte por el modelo de SketchUp como si estuvieses caminando por él físicamente. La herramienta **Caminar** fija la cámara a una altura determinada y permite desplazarla por el modelo. La herramienta **Caminar** sólo está disponible en modo **Perspectiva**. Se activa la herramienta **Caminar** desde la barra de herramientas de paseo o desde el menú **Cámara**.

1.10.6.3 Herramienta Girar

 Se utiliza para pivotar la cámara (la vista) alrededor de un punto fijo. La herramienta **Girar** ofrece una vista parecida a la que tendría una persona quieta moviendo la cabeza de arriba a abajo (panorámica vertical) o de lado a lado (panorámica horizontal). Es útil para ver el interior de un espacio o para evaluar la visibilidad después de utilizar la herramienta **Situar cámara**. Se activa la herramienta **Girar** desde la barra de herramientas de paseo o desde el menú **Cámara**.

2 MODELADO DE MAQUINAS

Objetivo: Desarrollar un ejercicio completo donde se observe el modelado tridimensional de un torno para madera utilizando las herramientas de Google SketchUp 8.

2.1 PRIMER PASO: PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO

Es imprescindible estar al tanto de las dimensiones y detalles particulares de las maquinas, herramientas y equipos de proceso que afectan la ordenación y la relación con otra maquina para alcanzar una utilización efectiva.

Para realizar el siguiente ejercicio examine en las imagenes **Vista superior** y **Vista frontal** las dimensiones y detalles particulares del torno para madera planteadas con el objetivo de desarrollar paso a paso el modelado tridimensional de una maquina utilizando las herramientas de Google SketchUp 8.

Ilustración 35. Vista superior del torno

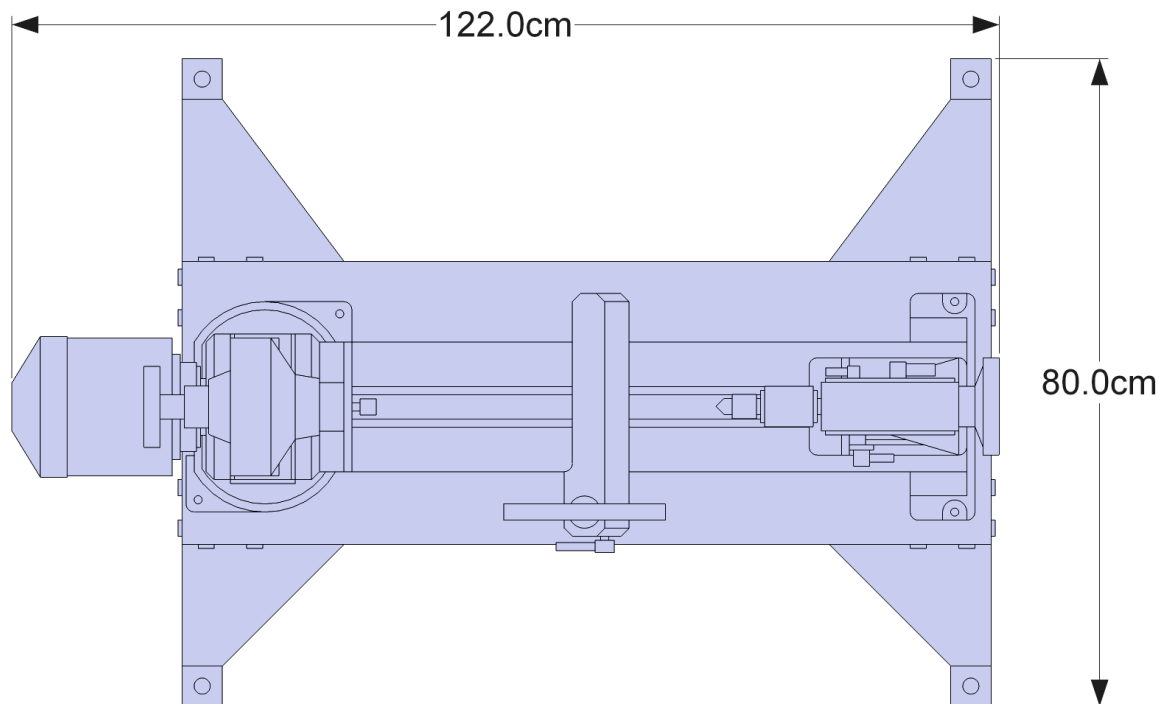
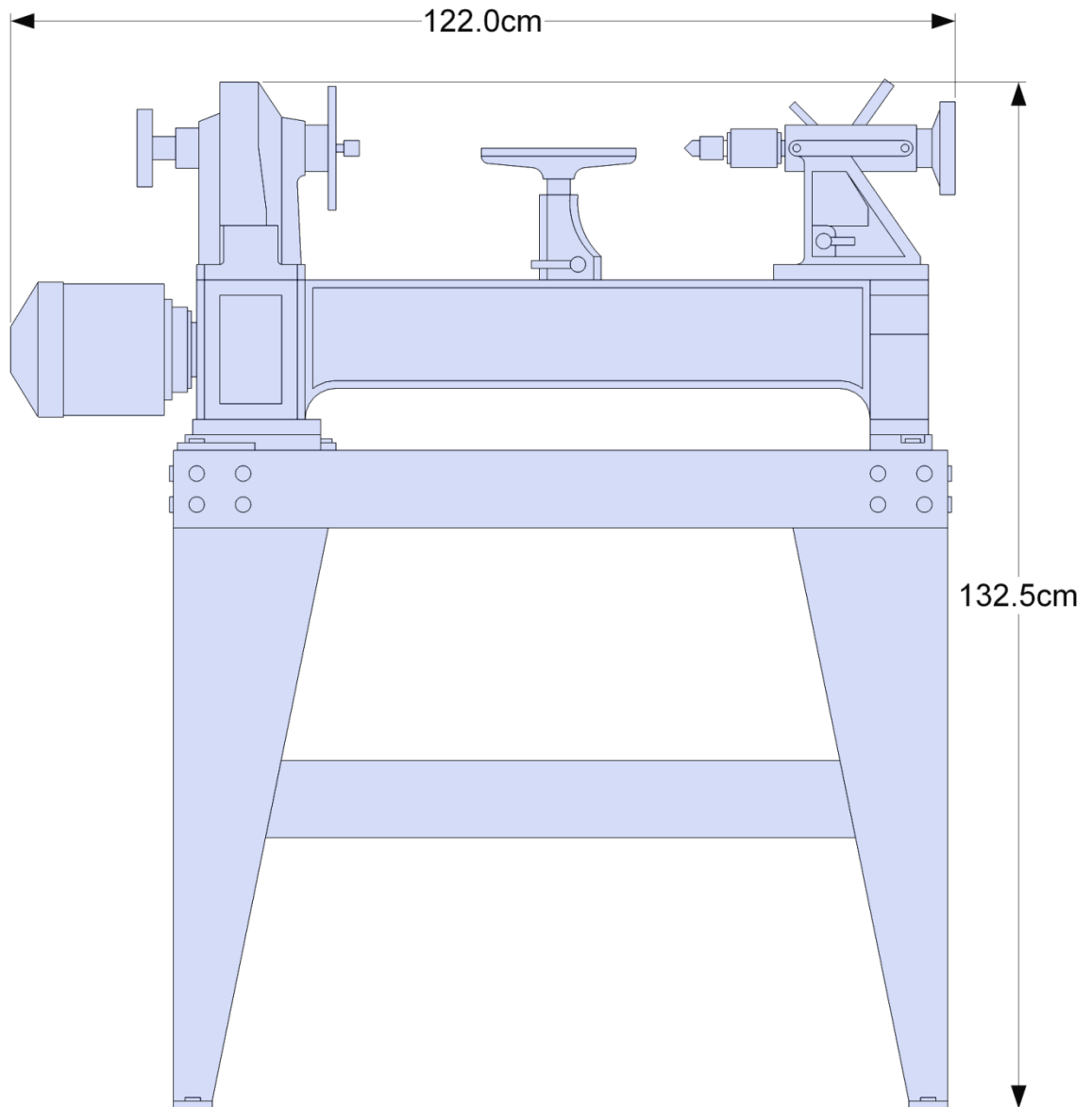


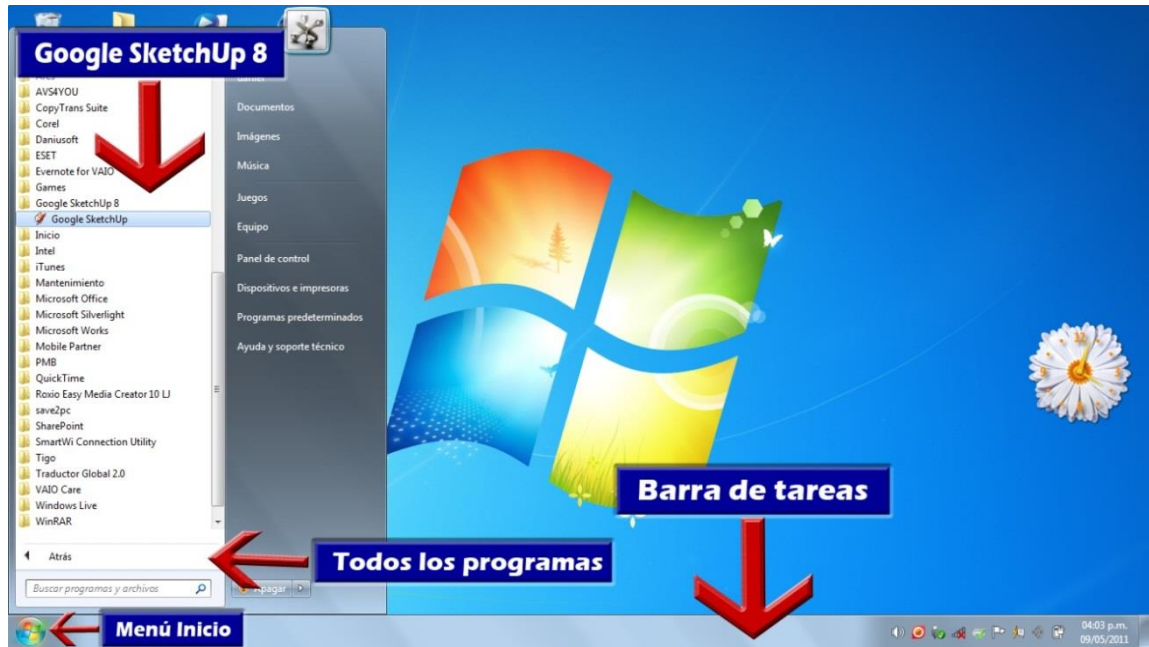
Ilustración 36. Vista frontal del torno



2.2 SEGUNDO PASO: PREPARAR EL PROYECTO DE MODELADO

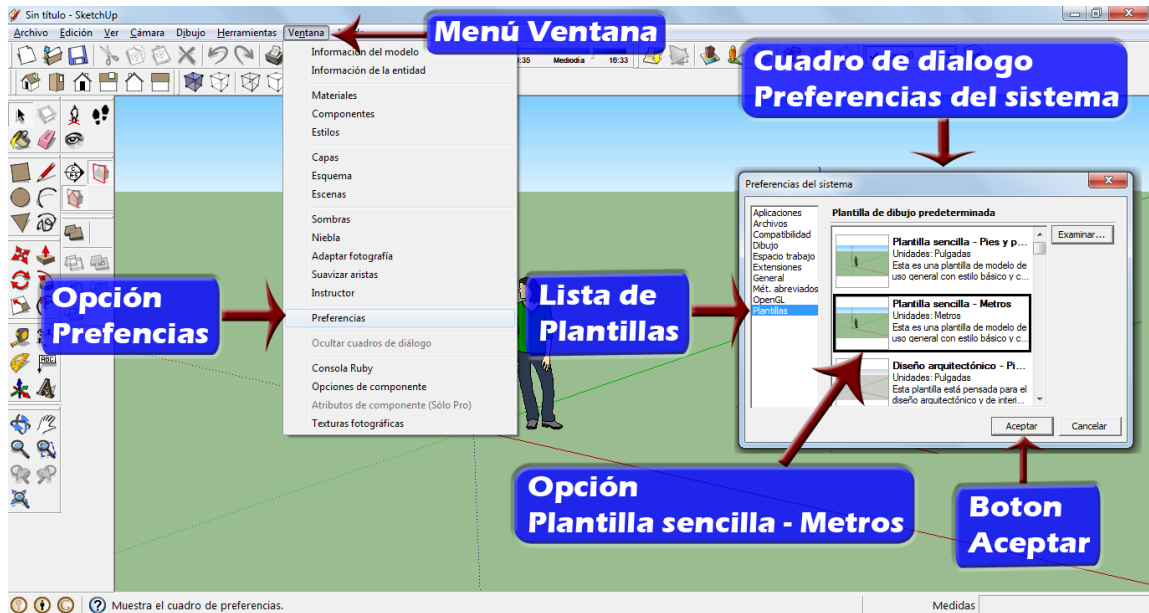
En la **Barra de tareas** de Microsoft despliegue el menú **Inicio** y abra la lista **Todos los programas** ubicando la carpeta de acceso a **Google SketchUp 8** y ejecute el programa **Google SketchUp**.

Ilustración 37. Acceso a Google SketchUp 8



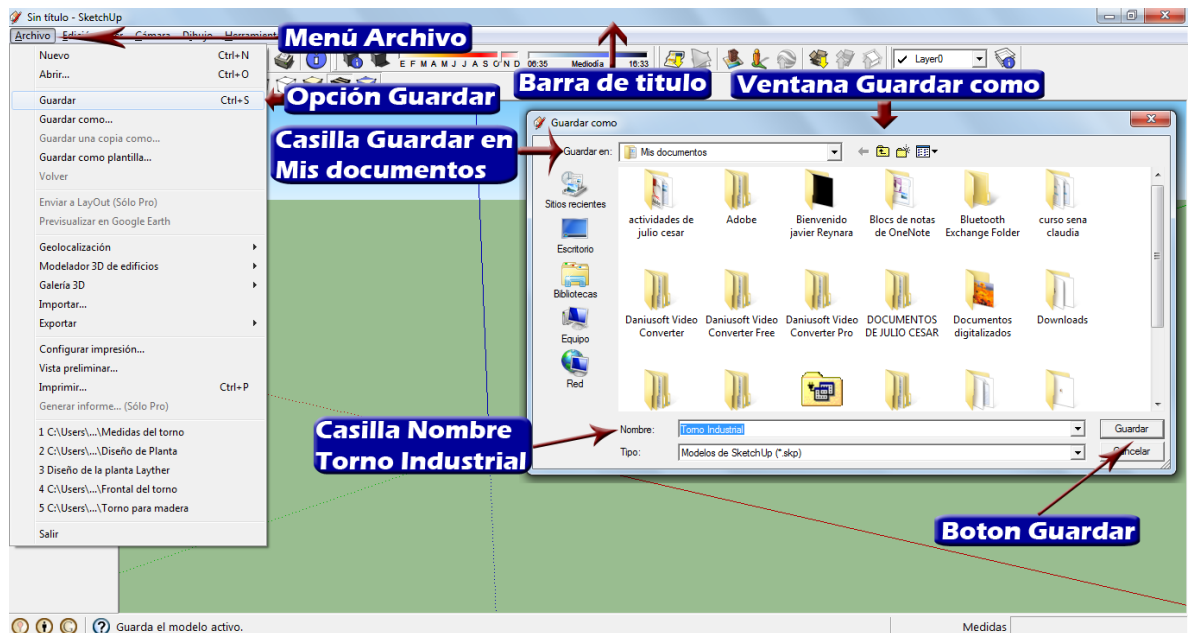
Al desplegar el menú **Ventana** seleccione la opción **Preferencias** para abrir el cuadro de dialogo **Preferencias del sistema**, luego elija en la opción **Plantillas** la **Plantilla sencilla - Metros** y haga clic en el botón **Aceptar**.

Ilustración 38. Selección de preferencias



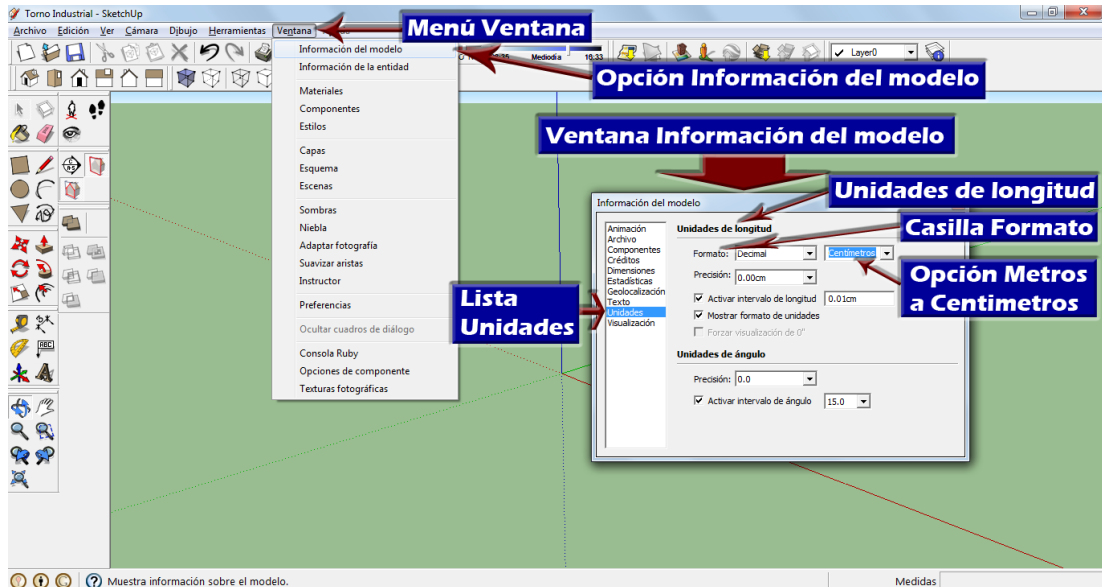
Despliegue el menú **Archivo** y seleccione la opción **Guardar** para abrir el cuadro de dialogo **Guardar como**, luego ubíquese en la casilla **Guardar en:** y elija la dirección **Mis documentos**, además designe en la casilla **Nombre** el proyecto como **Torno Industrial** y ejecute la orden **Guardar**. Si ha guardado correctamente observara el cambio del nombre en la **Barra de título**.

Ilustración 39. Ventana Guardar como



Extienda el menú **Ventana** y escoja la opción **Información del modelo**, entonces en la lista **Unidades** realice el cambio de las **Unidades de longitud** en la casilla **Formato** de **Metros** a **Centímetros**, despues ejecute la orden **Cerrar**.

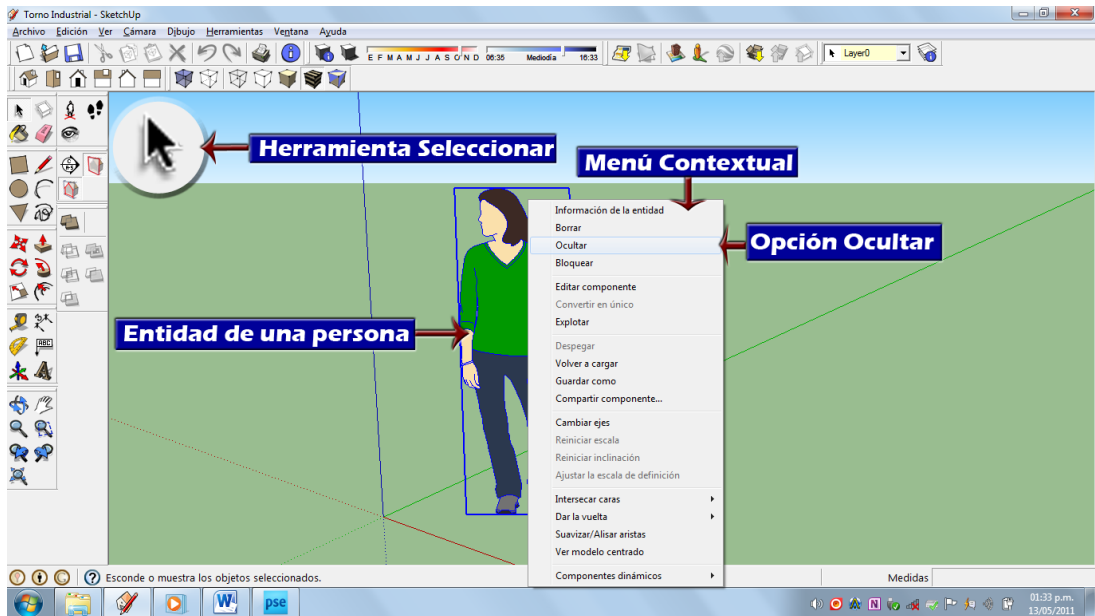
Ilustración 40. Formato de unidades



2.3 TERCER PASO: EMPEZAR A MODELAR LA MESA

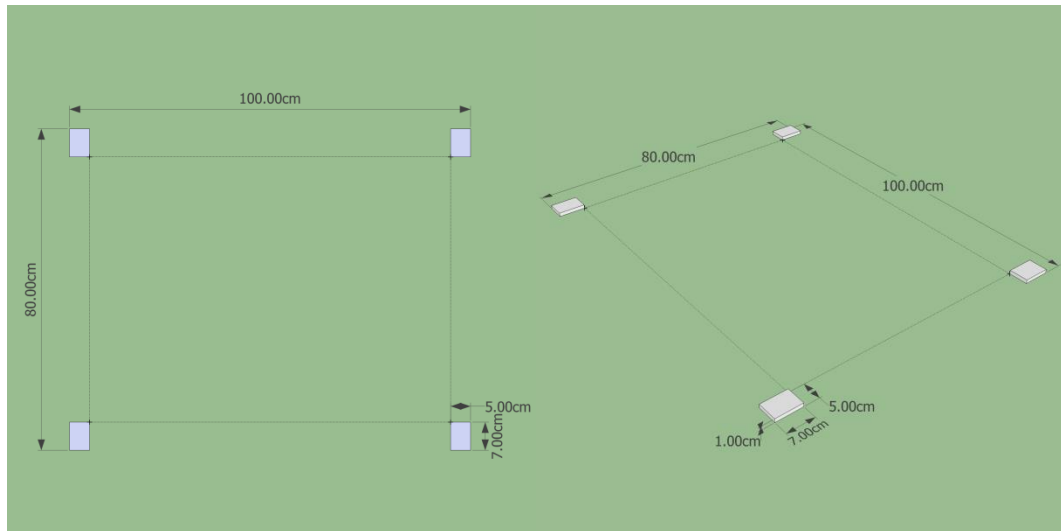
Con la herramienta **Seleccionar** elija la entidad de la persona, con el boton derecho del mouse despliegue el menú contextual y seleccione la opción **Ocultar**.

Ilustración 41. La entidad de la persona



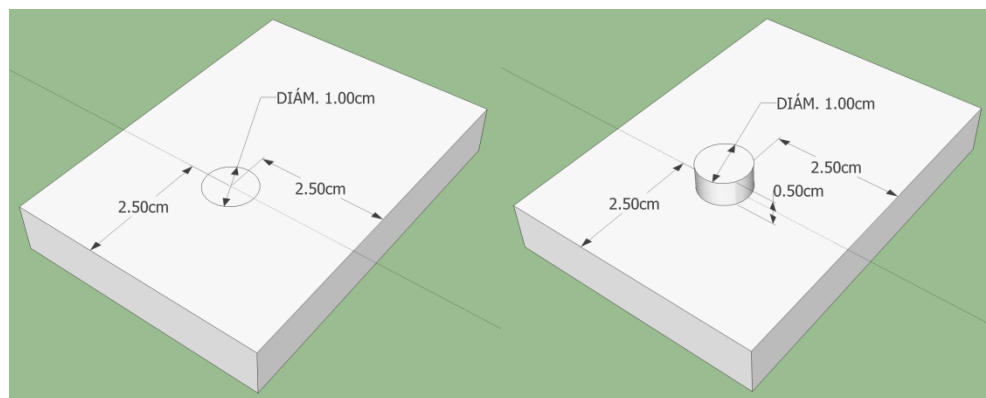
Cambie el área de dibujo a la vista **Planta**, con la herramienta **Rectángulo** dibuje las cuatro bases siguiendo las medidas presentadas y utilice la herramienta **Medir** para crear guías en el dibujo. Remplace el área de dibujo a la vista **Isométrica** y utilice la herramienta **Empujar/tirar** para darle volumen al levantar las caras.

Ilustración 42. Bases de apoyo



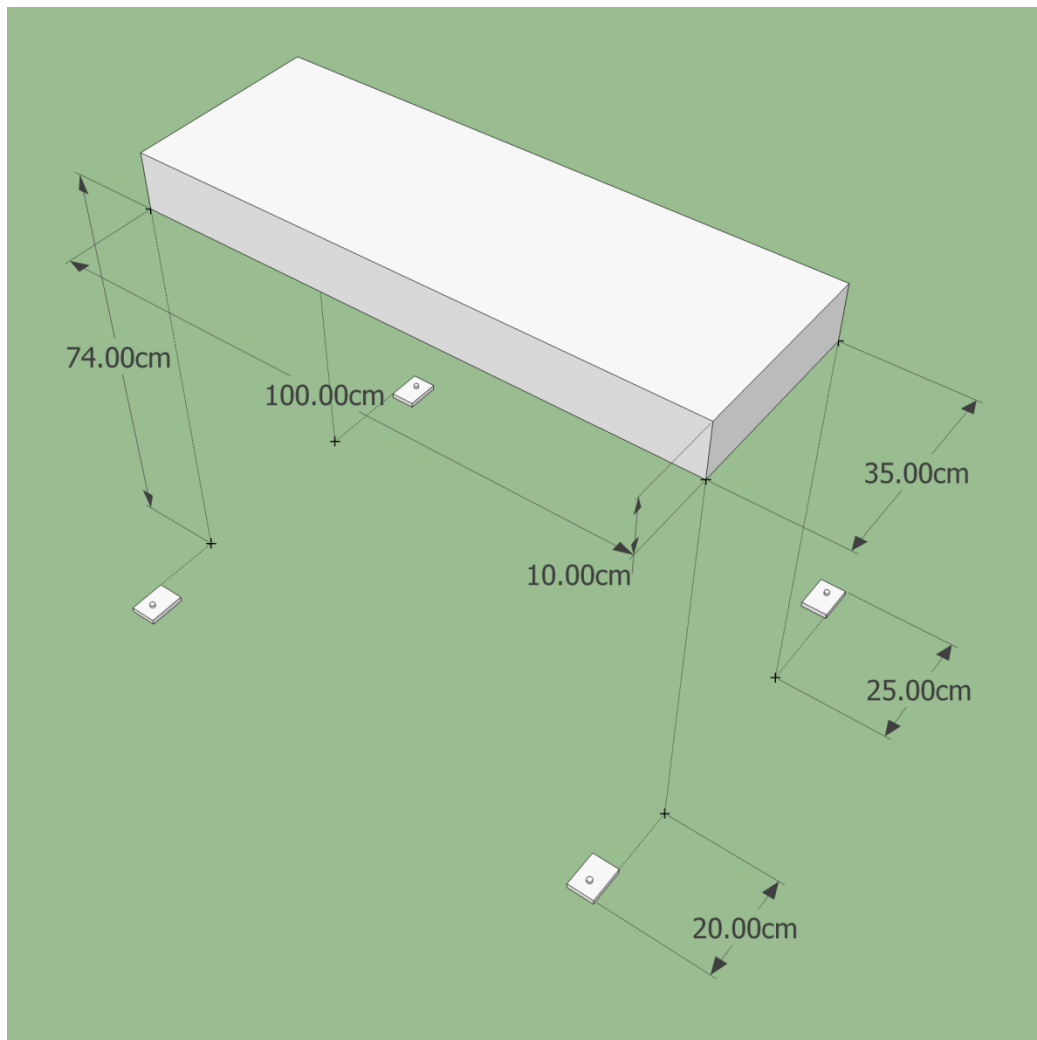
Elija y oculte las guías usadas inicialmente. Después cree nuevas guías con la herramienta **Medir** y utilice la herramienta **Círculo** para dibujar la cabeza de los tornillos en las cuatro bases de apoyo, luego con la herramienta **Empujar/tirar** levante la cara de los círculos para darle altura.

Ilustración 43. Cabeza de los tornillos



Con la herramienta **Medir** trace las guías necesarias en el área de dibujo para diseñar el cuadrilátero con la herramienta **Rectángulo**, ahora levante la cara con la herramienta **Empujar/tirar** para darle volumen.

Ilustración 44. Cuadrilátero para la mesa



Trace con la herramienta **Línea** las aristas para conseguir la forma de **L** sobre la cara superior de las bases, utilice la herramienta **Orbitar** para cambiar el punto de vista y dibujar sobre la cara inferior de la mesa las figuras en **L** ampliando las dimensiones, luego empalme correctamente cada esquina con la herramienta **Línea** para formar las caras que daran el volumen de los soportes en la mesa.

Ilustración 45. Figuras en forma de L

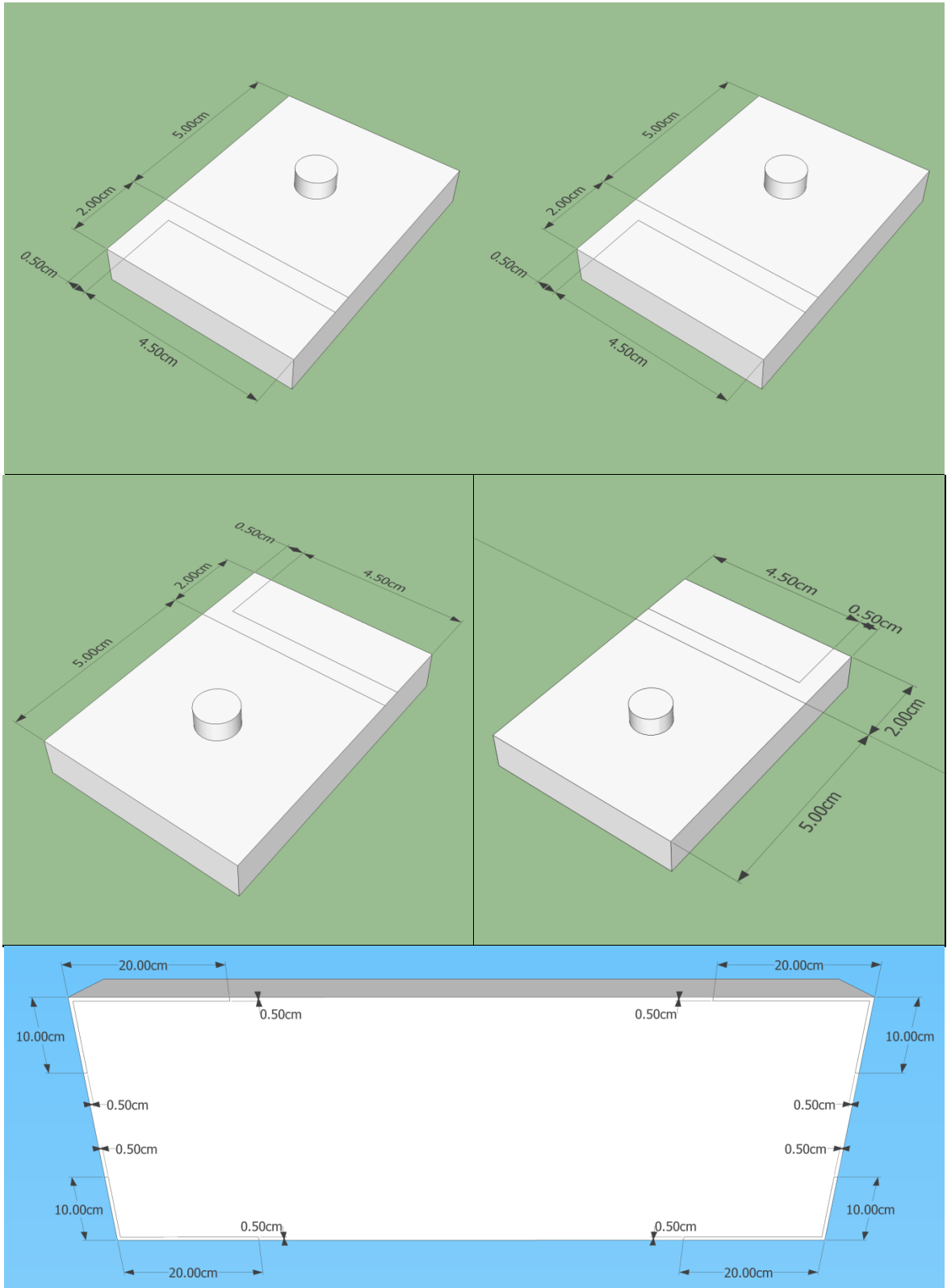
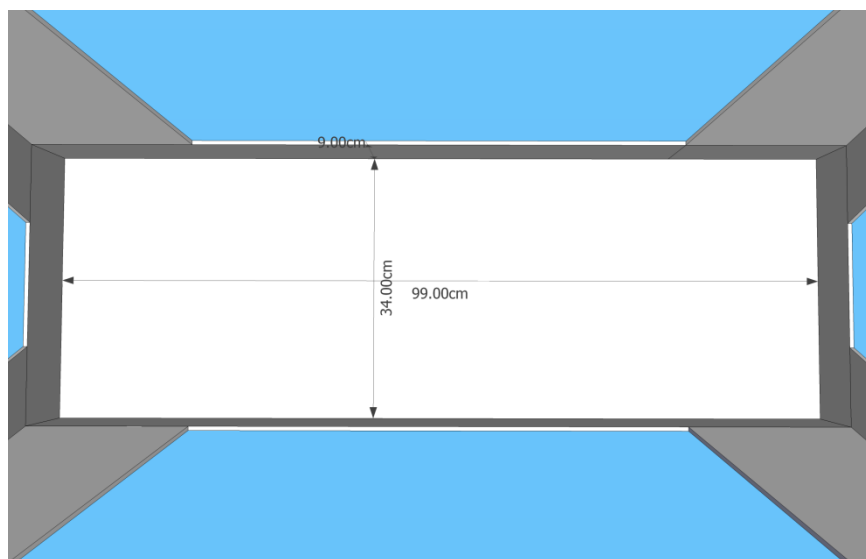


Ilustración 46. Soportes en forma de L



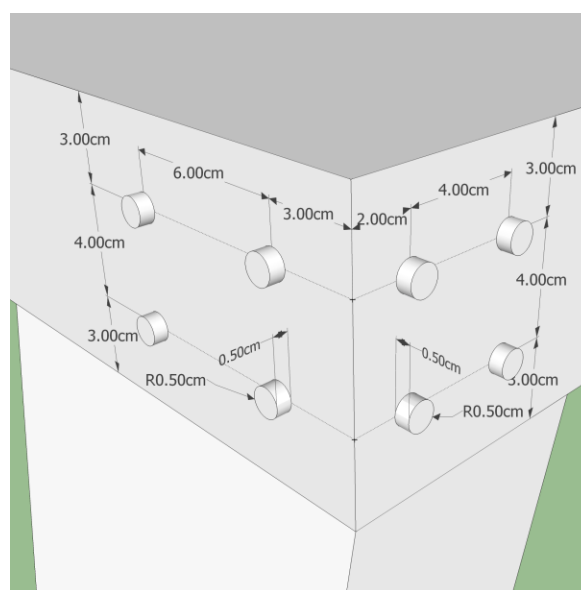
Elija la herramienta **Orbitar** para situar la vista del modelo por debajo de la mesa y trace con la herramienta **Línea** un rectángulo en el punto final de los soportes, cambie a la herramienta **Empujar/tirar** y lleve la cara hacia adentro.

Ilustración 47. Por debajo de la mesa



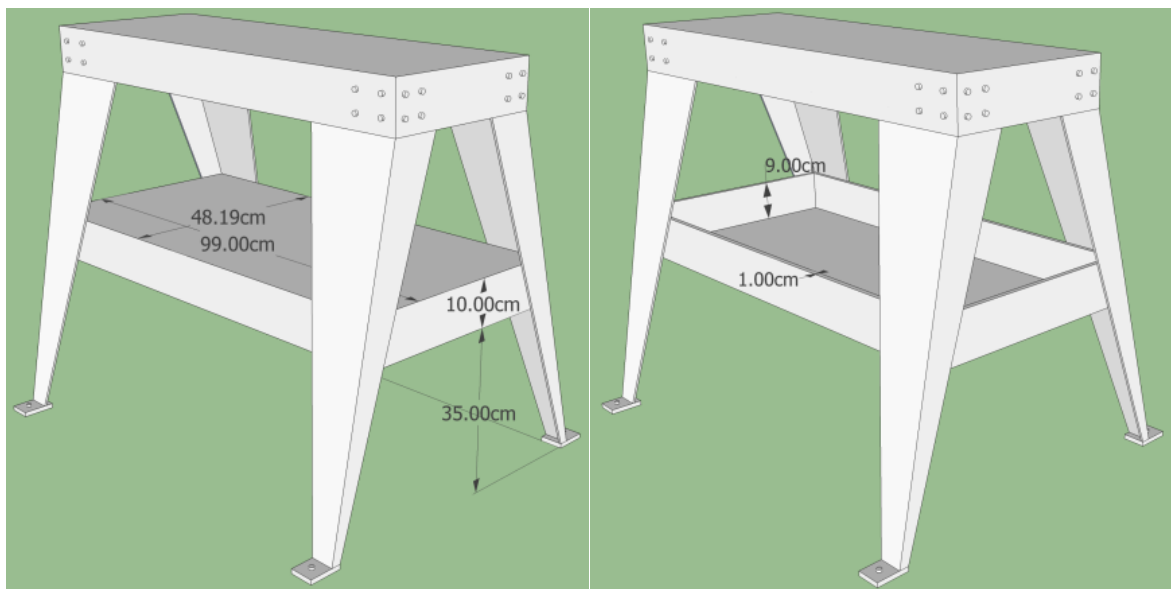
Aplique la herramienta **Zoom** en la vista de la cámara a una esquina de la mesa, con la herramienta **Medir** trace guías en los ejes centrales para los tornillos, dibuje con la herramienta **Círculo** las circunferencias necesarias y levante con la herramienta **Empujar/tirar** para obtener los tornillos. Utilizando la herramienta **Orbitar** gire el modelo para continuar en el resto de las caras.

Ilustración 48. Tornillos de la mesa



Ubique con la herramienta **Orbital** y **Zoom** la parte inferior de la mesa para dibujar con la herramienta **Línea** a una altura media un cuadrilatero. Elija la vista **Isométrica** y con la herramienta **Zoom** retire lo suficiente el modelo, con la herramienta **Empujar/tirar** arrastre la cara del rectángulo hasta la cara opuesta del soporte. Con la herramienta **Equidistancia** trace un nuevo rectángulo en la cara y con la herramienta **Empujar/tirar** arrastrela hacia el interior.

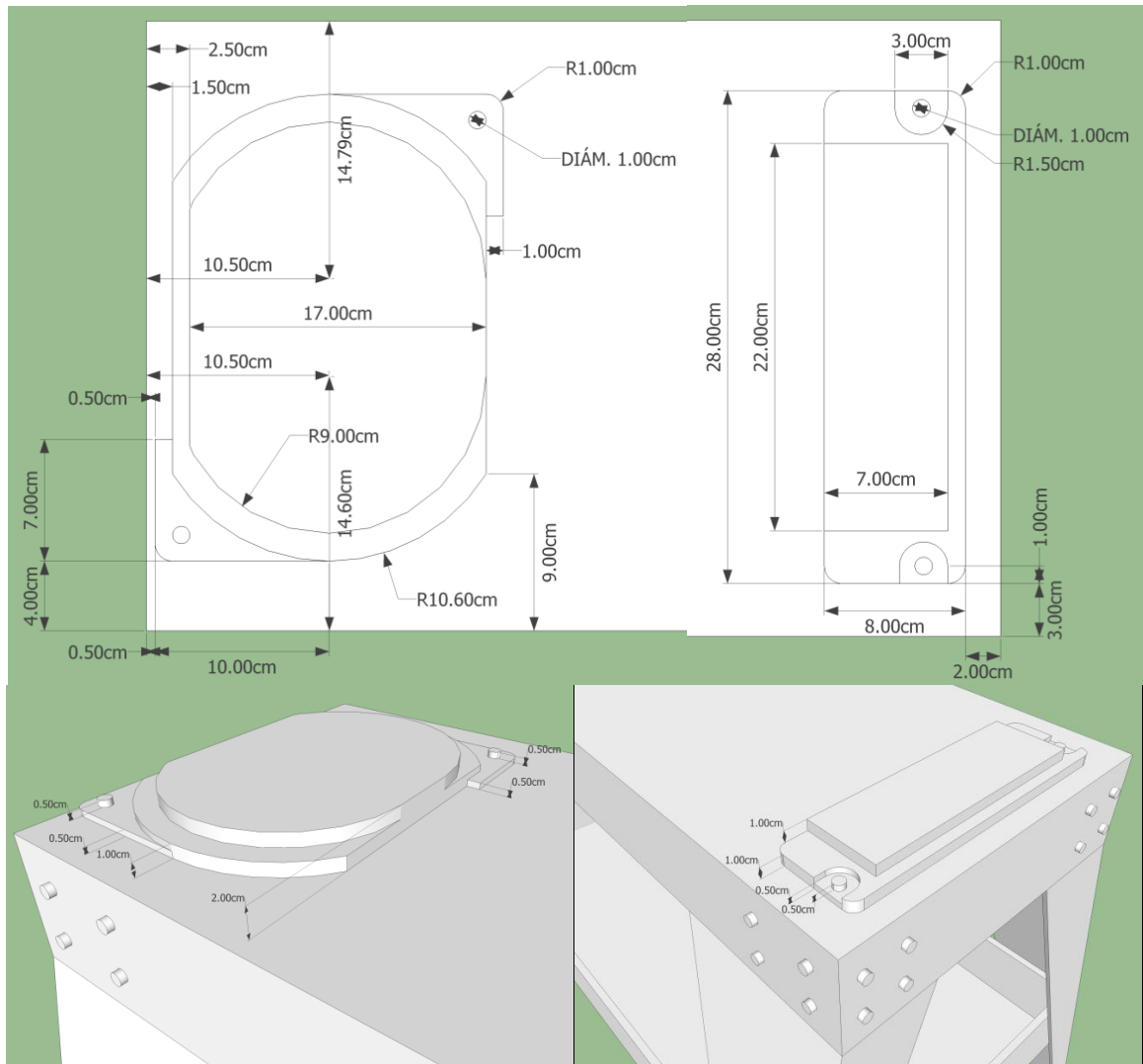
Ilustración 49. Creación del bastidor



2.4 CUARTO PASO: PLATAFORMAS Y EL ARMAZÓN

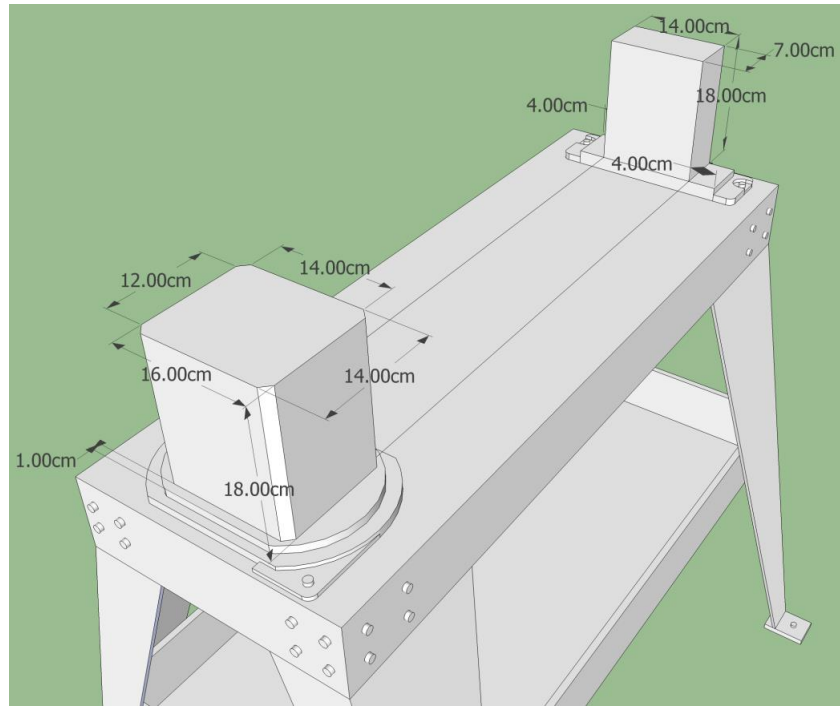
Cambie a la vista de **Planta** para modelar las plataformas y utilice las herramientas **Zoom** y **Desplazar** para situar la vista en el modelo, seleccione las herramientas **Línea**, **Círculo** y **Arco** para dibujar las bases sobre la cara superior de la mesa. Después ir a la vista **Isométrica** para observar el volumen a generar, levante con la herramienta **Empujar/tirar** el plano para esculpir un modelo tridimensional.

Ilustración 50. Creación de las plataformas



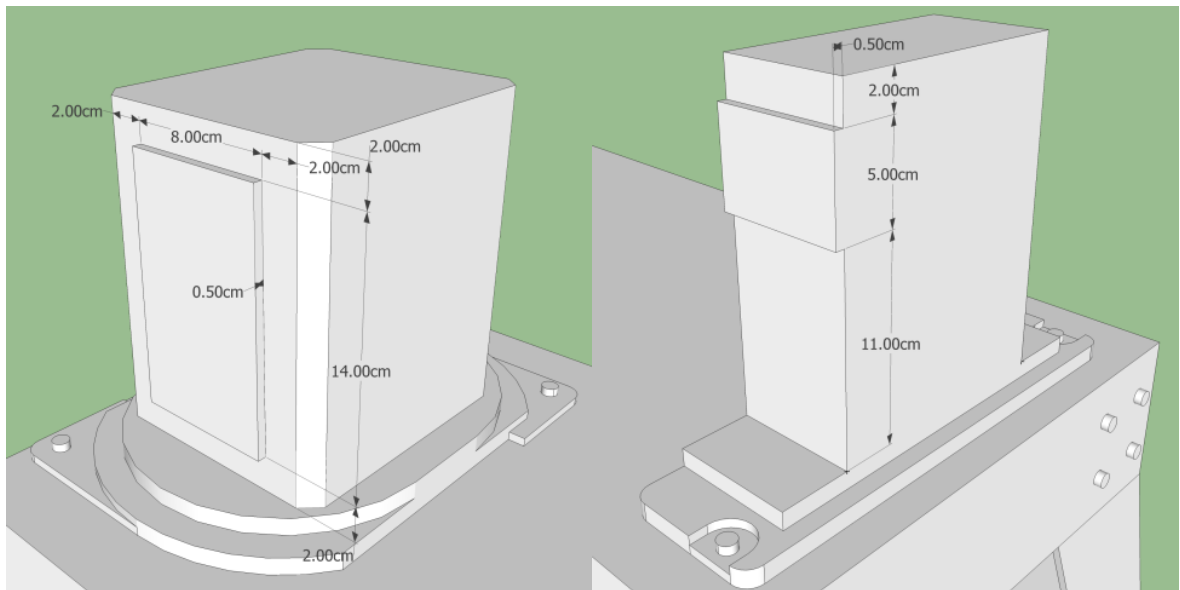
Con la herramienta **Rectangulo** trace sobre la cara superior de la plataforma derecha un cuadrilatero y utilice la herramienta **Empujar/tirar** para realzar, proyecte con la herramienta **Medir** dos líneas de guía entre el sólido creado y la cara superior de la plataforma izquierda, observe que para ambas plataformas existen líneas de unión paralelas sobre el cual encajar el armazon, dibuje con la herramienta **Línea** la base para crear la caja de velocidades y levante la cara con la herramienta **Empujar/Tirar** formando el volumen.

Ilustración 51. Creación de la caja de control



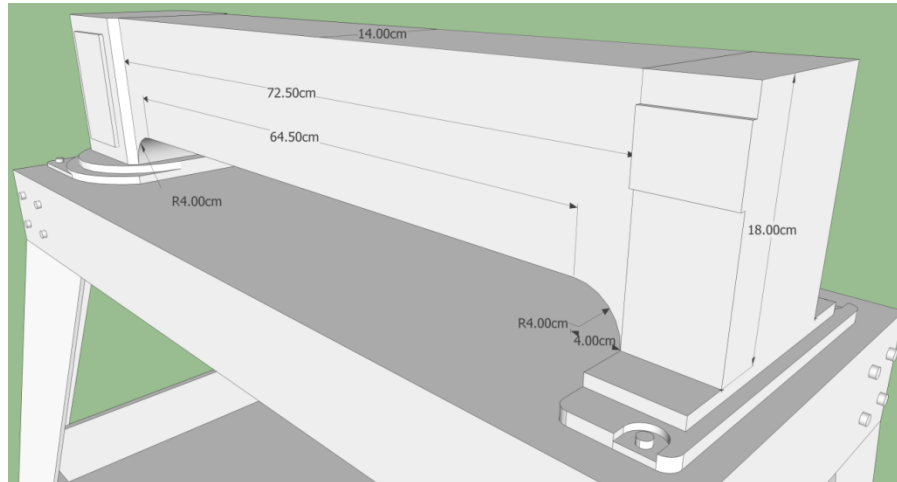
Manteniendo la vista **Isométrica** utilice la herramienta **Línea** para trazar detalles en el modelo y levante la cara con la herramienta **Empujar/tirar** hacia el exterior.

Ilustración 52. Detalles en la caja de control



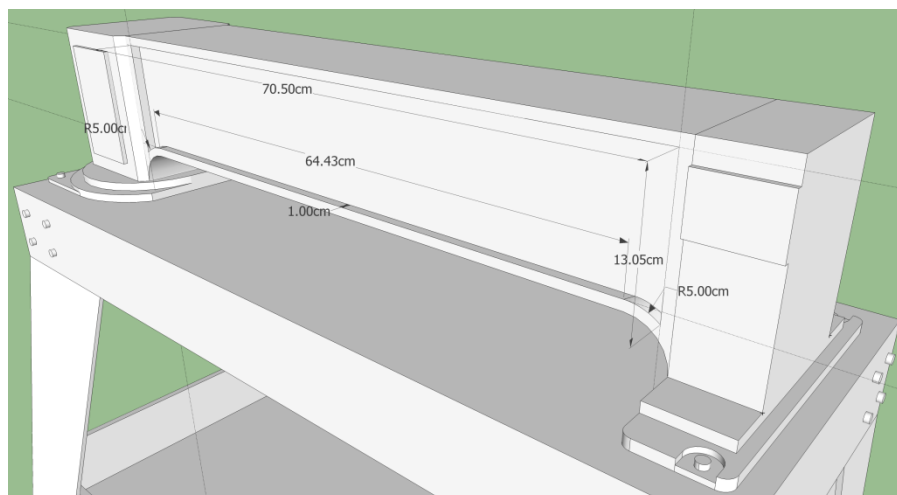
Utilice las herramientas **Lapíz** y **Arco** para dibujar una cara de union entre las plataformas, luego con la herramienta **Arco** fije el centro de las curvas internas y con la herramienta **Empujar/tirar** lleve la cara hacia atrás.

Ilustración 53. Creación del amazon



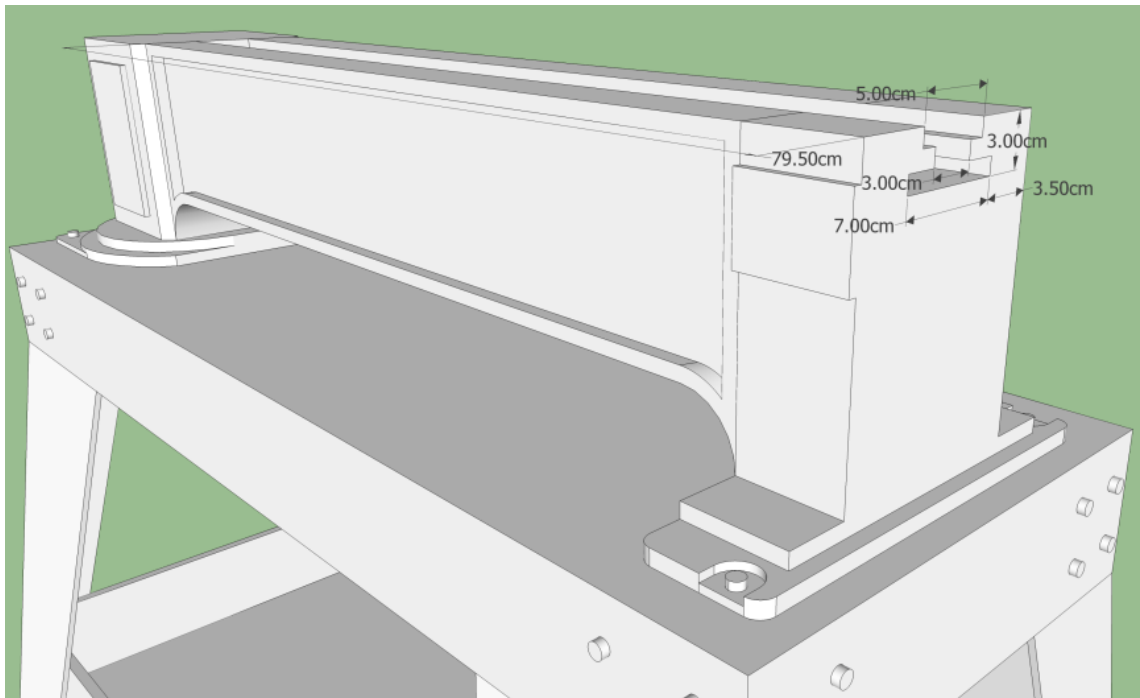
En el interior de la cara del amazon trace con las herramientas **Línea** y **Arco** una entidad similar a la exterior y llevala hacia el interior con la herramienta **Empujar/tirar** a una distancia corta.

Ilustración 54. Detalle en el amazon



Dibuje con la herramienta **Línea** el carril por el cual se desliza el cabezal móvil y carro porta herramientas al lado derecho y arrastre hacia el interior con la herramienta **Empujar/tirar** para generar la abertura.

Ilustración 55. Abertura del carril

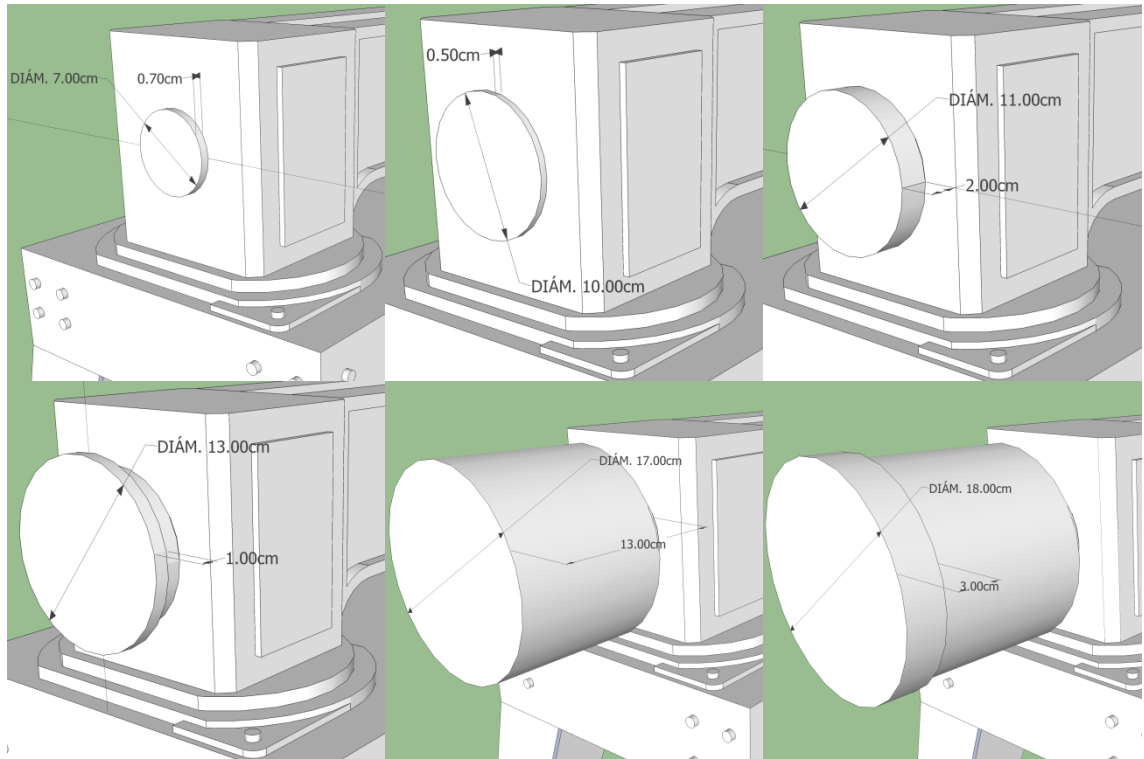


2.5 QUINTO PASO: EL MOTOR

Utilice la herramienta **Orbital** para girar la vista alrededor del modelo y seleccione la vista **Isométrica** con el fin de situar una nueva perspectiva en el modelo.

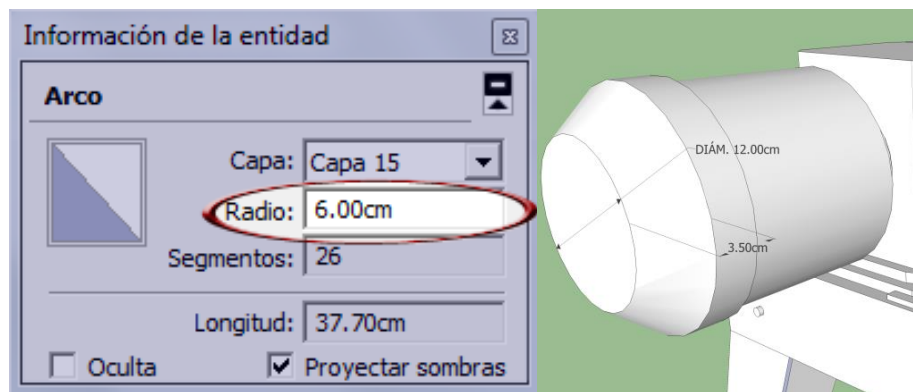
Con la herramienta **Medir** cree un punto de guía centrado en la caja de control de velocidad y seleccione la herramienta **Círculo** para dibujar los discos desde el punto central, extienda con la herramienta **Empujar/tirar** las caras de cada disco para formar los cilindros y elimine los puntos de guía con la herramienta **Borrar** dejando libre el modelo.

Ilustración 56. Creación del motor



Marque con la herramienta **Medir** un punto externo, luego con la herramienta **Círculo** trace una circunferencia de radio similar y lleve la cara con la herramienta **Empujar/tirar** hasta el motor. Elija con la herramienta **Selección** la entidad círculo establecida en el exterior, despliegue el menú **Ventana** y escoja la opción **Información de la entidad** en el cuadro de dialogo reduciendo el valor del **Radio**.

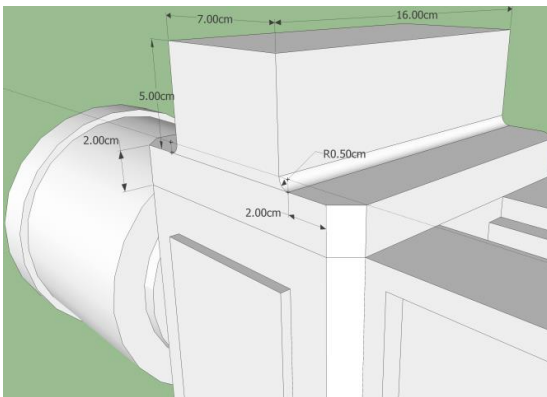
Ilustración 57. Creación de la tapa



2.6 SEXTO PASO: EL CABEZAL FIJO

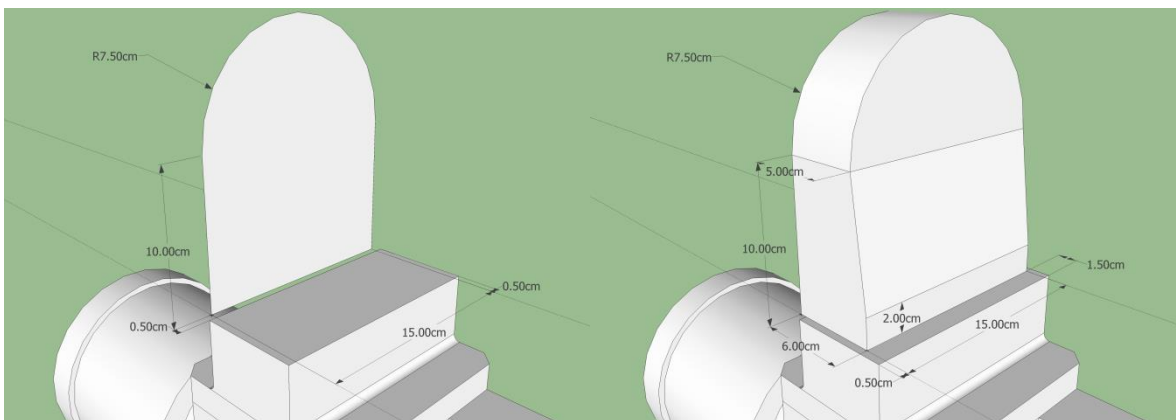
Utilice la herramienta **Empujar/tirar** para elevar la cara superior de la caja de control de velocidades. Al frente dibuje con las herramientas **Línea** y **Arco** la cara de un cuadrado y con la herramienta **Empujar/tirar** arrastrela hacia atrás para formar un rectángulo.

Ilustración 58. Base del cabezal fijo



Utilice la herramienta **Medir** e indique el punto desde el cual dibujar la cara máxima del cabezal fijo haciendo uso de las herramientas **Círculo** y **Línea** y con la herramienta **Empujar/tirar** llevala hacia adelante, luego con la herramienta **Línea** complete el extremo inferior del módulo.

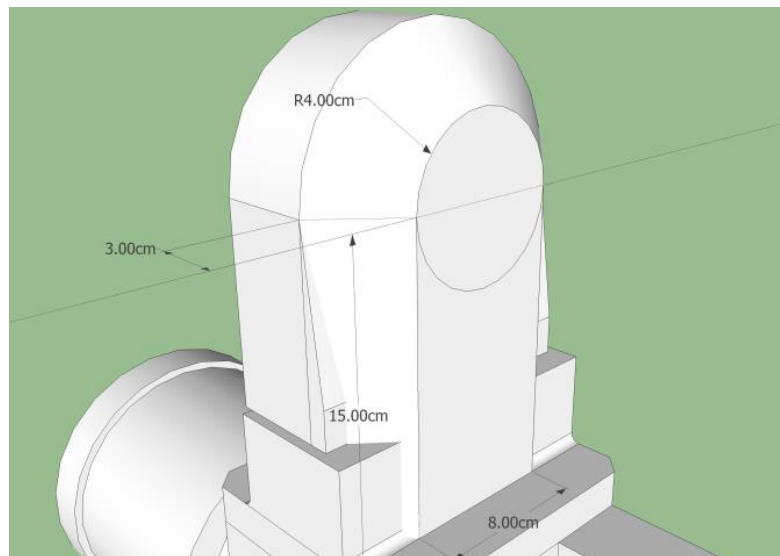
Ilustración 59. Inicio del cabezal fijo



Trace una línea guía con la herramienta **Medir** al frente del punto central del disco para dibujar con la herramienta **Círculo** una circunferencia con un radio igual y llevandolo con la herramienta **Empujar/titar** hacia el cabezal, luego con la herramienta **Selección** elija la primera entidad del exterior para que despliegue el menu **Ventana** y escoja la opción **Informacion de la entidad** que abre el cuadro de dialogo para reducir el **Radio** y crear la forma de un cono.

Dibuje con la herramienta **Línea** hasta completar las caras de un trapecio que ingrese en la base para unir el cono con el cabezal, utilice la herramienta selección para escoger las dos caras creadas y desplegando el menu contextual ejecute la opción **Intersecar caras con el modelo**.

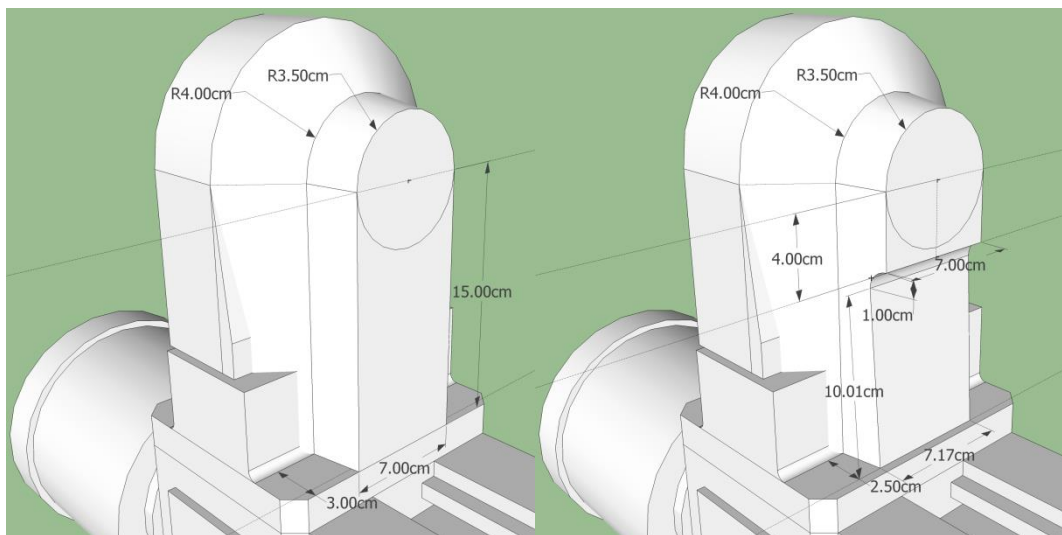
Ilustración 60. Segmento del cabezal fijo



Establezca con la herramienta **Medir** un punto guía al frente del segmento para dibujar con la herramienta **Cículo** una circunferencia con radio igual y arrastre la cara con la herramienta **Empujar/tirar** hacia el cabezal, luego con la herramienta **Selección** elija la entidad exterior y expanda el menu **Ventana** para elegir la opcion **Información del modelo** donde redusca el valor del **Radio** y acople con la herramienta **Línea** el bloque inferior.

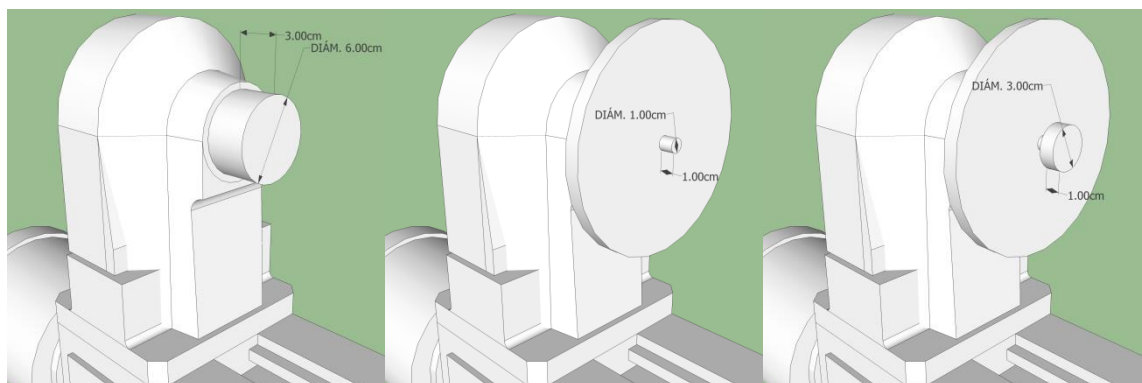
Siguiendo los ejes de dibujo trace una nueva cara con las herramientas **Línea** y **Arco** en un punto lateral y arrastrela con la herramienta **Empujar/tirar** hacia el segmento opuesto, luego con la herramienta **Selección** escoja toda la entidad y desplegando el menu contextual con el boton derecho del raton elija la opción **Intersecar caras con el modelo**, despues elimine con la herramienta **Cortar** las aristas sobrantes en el modelo del cabezal.

Ilustración 61. Elemento del cabezal fijo



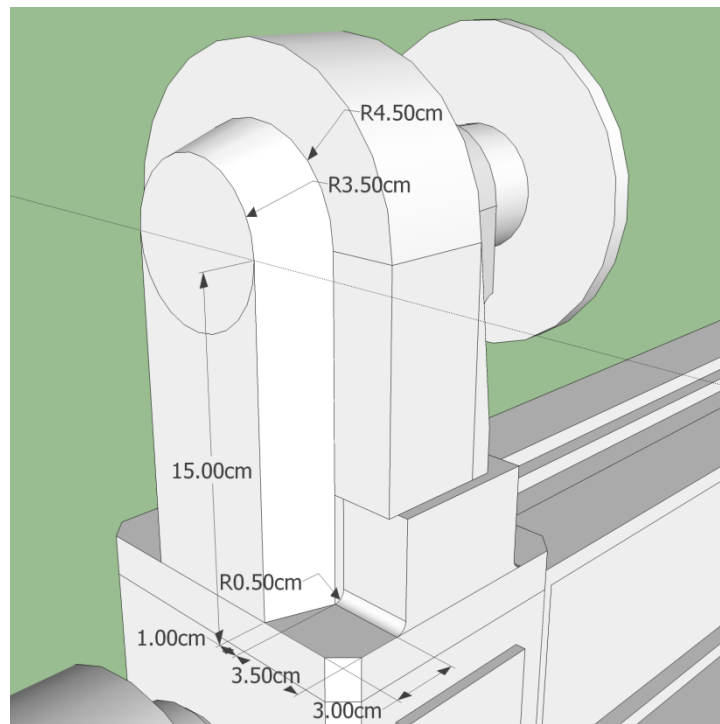
Desde el punto central de cada circunferencia trace con la herramienta **Círculo** los discos y arrastrelos hacia adelante con la herramienta **Empujar/tirar**.

Ilustración 62. Discos del cabezal fijo



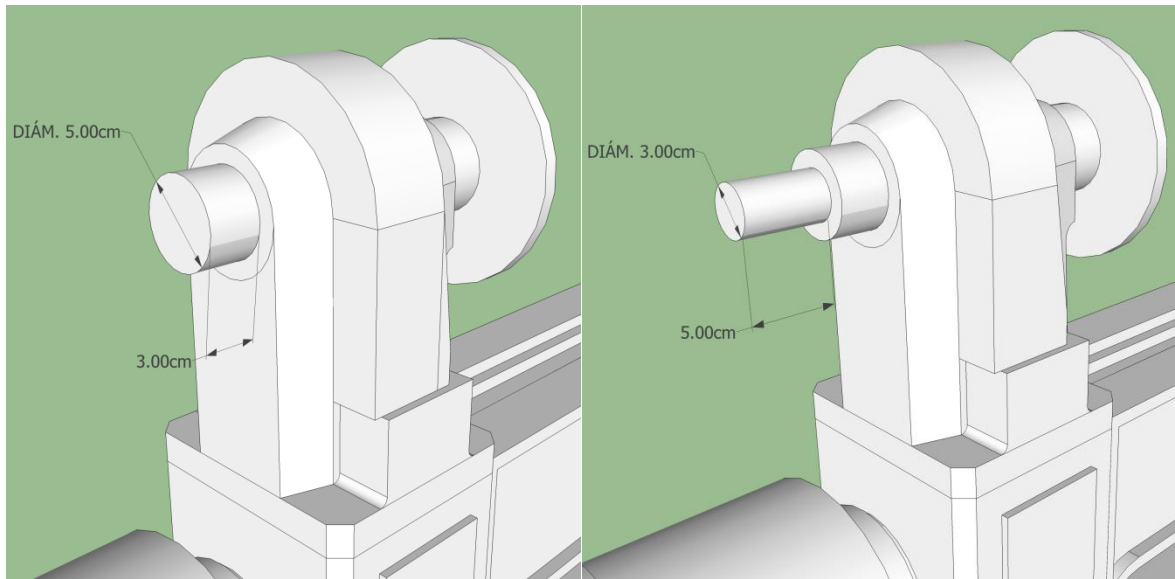
Gire la vista hacia la parte posterior del cabezal con la herramienta **Orbital** y seleccione la vista **Isométrica** para mantener la perspectiva del dibujo. Usando la herramienta **Círculo** dibuje una circunferencia que inicie en el punto central del cabezal y extienda cada círculo hacia afuera con la herramienta **Epujar/tirar**, luego escoja con la herramienta **Selección** la entidad del círculo exterior y despliegue el menú **Ventana** para abrir en la opción **Información de la entidad** el cuadro de dialogo que le permita reducir el valor del **Radio** y despues levante con la herramienta **Línea** el bloque inferior en el modelo, teniendo cuidado de no dejar espacios libres al cabezal utilice la herramienta **Línea** y **Arco** para sellar la abertura generada.

Ilustración 63. Extremo del cabezal fijo



En el punto central de la contorno exterior dibuje con la herramienta **Círculo** otra circunferencia con un radio inferior y lleve la cara con la herramienta **Empujar/tirar** hacia afuera y repite nuevamente esta acción.

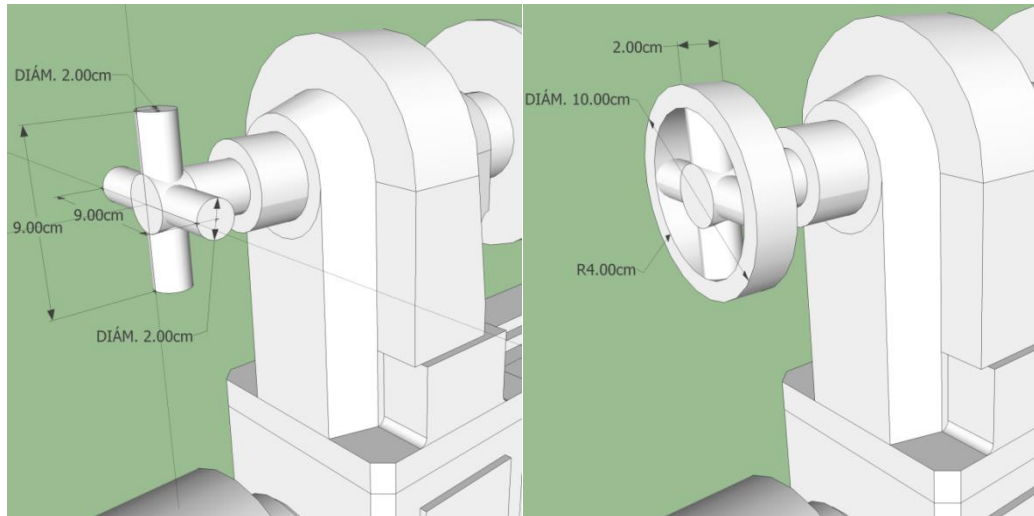
Ilustración 64. Eje del cabezal



Proyecte con la herramienta **Medir** dos líneas de guía siguiendo los ejes hasta formar una cruz y especifique los puntos en los cuales pueda dibujar con la herramienta **Círculo** la cara de inicio de los pasadores y con la herramienta **Empujar/tirar** arrastre las caras hacia el lado opuesto para formar los cilindros.

Dibuje con la herramienta **Círculo** dos circunferencias, luego escoja con la herramienta **Selección** el disco del interior para suprimir la cara con la opción **Eliminar** desde el menú **Edición** y arrastre con la herramienta **Empujar/tirar** del anillo para crear el volante, después con la herramienta **Selección** escoja los cilindros y despliegue el menú contextual con el botón derecho del ratón para ejecutar la opción **Intersecar caras con el modelo**.

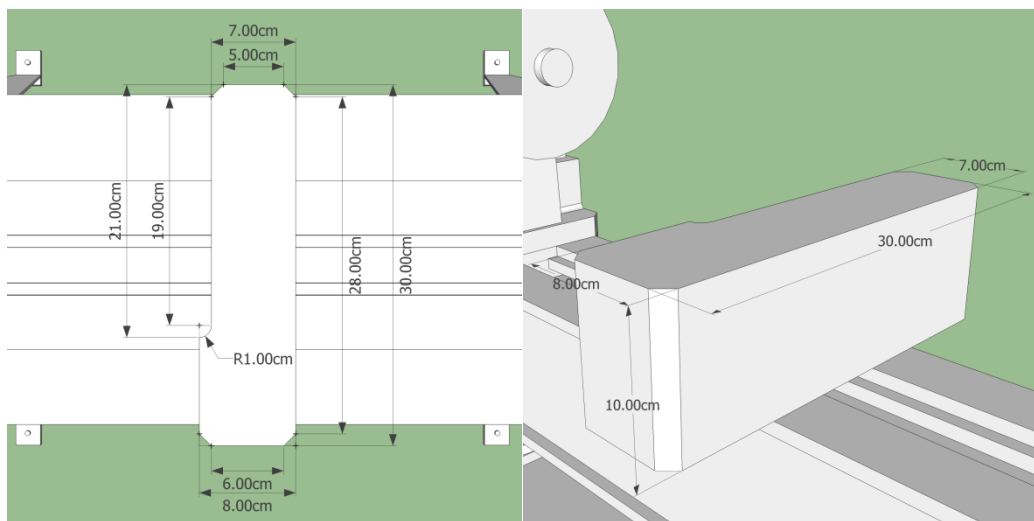
Ilustración 65. Manubrio del cabezal fijo



2.7 SEPTIMO PASO: EL CARRO PORTA HERRAMIENTAS

Dibuje a una distancia media del armazon con las herramientas **Línea** y **Arco** la base del carro porta herramientas y levante hacia arriba las caras con la herramienta **Empujar/tirar**, luego elimine con la herramienta **Borrar** las aristas sobrantes.

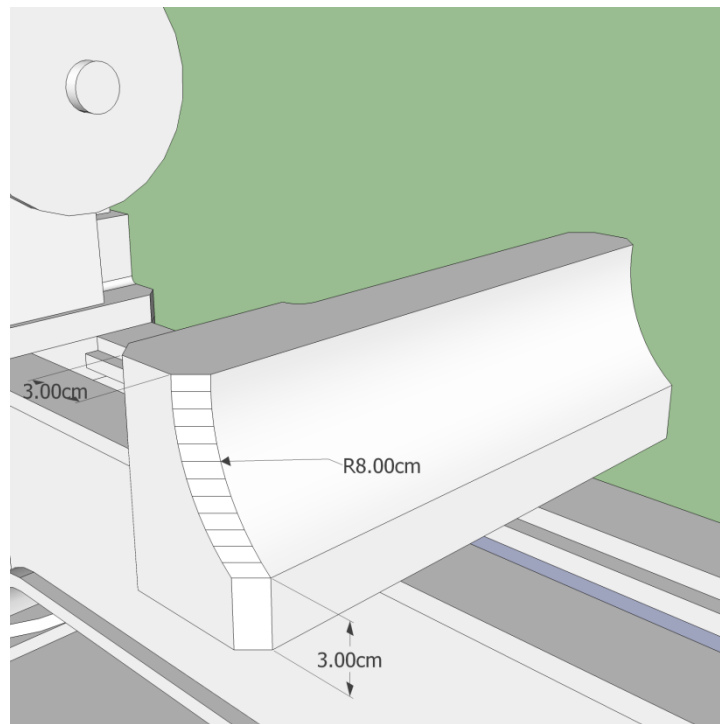
Ilustración 66. Base del carro porta herramientas



Trace líneas de guía con la herramienta **Medir** en la esquina superior de la cara frontal para dibujar con las herramientas **Línea** y **Arco** un perfil y arrastre con la herramienta **Empujar/tirar** hasta el extremo opuesto, después de escoger con la herramienta **Selección** el objeto agregado extienda el menú contextual con el botón derecho del ratón y ejecute la opción **Intersecar caras con el modelo**, entonces elimine las aristas del exterior con la herramienta **Borrar**.

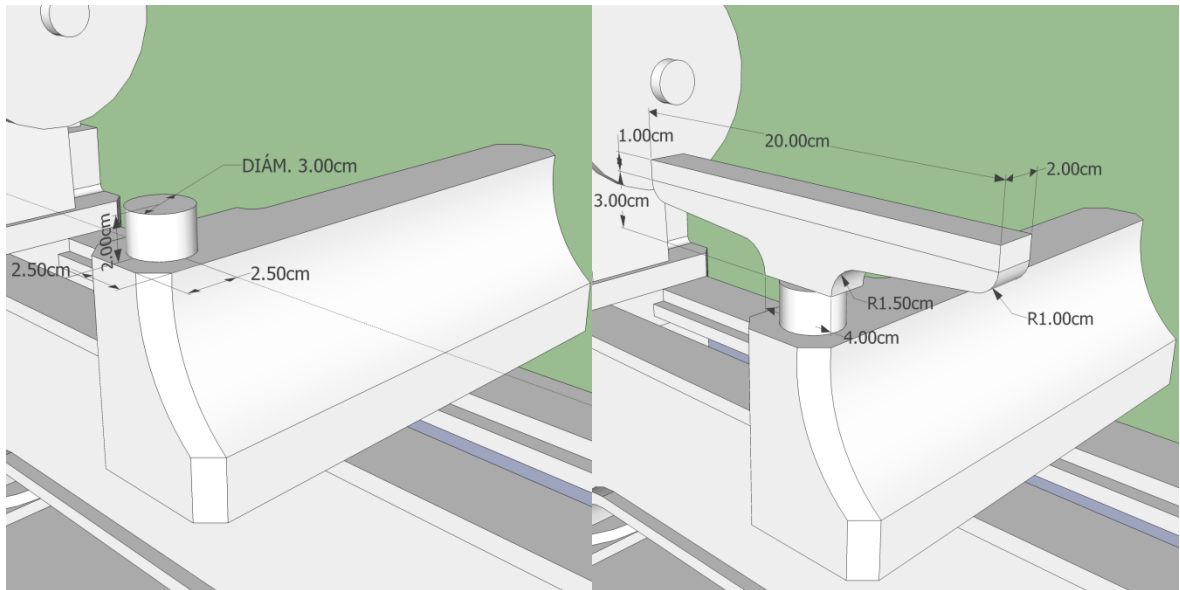
Dibuje con la herramienta **Arco** y **Línea** las pestañas faltantes, luego escoge con la herramienta **Selección** las aristas visibles y con el botón derecho de ratón extiende el menú contextual para elegir la opción **Ocultar**.

Ilustración 67. Pestañas de la base



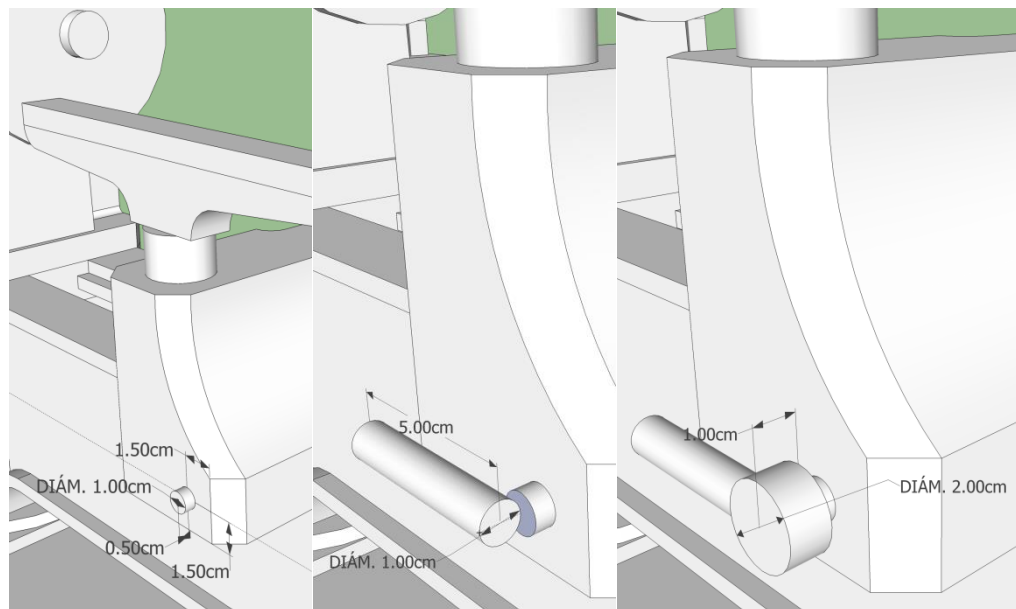
En la cara superior dibuje con la herramienta **Círculo** una circunferencia y arrastrela hacia arriba con la herramienta **Empujar/tirar**. Después dibuje con las herramientas **Línea** y **Arco** un perfil en el punto central del cilindro y lleve la cara con la herramienta **Empujar/tirar** hacia los extremos.

Ilustración 68. Porta herramientas



Ajuste los cilindros que conforman la palanca con las herramientas **Círculo** y **Empujar/tirar**, después elija con la herramienta **Selección** las entidades y extienda el menú contextual con el botón derecho del ratón para elegir la opción **Intersecar caras con el modelo**.

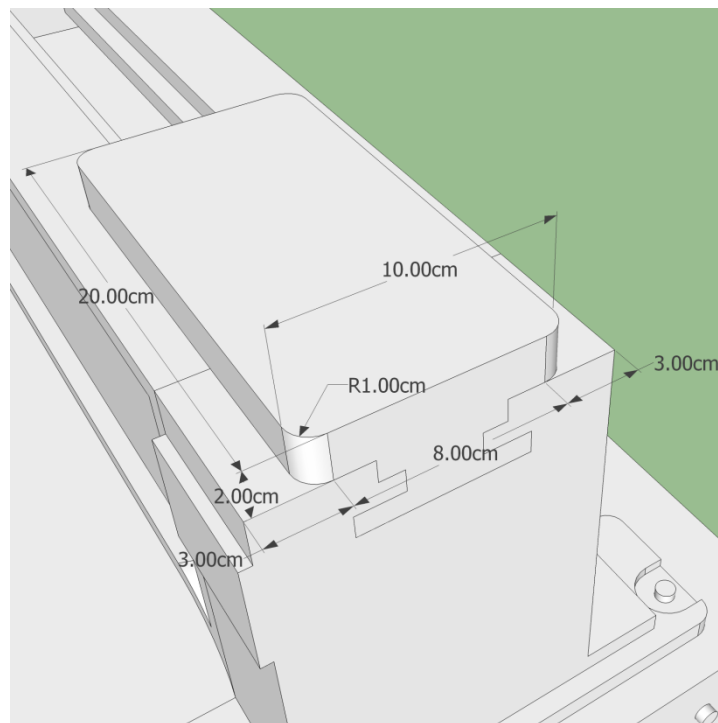
Ilustración 69. Palanca de freno



2.8 OCTAVO PASO: EL CABEZAL MOVIL

En el extremo derecho del amazon diseñe con las herramientas **Línea** y **Arco** la base del cabezal fijo y levante el volumen de la cara con la herramienta **Empujar/tirar**, luego con la herramienta **Borrar** suprima las aristas sobrantes que se forman.

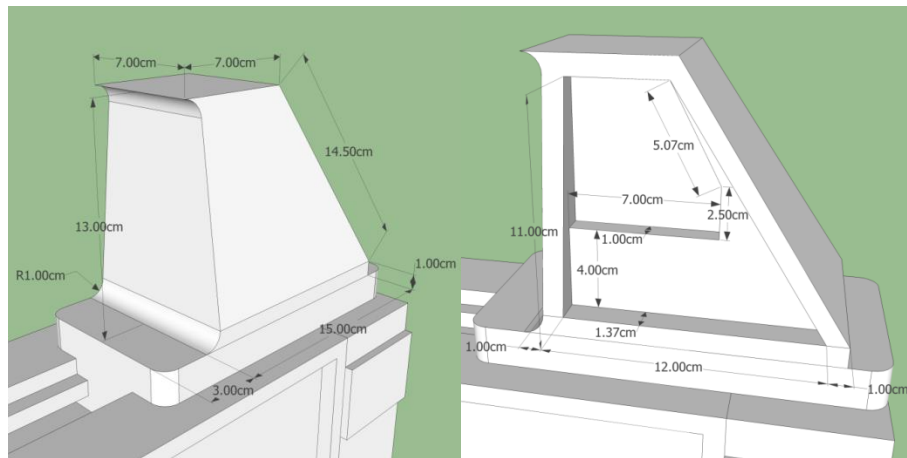
Ilustración 70. Base del cabezal movil



Para modelar el soporte dibuje un cuadrado en la base con la herramienta **Rectangulo** y levante la cara con la herramienta **Empujar/tirar**, luego dibuje en la cara frontal con las herramientas **Línea** y **Arco** el perfil y arrastre la entidad con la herramienta **Empujar/tirar** para darle nueva forma, despues con la herramienta **Selección** escoja las entidades generadas y despliegue el menu contextual con el boton derecho del raton eligiendo la opción **Intersecar caras con el modelo**, entonces reduzca la forma del objeto eliminando las aristas sobrantes con la herramienta **Borrar**.

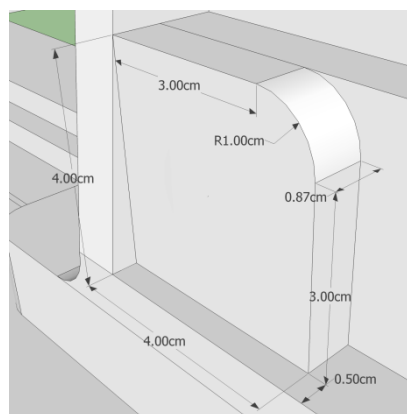
A un costado del soporte trace con la herramienta **Línea** las aristas equidistantes al borde y con la herramienta **Selección** escoja la cara interior extendiendo el menu contextual con el boton derecho del raton para elegir la opción **Borrar**, tomando como referencia los ejes de dibujo complete con la herramienta **Línea** el cuadro interior.

Ilustración 71. Soporte del cabezal movil



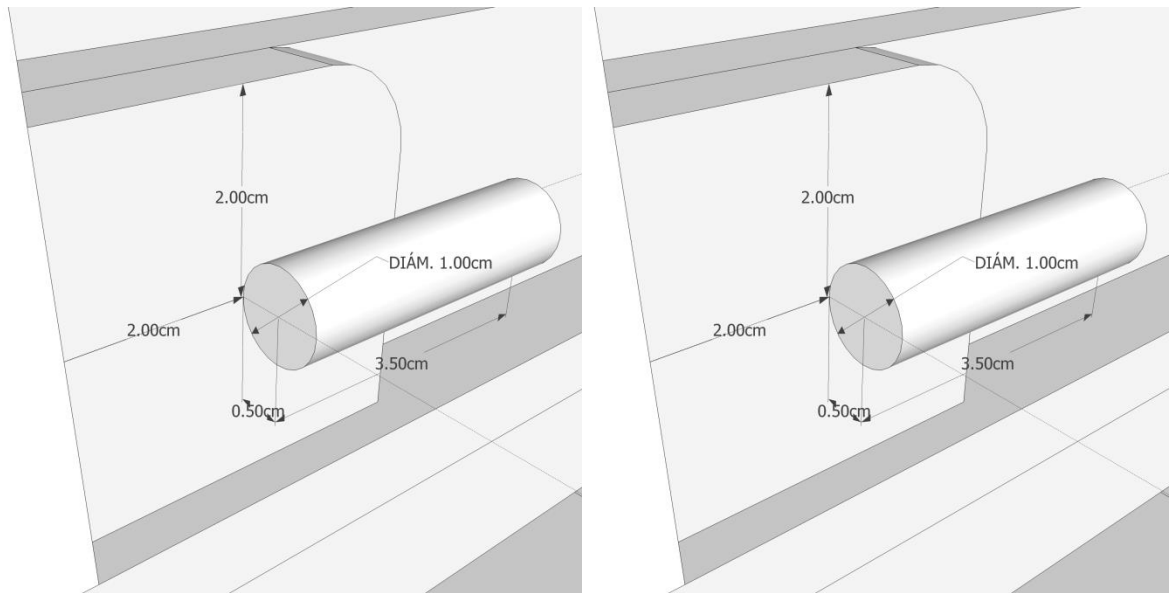
Aproxime la vista al modelo con la herramienta **Zoom** en la zona inferior del cabezal movil, despues trace con las herramientas **Línea** y **Arco** la cara del refuerzo y arrastrela hacia el exterior para generar el volumen con la herramienta **Empujar/tirar**.

Ilustración 72. Refuerzo en la base



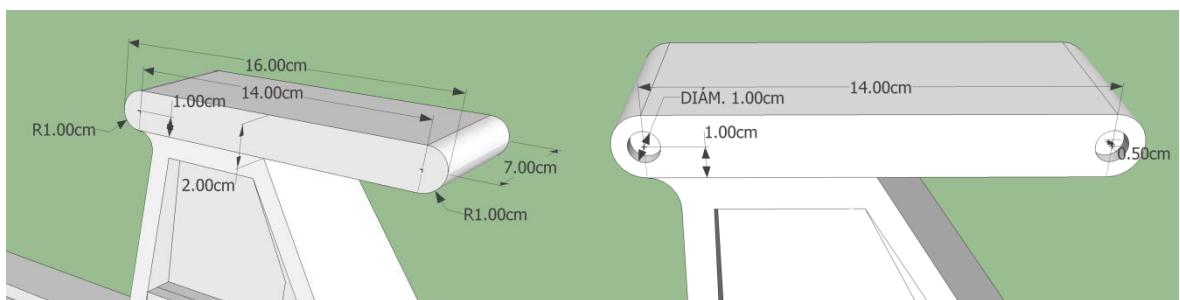
Sitúe algunos puntos de guía con la herramienta **Medir** en el borde para dibujar con la herramienta **Círculo** el inicio de cada cilindro y arrastre las caras con la herramienta **Empujar/tirar** para modelar la palanca de fijación.

Ilustración 73. Palanca de fijación



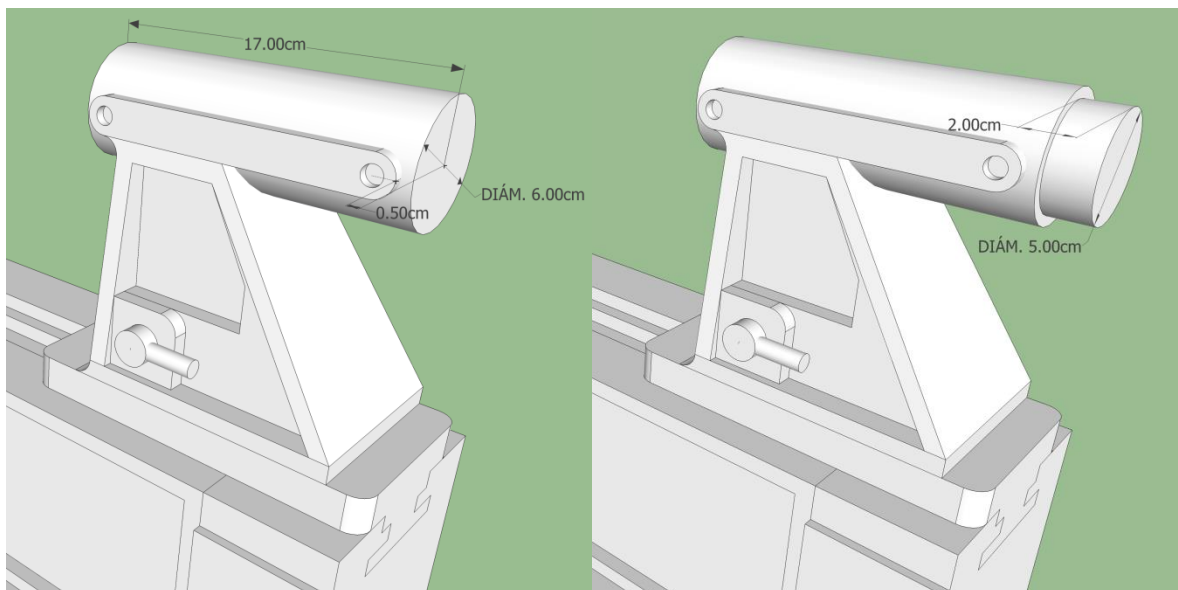
En la parte superior del cabezal móvil utilice las herramientas **Línea** y **Arco** para dibujar la cara del ensamblaje y establezca la profundidad con la herramienta **Empujar/tirar**, luego en el punto de centro de los arcos ubicados a los lados dibuje con la herramienta **Círculo** cuatro circunferencias con un radio menor y con la herramienta **Empujar/tirar** lleve las entidades hacia adentro.

Ilustración 74. Ensamble del cabezal



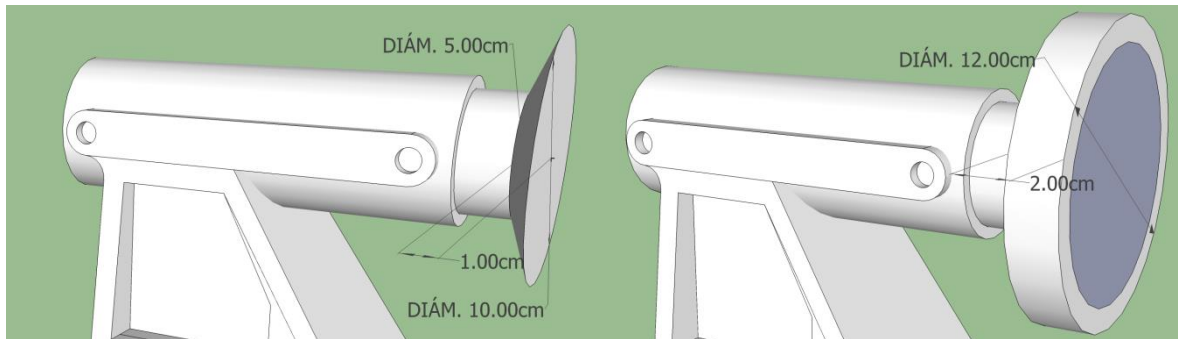
Centre horizontalmente los puntos de guía con la herramienta **Medir** en el ensamble para dibujar con la herramienta **Círculo** en uno de los puntos y arrastre de la entidad con la herramienta **Empujar/tirar** para obtener el volumen del tambor de mayor extensión. Sobre la cara circular del extremo dibuje con la herramienta **Círculo** el contorno de diámetro menor y arrastre con la herramienta **Empujar/tirar** para formar el cilindro.

Ilustración 75. Tambor del cabezal movil



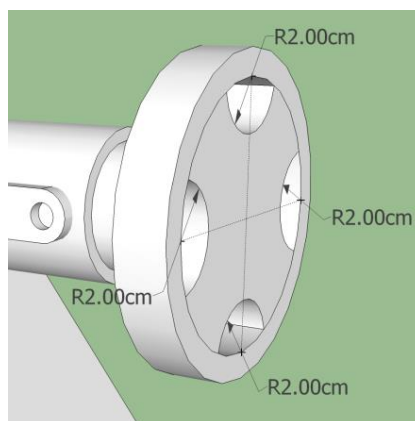
Dibuje con la herramienta **Medir** un punto de guía al frente para trazar con la herramienta **Círculo** la circunferencia con radio simétrico y arrastre la cara con la herramienta **Empujar/tirar** hasta el tambor, luego escoja con la herramienta **Selección** el círculo que está por fuera y extienda el menú **Ventana** para elegir la opción **Información de la entidad** que abre el cuadro de diálogo amplíe el valor del **Radio** al doble, después dibuje una rueda sobre la cara con la herramienta **Círculo** y con diámetro por poco mayor, estira las caras del centro y la rueda con la herramienta **Empujar/tirar** hacia afuera.

Ilustración 76. Volante del cabezal movil



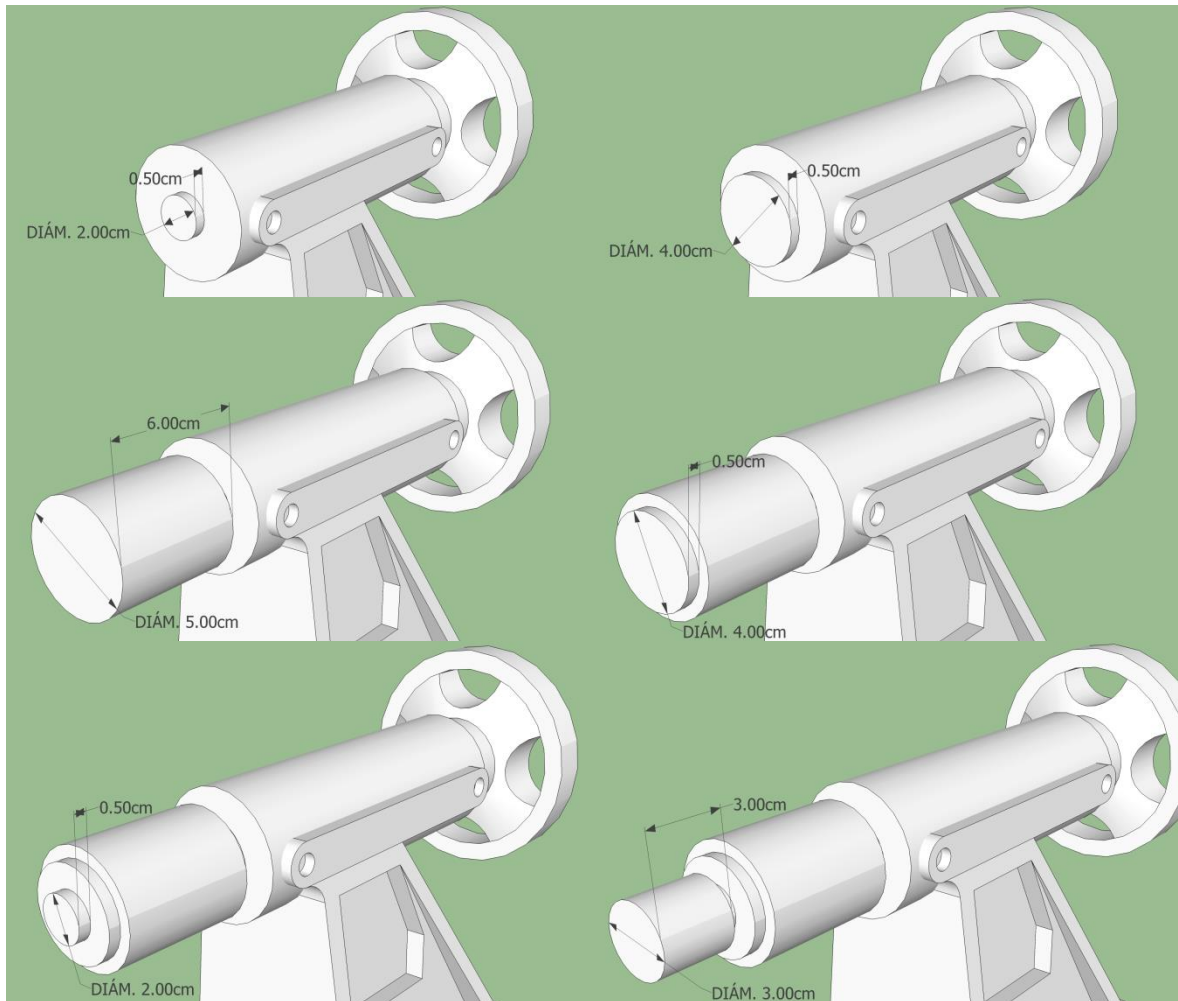
Elija con la herramienta **Selección** la cara circular del fondo y despliegue el menu contextual con el boton derecho del raton para escoger la opción **Invertir caras**, luego desde el punto central establezca con la herramienta **Medir** dos ejes de guia perpendiculares hasta tocar el disco para formar una cruz y sitúe el cursor en la conexión para dibujar con la herramienta **Arco** las curvas, despues profundice la cara de los arcos con la herramienta **Empujar/tirar** hasta sobrepasar el volante, ahora con la herramienta **Selección** escoja el objeto que sobresale y extienda el menu contextual con el boton derecho del raton para ejecutar la opción **Intersecar caras con el modelo**, posteriormente elimine las aristas que sobrepasan el volante con la herramienta **Borrar**, tambien escoja con la herramienta **Selección** la cara del arco que se forma al interior y despliegue el menú contextual pulsando el boton derecho del raton para eliminar la cara con la opción **Borrar**.

Ilustración 77. Ranuras en el volante



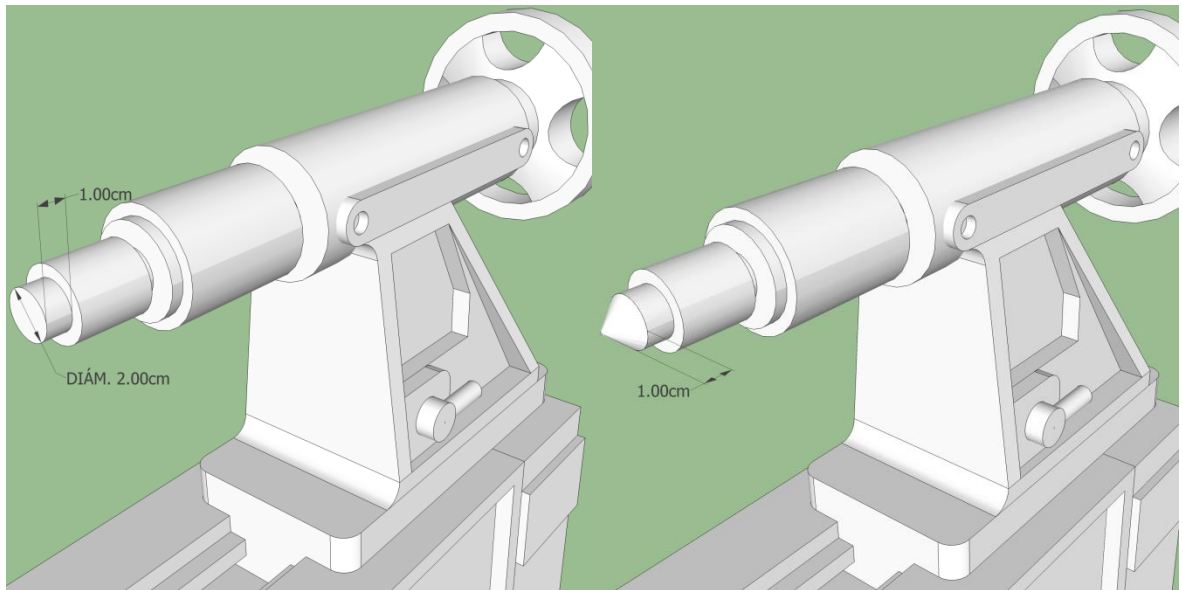
Gire la vista del cabezal con la herramienta **Orbital** y mantenga la perspectiva pulsando en la vista **Isométrica**, luego dibuje con la herramienta **Círculo** las circunferencias en el punto central y arrastre la cara con la herramienta **Empujar/tirar** para generar los cilindros del cabezal.

Ilustración 78. Cilindros del cabezal móvil



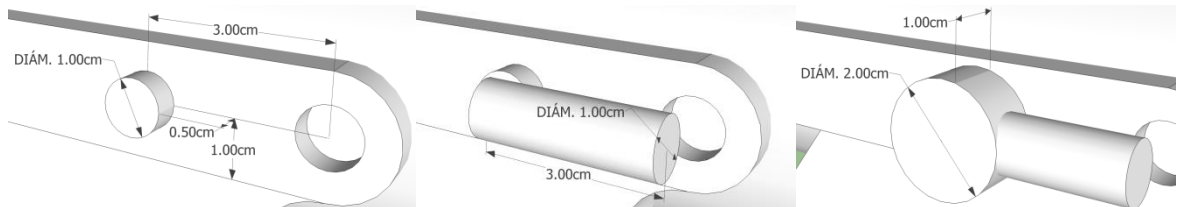
Complete dos cilindros con las herramientas **Círculo** y **Empujar/tirar**, luego escoja con la herramienta **Selección** el límite exterior para reducir el valor **Radio** al mínimo en el cuadro de diálogo **Información de la entidad** disponible en el menú **Ventana**.

Ilustración 79. Contrapunto del cabezal



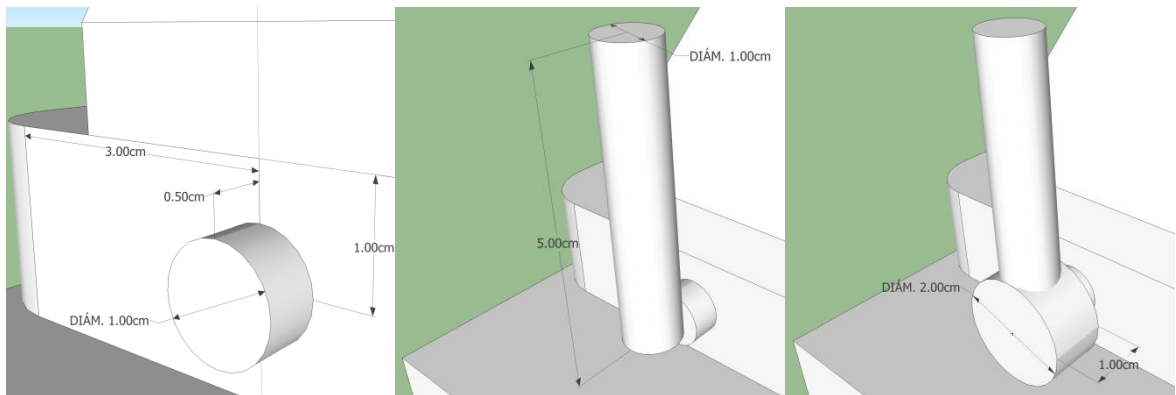
Gire la vista del cabezal móvil con la herramienta **Orbitar** y en la zona del empalme ubique líneas de guía con la herramienta **Medir** para trazar con la herramienta **Círculo** el inicio de una palanca de freno y dele volumen con la herramienta **Empujar/tirar**.

Ilustración 80. Palanca de ajuste



Con la herramienta **Desplazar** traslade la vista a la base del cabezal móvil colocando con la herramienta **Medir** los puntos de guía para dibujar con la herramienta **Círculo** las circunferencias y levantar con la herramienta **Empujar/tirar** el volumen de los cilindros que establecen la palanca de mando.

Ilustración 81. Palanca de mando



2.9 NOVENO PASO: APLICAR COLORES Y TEXTO

Extienda el menú **Ventana** y seleccione la opción **Materiales**, luego en el cuadro de dialogo escoja tres colores de la lista **Colores con nombre** para aplicarlos en el torno para madera. Utilice el tonalidad **0136_Carbon** en la mesa, en algunas piezas y en las palancas, aproveche el matiz **0132_GrisClaro** en los pernos de union, y emplee la tonalidad **0021_RojoOscuro** en el amazon, el motor, el cabezal fijo, el carro porta herramientas y el cabezal fijo.

Ilustración 82. Ventana Materiales

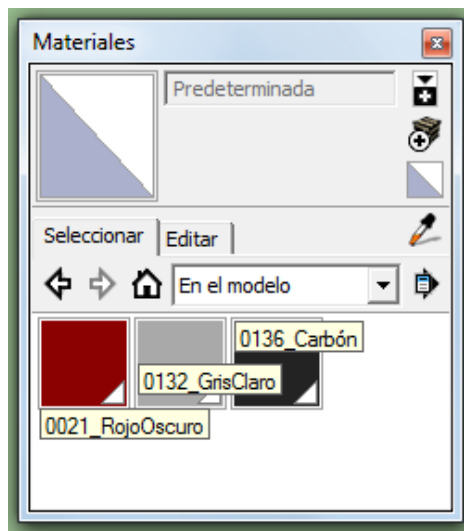
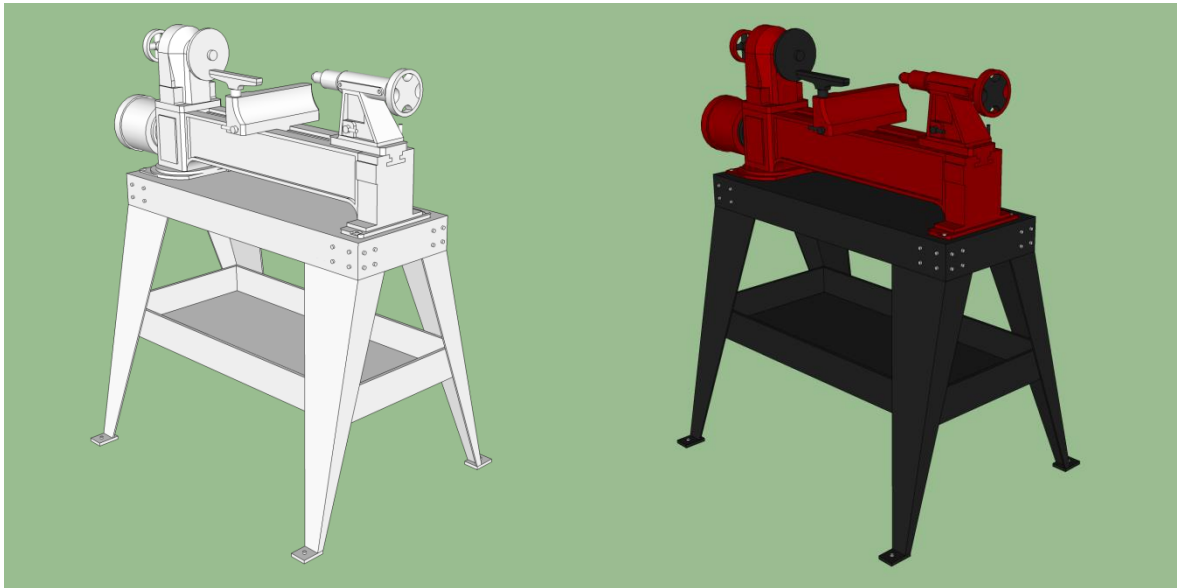
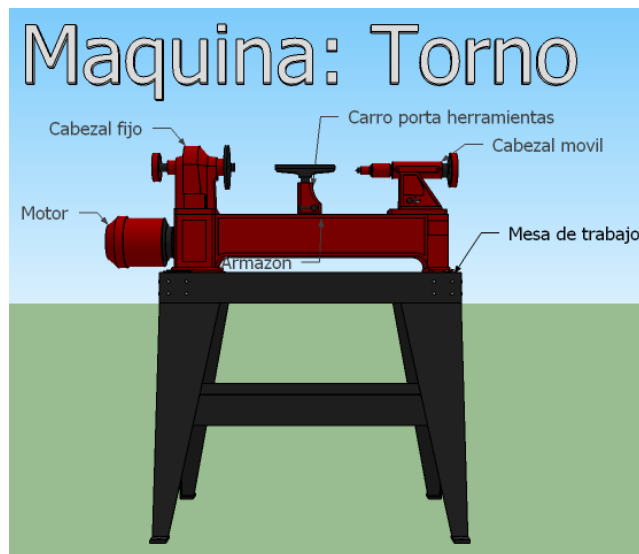


Ilustración 83. Los colores del torno



Con la herramienta **Texto** indique el nombre de los complementos del torno, asignándolos como: **Mesa de trabajo**, **Armazon**, **Motor**, **Cabezal fijo**, **Carro porta herramientas**, **Cabezal movil**. Despues a manera de titulo en el modelo situe por encima del torno industrial la herramienta **Texto 3D** y escriba la designación **Maquina: Torno**.

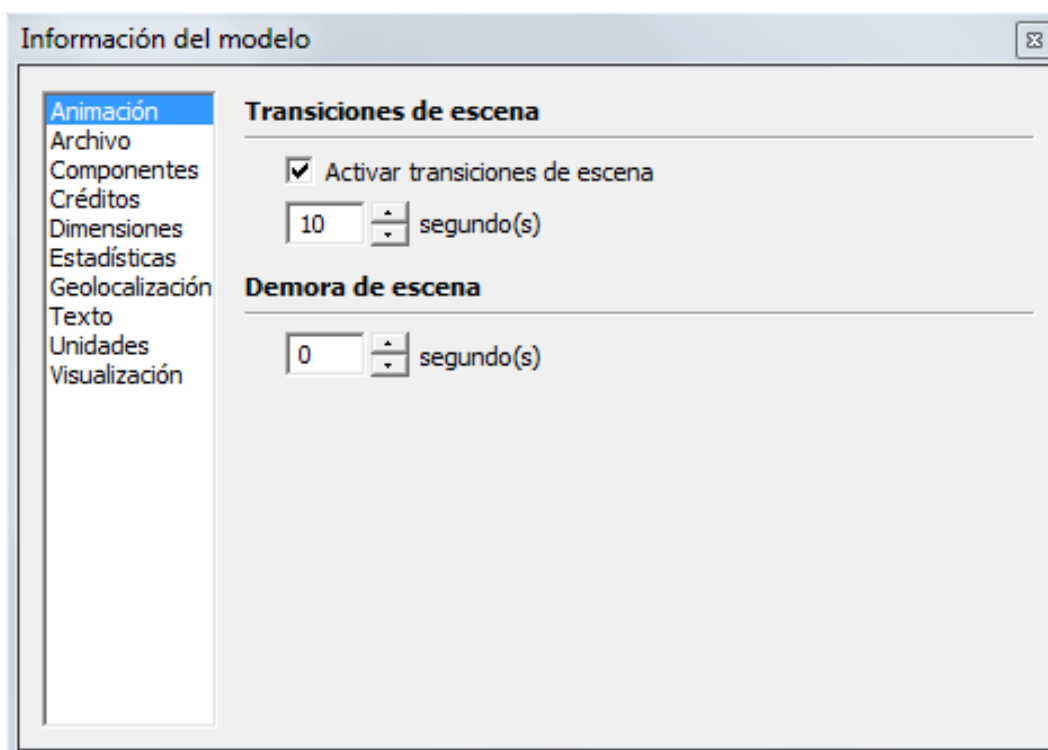
Ilustración 84. Los nombres del torno



2.10 DECIMO PASO: ANIMACIÓN POR ESCENA

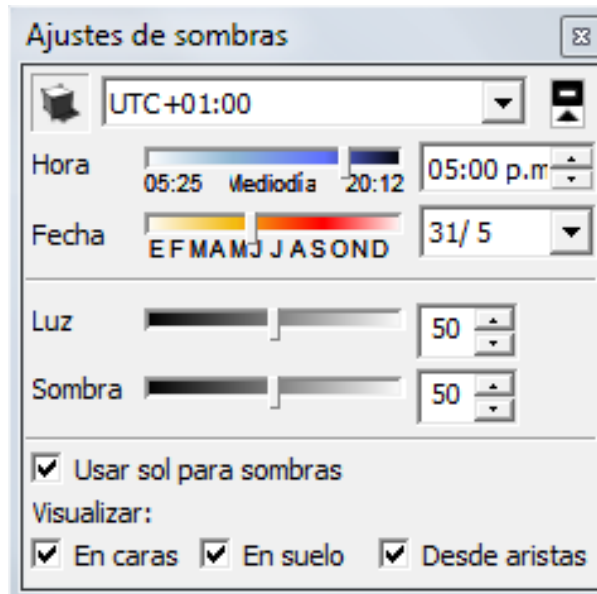
Despliegue el menú **Ver** para escoger de la lista **Animación** la opción **Ajustes** que abre la ventana **Información del modelo** donde se resalte la opción **Animación** de la lista ubicada a la derecha y cambie los valores en el cuadro **Transiciones de escena** a **10 segundo(s)** y en la casilla **Demora de escena** a **0 segundo(s)**.

Ilustración 85. Los ajustes de escena



Active la proyección de las sombras con el botón **Ocultar/mostrar sombras** ubicado en la barra de herramientas **Sombras**, luego despliegue el menú ventana para elegir la opción **Sombras** que abre la ventana **Ajustes de sombras** y sin cambiar el valor **UTC+-0** especifique la **Fecha** actual del modelo, también varíe los valores de **Hora** a un intervalo de diferencia entre las escenas partiendo desde las 12:00 p.m. hasta las 05:00 p.m., después ajuste a intensidad media la **Luz** y la **Sombra** y active todas las opciones restantes.

Ilustración 86. La ventana Ajustes de sombras



Extienda el menú **Ventana** y seleccione la opción **Escenas** para abrir el cuadro de dialogo **Escenas**, despues sitúe el modelo con las distintas vistas en cada una de las escenas para exponer el modelo como sigue:

- Iniciando en el **Titulo** en la primera escena
- Alejandose a la vista **Frontal** en la segunda escena
- Girando a la vista **Derecha** en la tercera escena
- Virando a la vista **Posterior** en la cuarta escena
- Rotando hasta la vista **Izquierda** en la quinta escena
- Vuelve a situar la vista **Frontal** en la sexta escena.

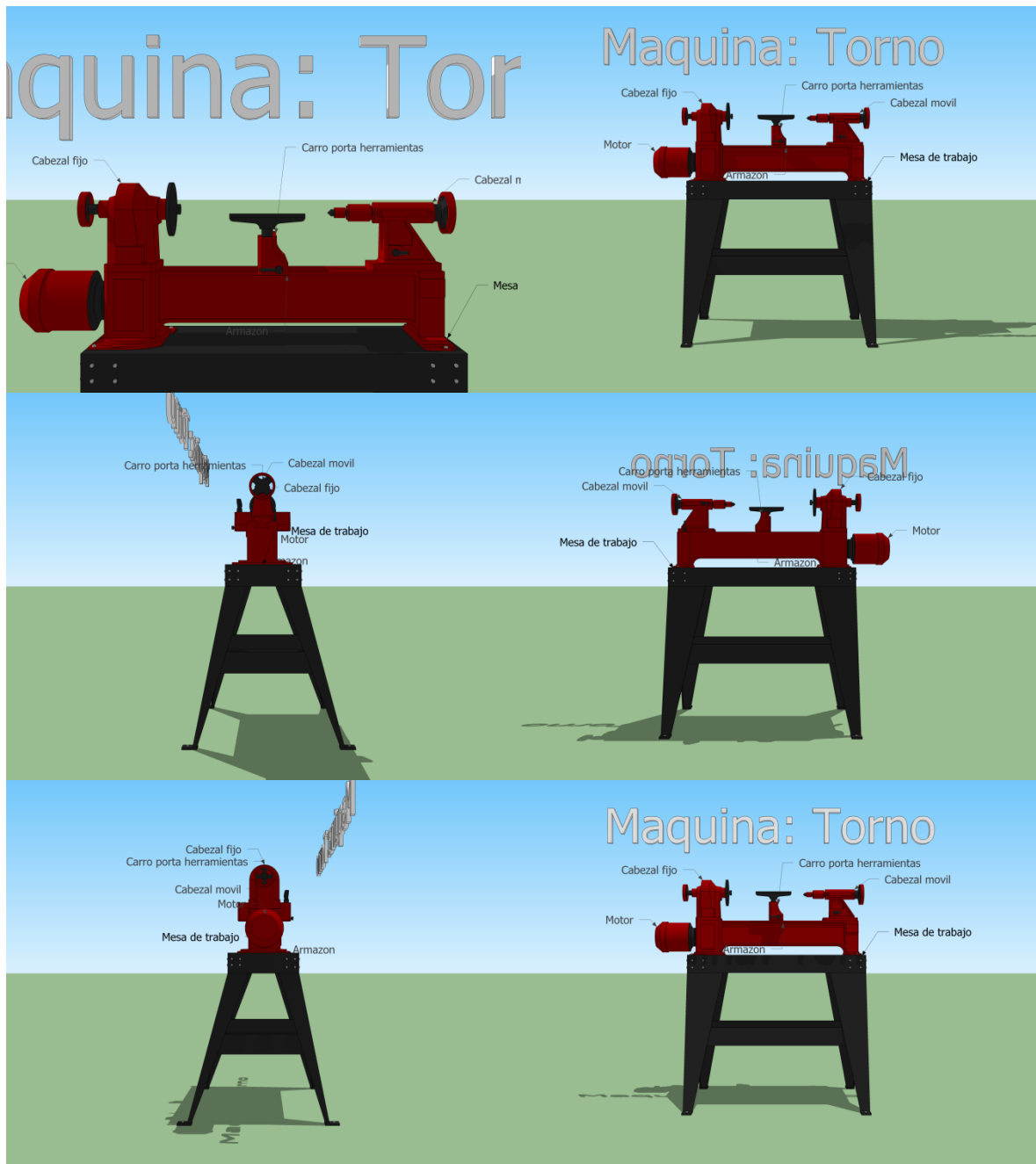
Para agregar las seis escenas precione el boton **Añadir escena** que tiene la forma de un signo positivo encerrado en un círculo.

Cada vez que se realice un cambio en las escenas debe presionar el boton **Actualizar Escenas**, con forma de dos flechas formando una órbita.

Ilustración 87. Ventana escenas

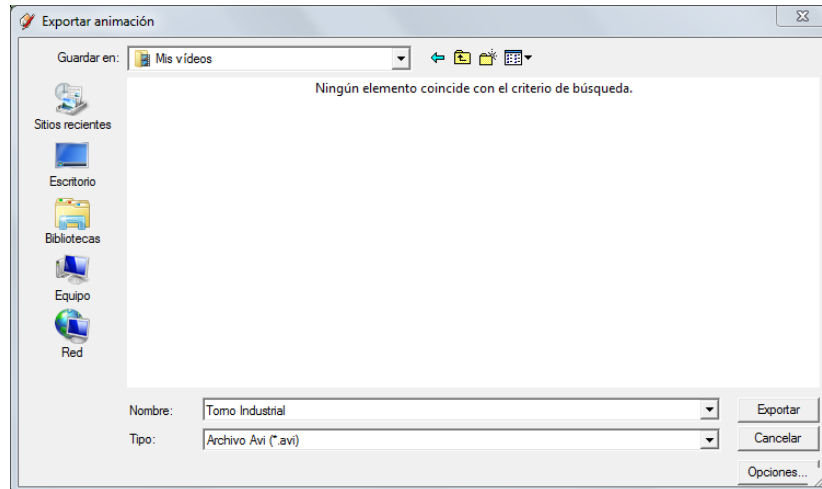


Ilustración 88. Vista previa de las escenas



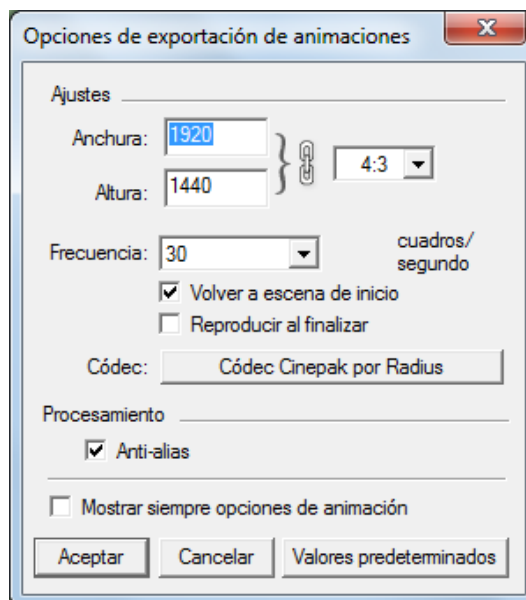
Despliegue el menú **Archivo** para escoger de la lista **Exportar** la opción **Animación...** y defina en la casilla **Guardar en:** la dirección **Mis videos**, en la casilla **Nombre** escriba **Torno industrial**, en el espacio **Tipo:** conserve el formato **Archivo Avi (*.avi)**, configure las **Opciones...** y presione en el boton **Exportar**.

Ilustración 89. La ventana Exportar animación



Con el boton **Opciones** emerge la ventana **Opciones de exportación de animaciones** para que aumente en la sección **Ajuste** los valores de **Anchura** y **Altura**, conserve el encuadre de la imagen en **4:3**, traslade la **Frecuencia:** al maximo de **30 cuadros/segundo**, seleccione la opción **Volver a escena de inicio**, escoja el **Codéc Cinepak por Radius**, active en el **Procesamiento** la opción **Anti-alias** y presione el boton **Aceptar**.

Ilustración 90. Ventana Opciones de exportación de animaciones



2.11 EJERCICIOS PROPUESTOS

- *Horno para panadería*

Realice el modelado tridimensional de un horno para panadería utilizando las herramientas de Google SketchUp 8 y conserve las dimensiones indicadas en las vistas frontal y lateral de la maquina.

Ilustración 91. La vista frontal y lateral del horno de panadería

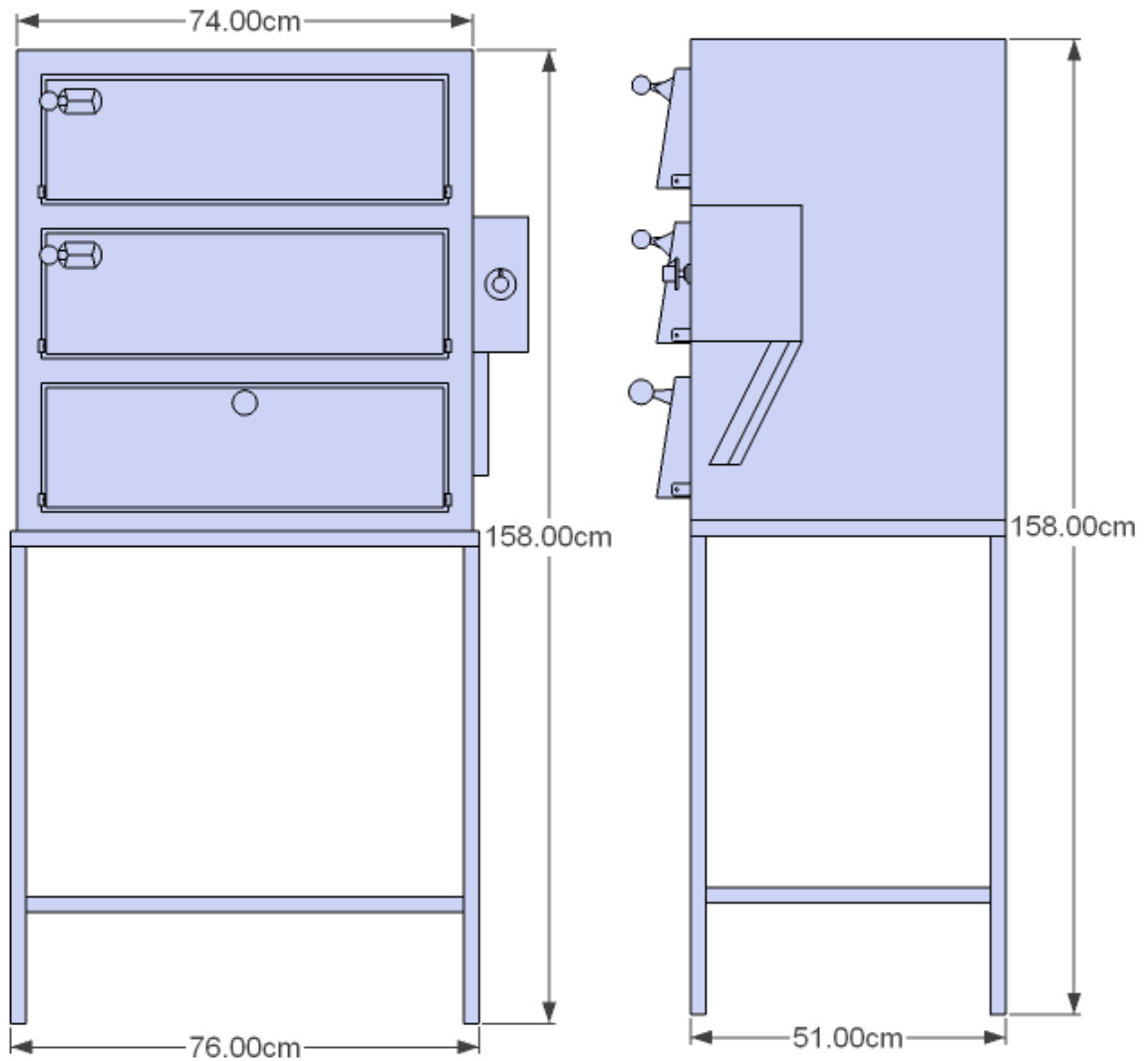


Ilustración 92. La vista frontal y lateral de la base del horno

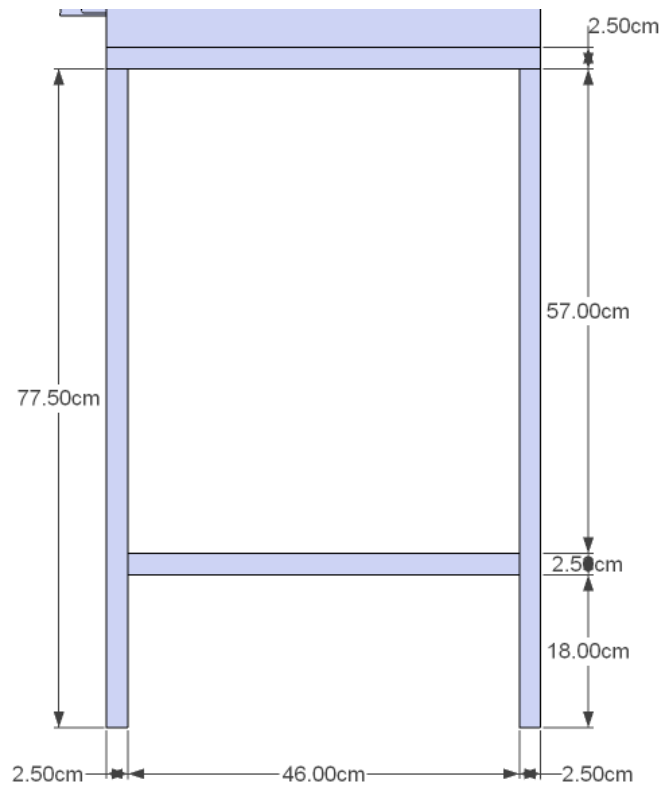
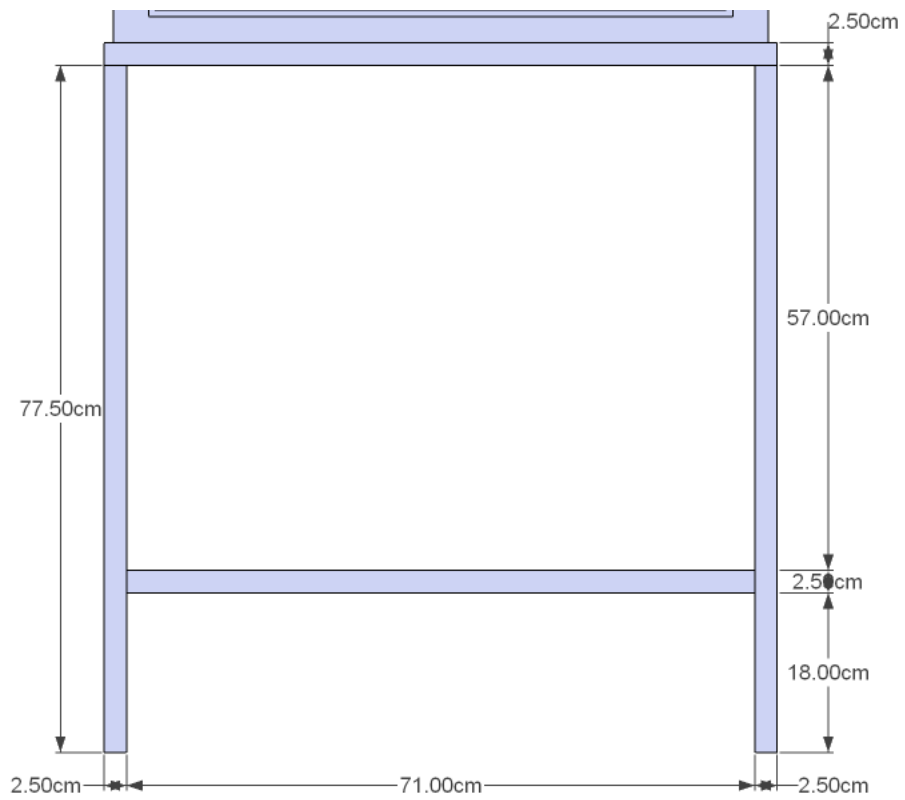


Ilustración 93. La vista frontal y lateral de las divisiones

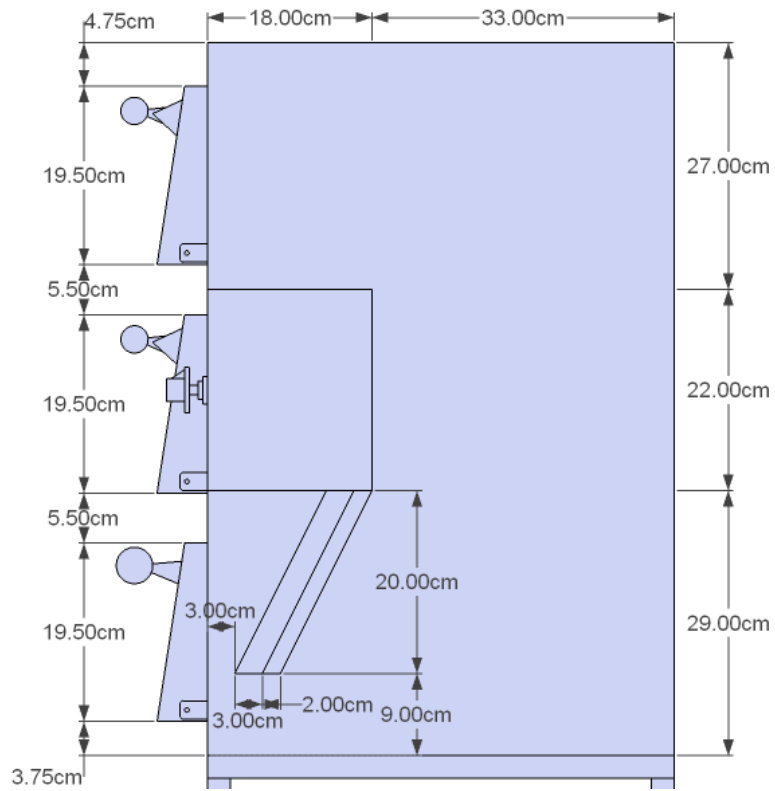
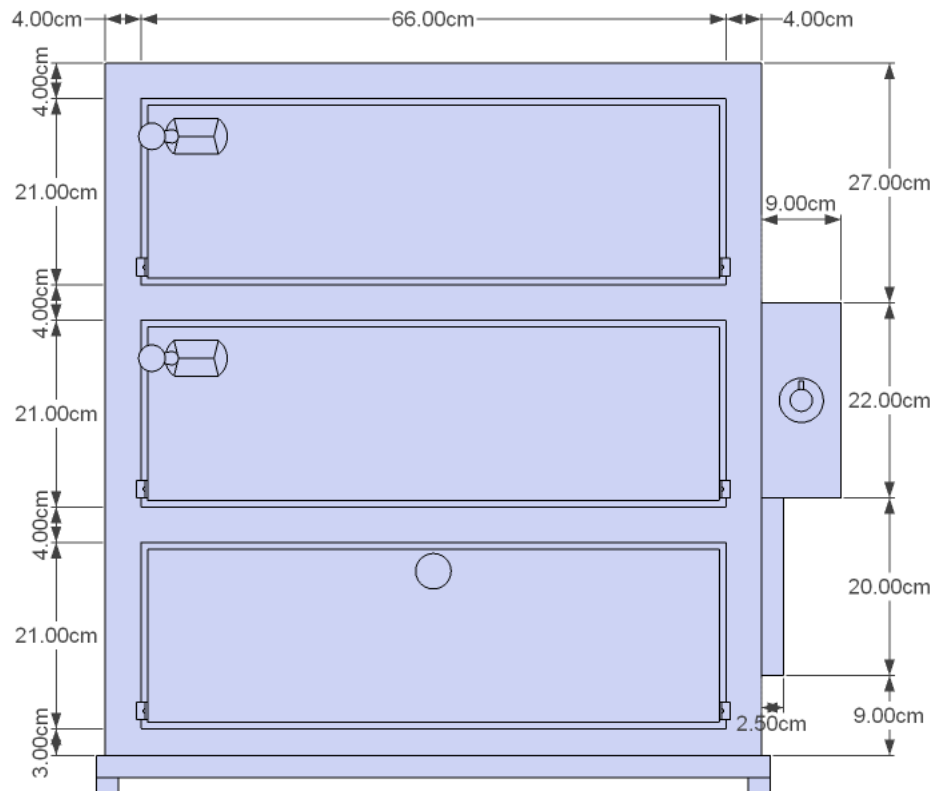


Ilustración 94. La vista frontal y lateral de la puerta en las gavetas

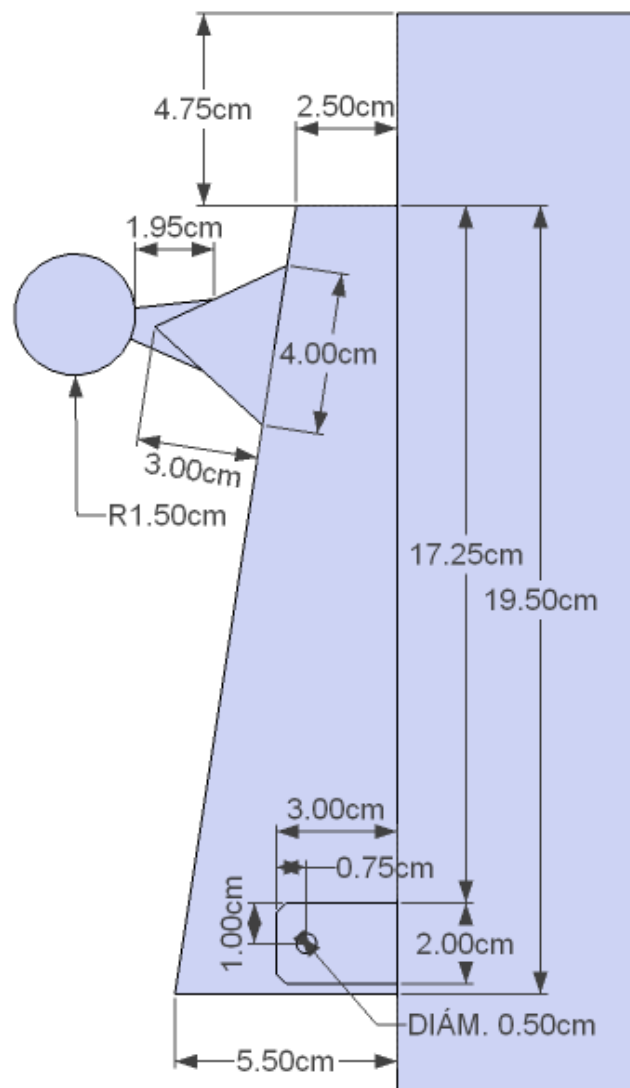
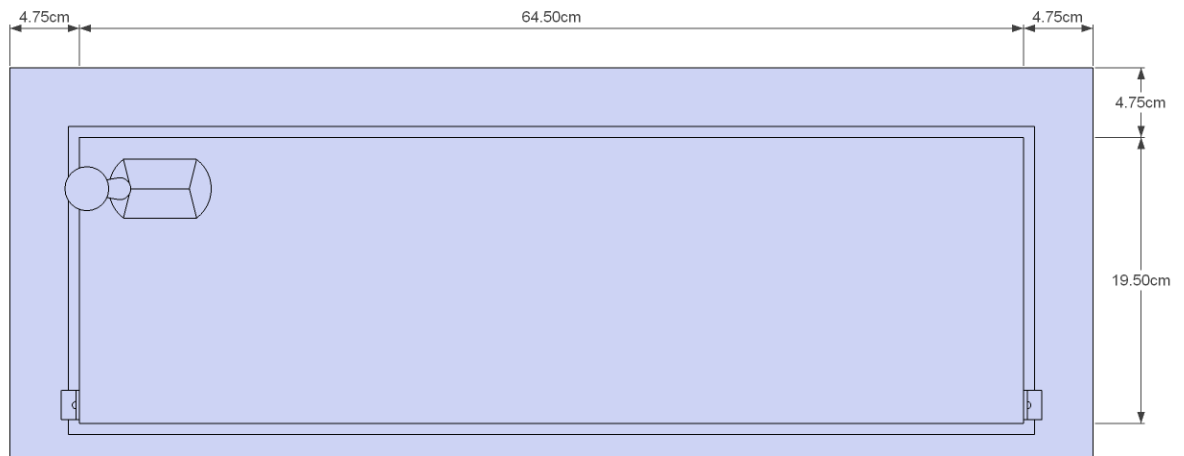


Ilustración 95. La vista frontal del sujetador de la puerta

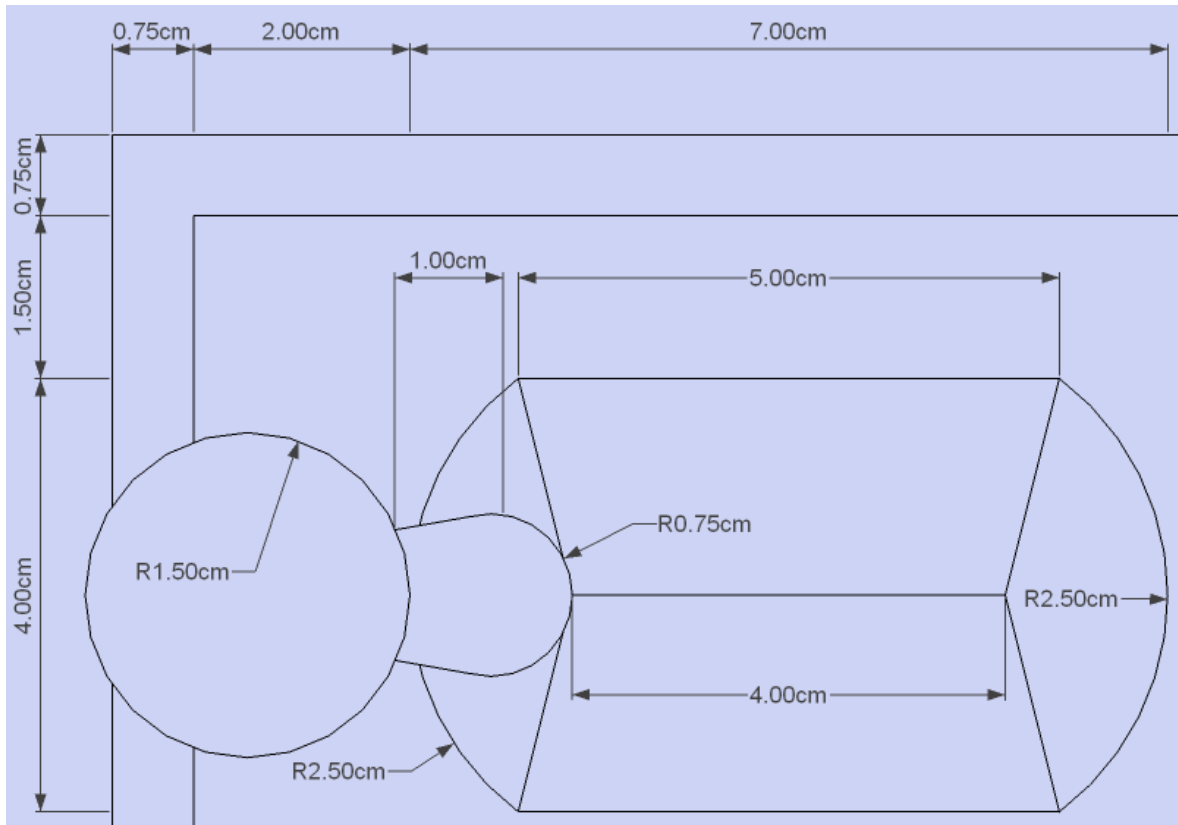


Ilustración 96. La vista lateral del sujetador de la puerta inferior

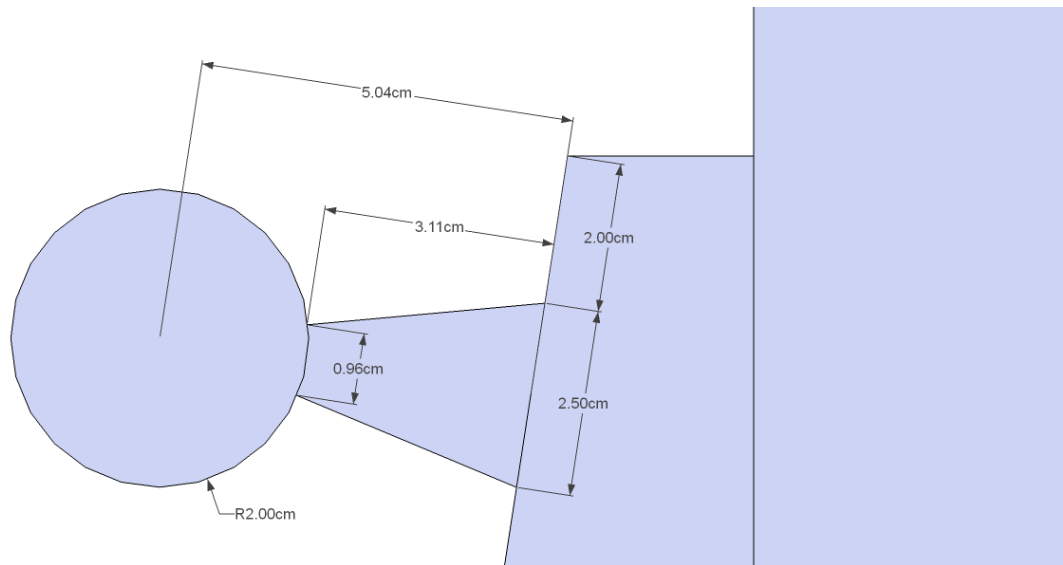


Ilustración 97. La unión de la puerta al horno

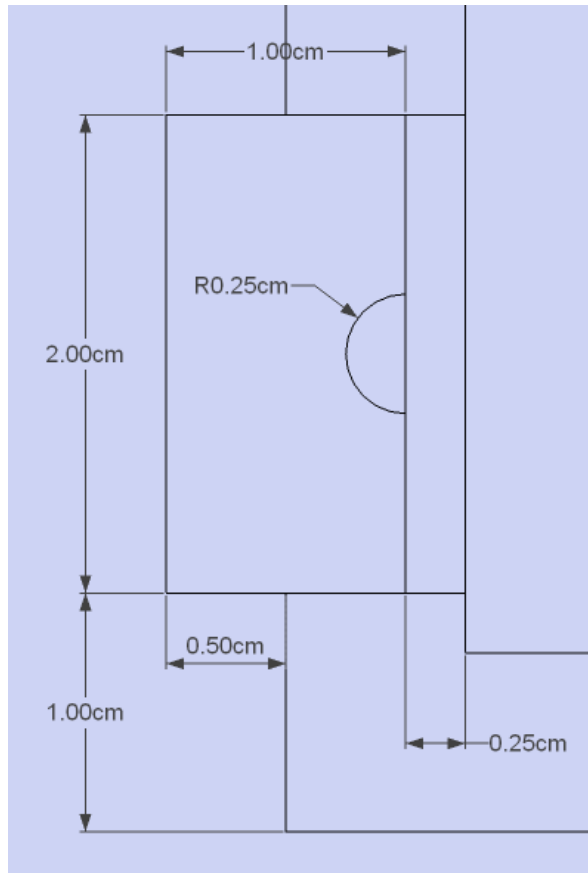
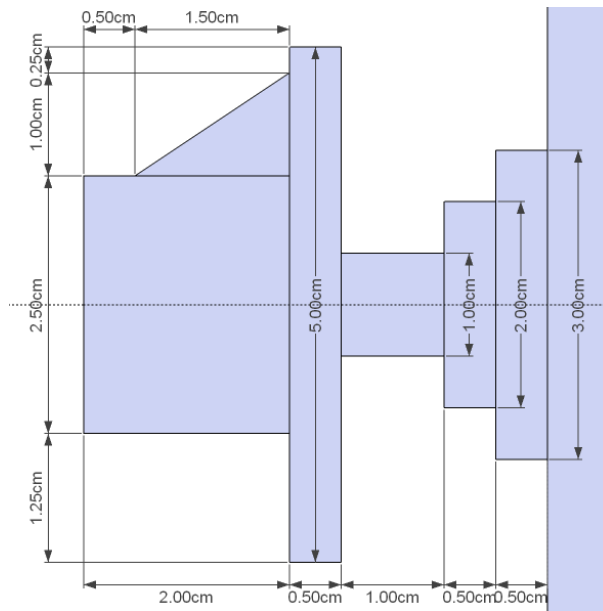


Ilustración 98. El botón de paso del gas



- **Cilindradora para panadería**

Realice el modelado tridimensional de una cilindradora para panadería utilizando las herramientas de Google SketchUp 8 y conserve las dimensiones indicadas en las vistas frontal y lateral de la maquina.

Ilustración 99. La vista frontal y lateral de la cilindradora

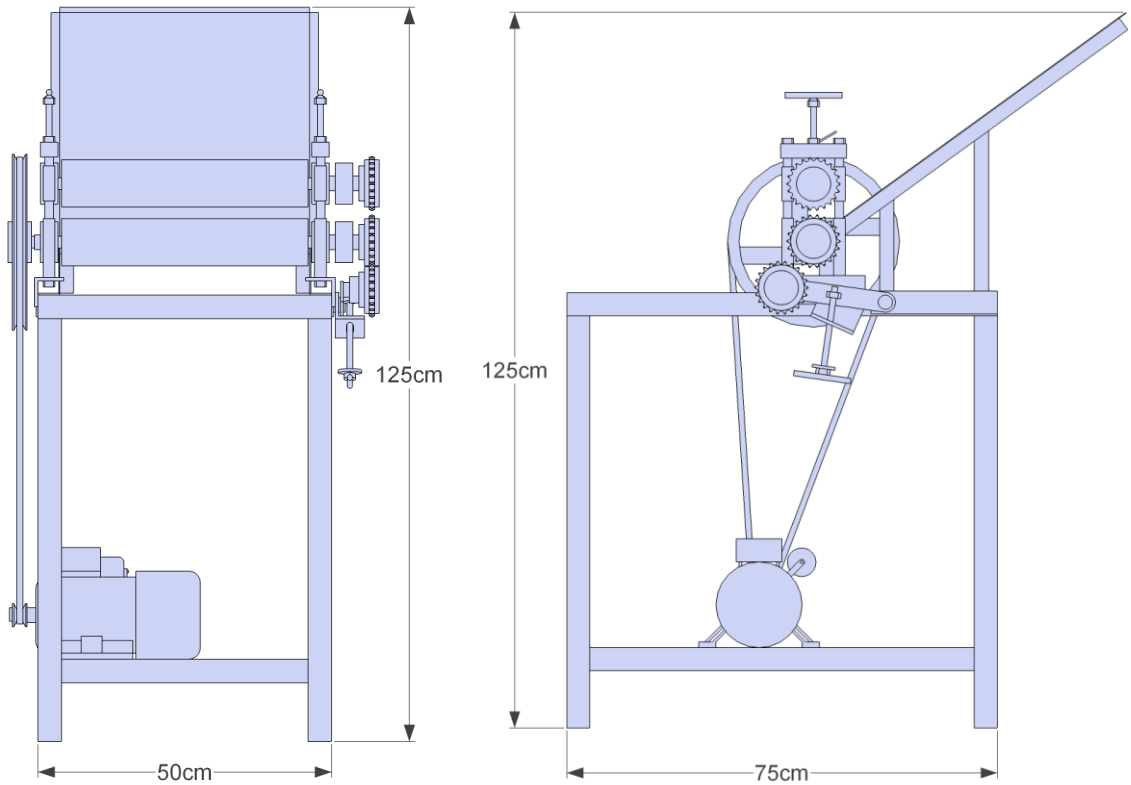


Ilustración 100. La vista frontal y lateral de la mesa de la cilindrada

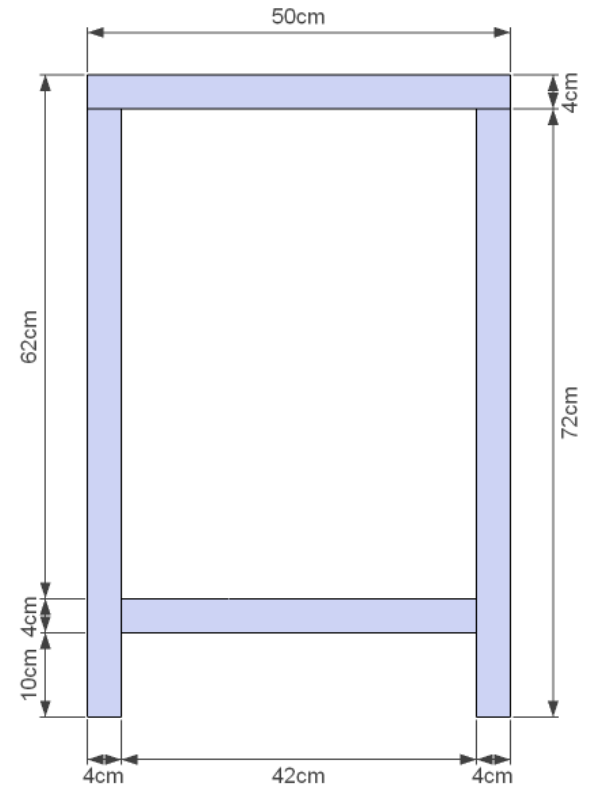
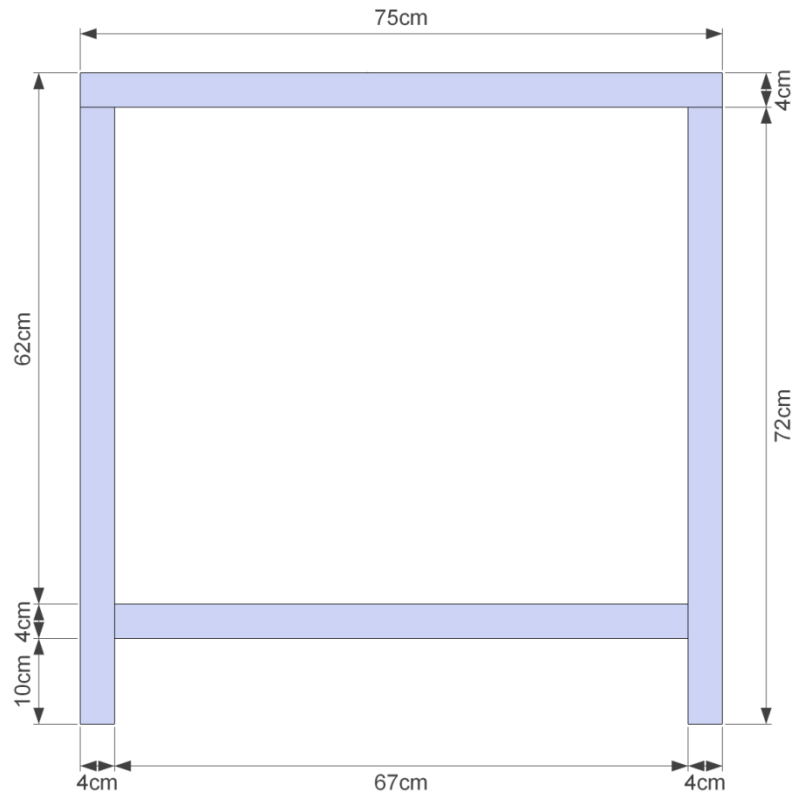


Ilustración 101. La vista frontal y lateral del motor y el bastidor

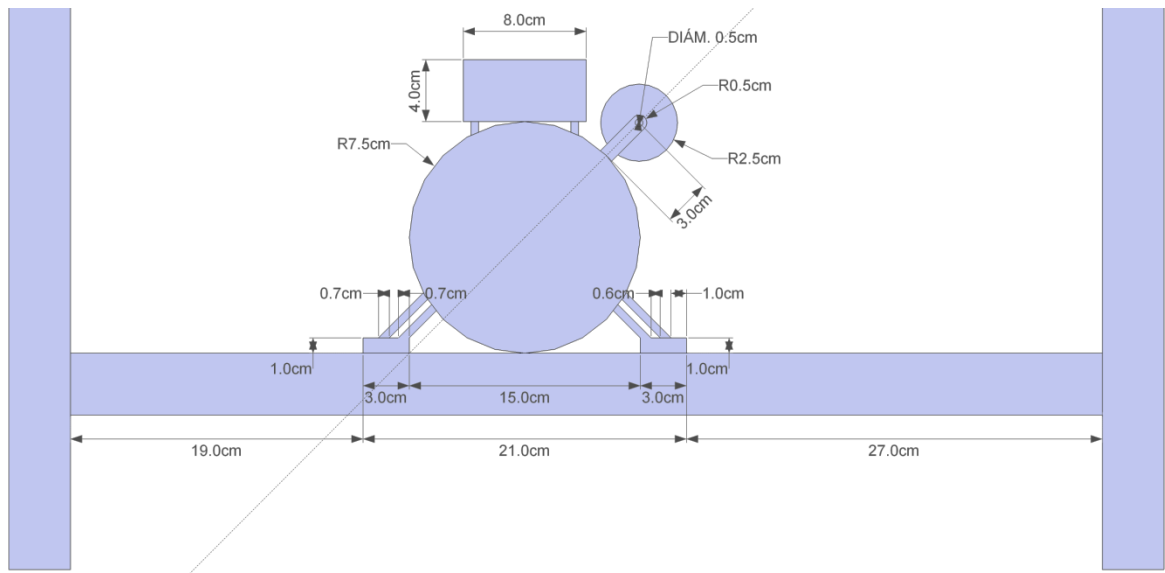
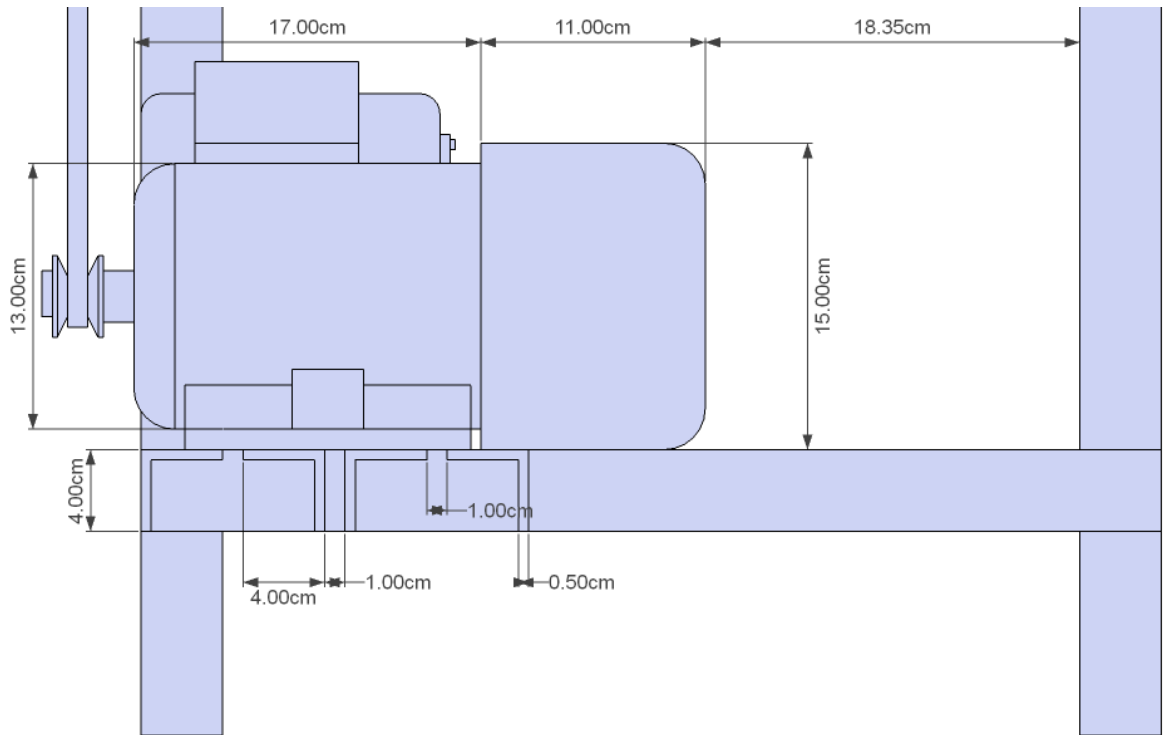


Ilustración 102. La vista superior del motor y el bastidor

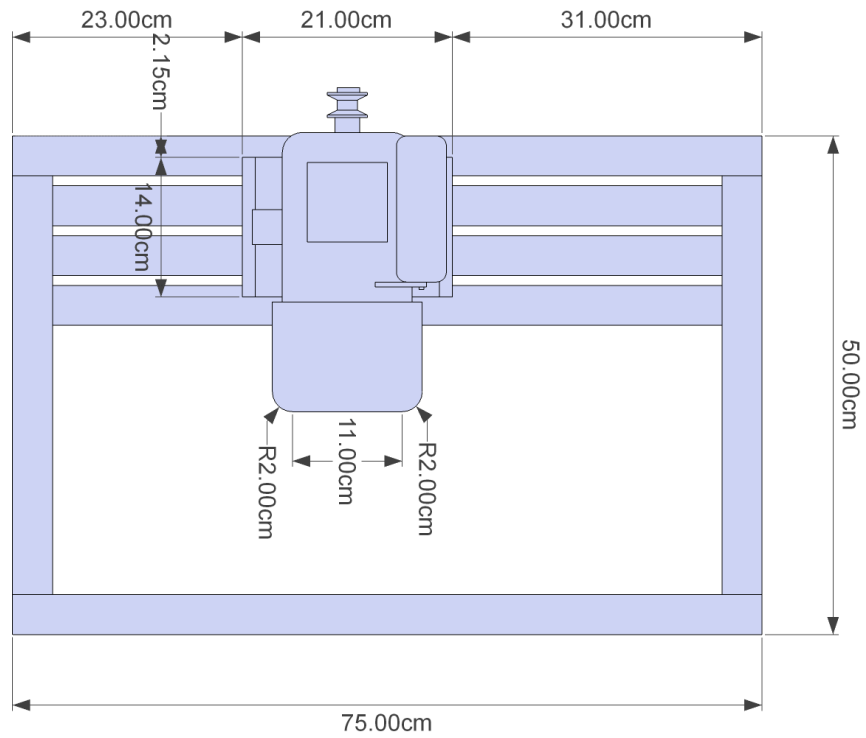


Ilustración 103. El detalle del soporte, la base y accesorios del motor

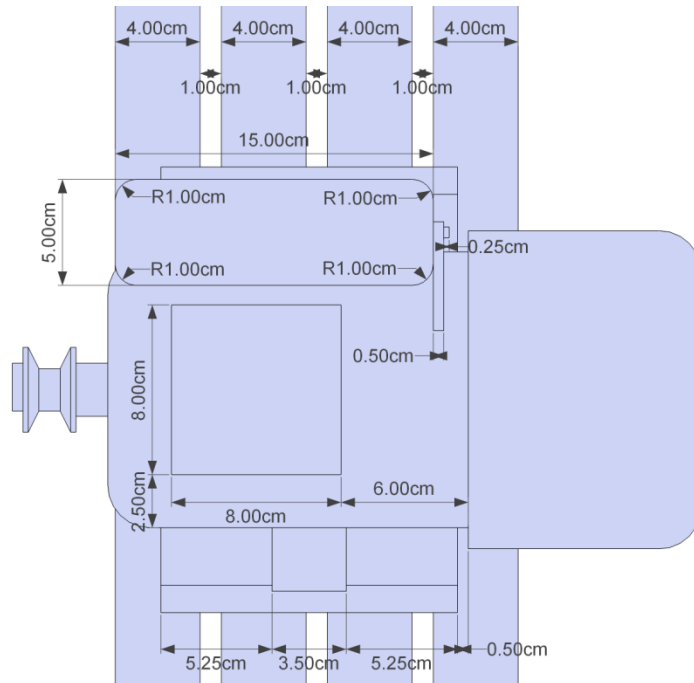


Ilustración 104. El detalle de la polea del motor

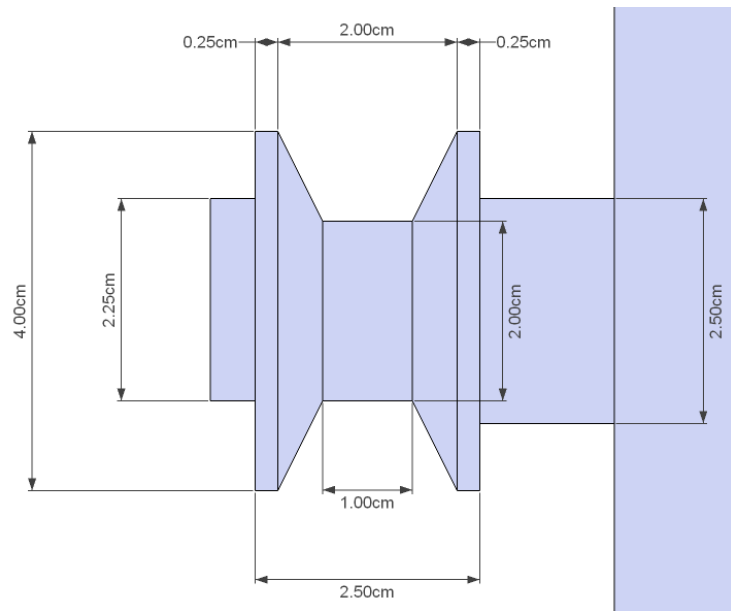


Ilustración 105. La vista frontal de la rampa en la cilindadora

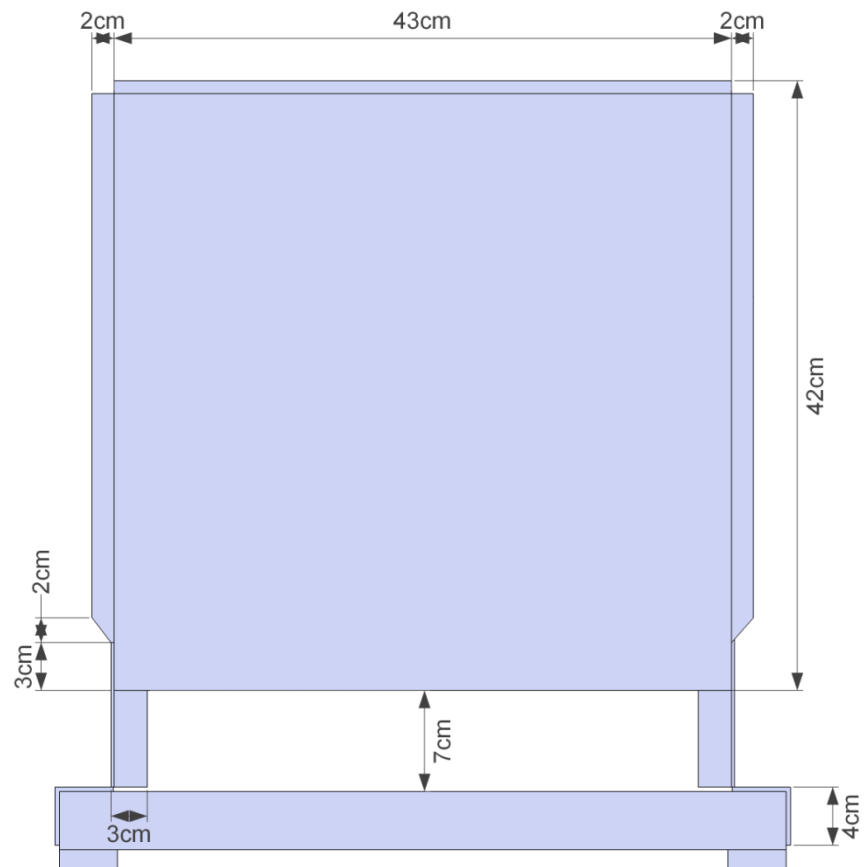


Ilustración 108. La vista lateral de los rodillos en la cilindradora

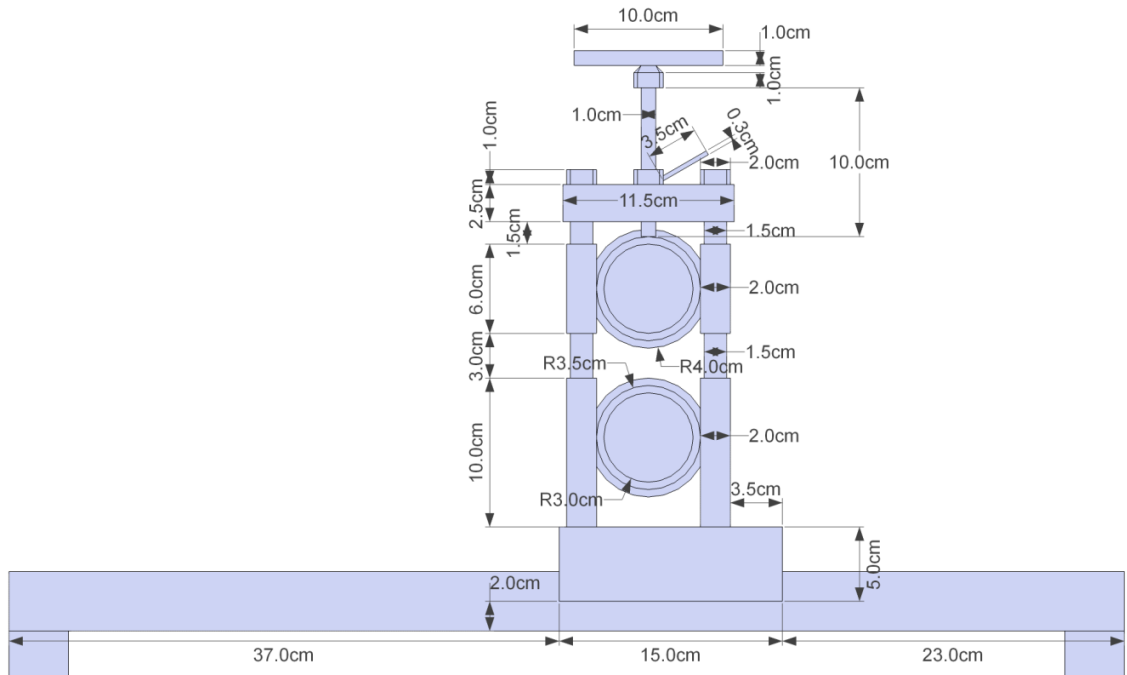


Ilustración 109. La vista frontal de la polea en el cilindro

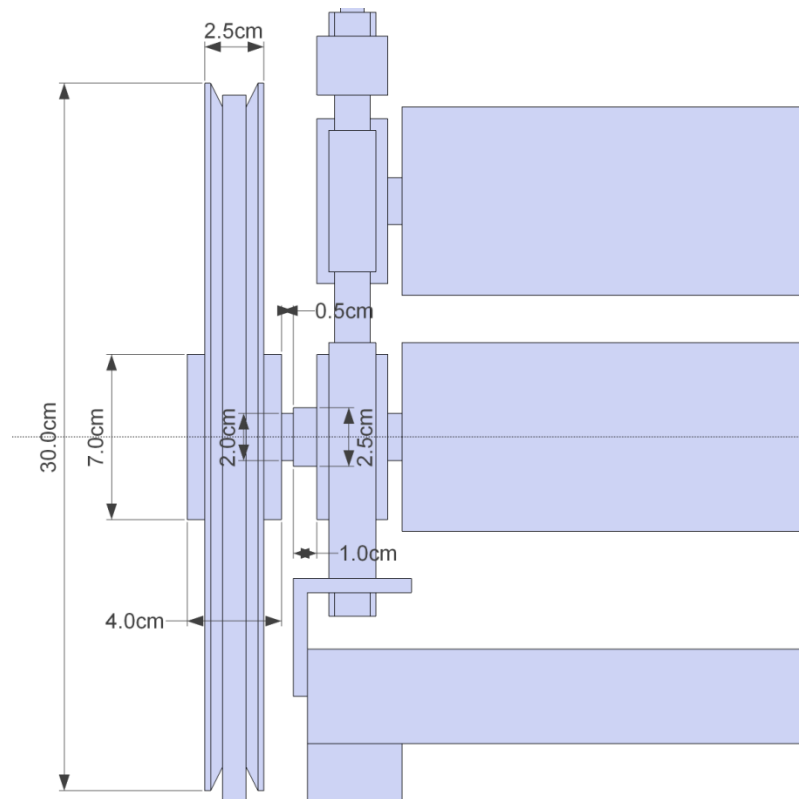


Ilustración 110. La vista lateral de la polea

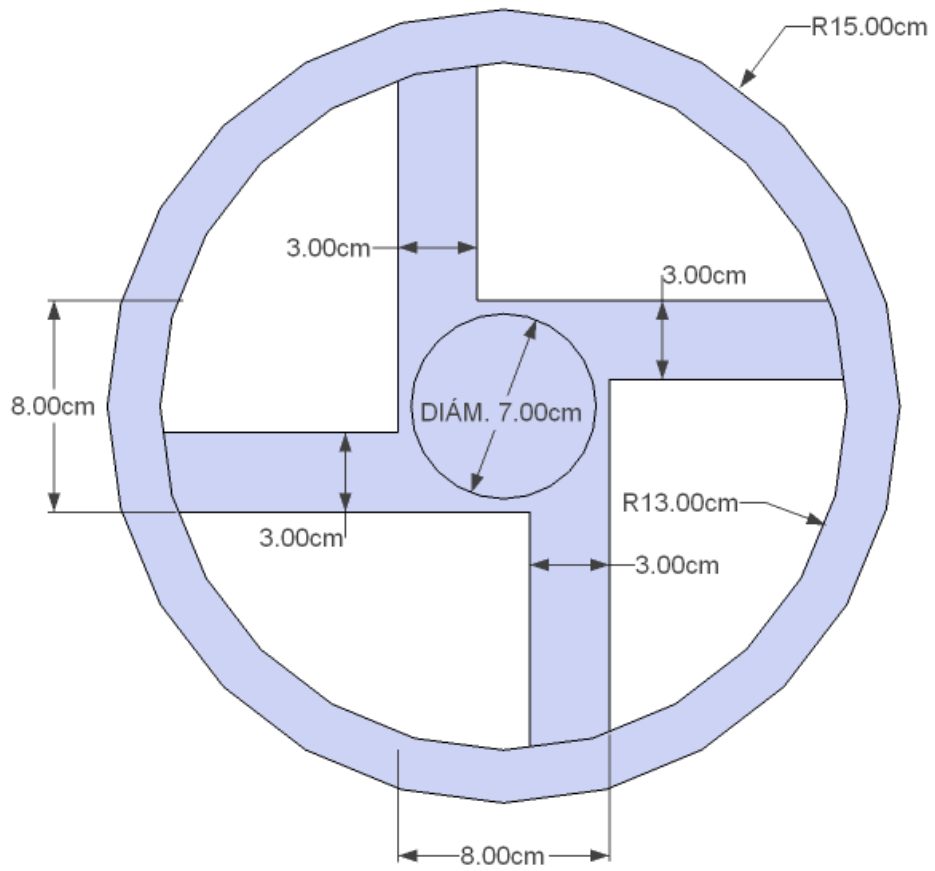


Ilustración 111. La vista lateral del soporte en la base de los rodillos

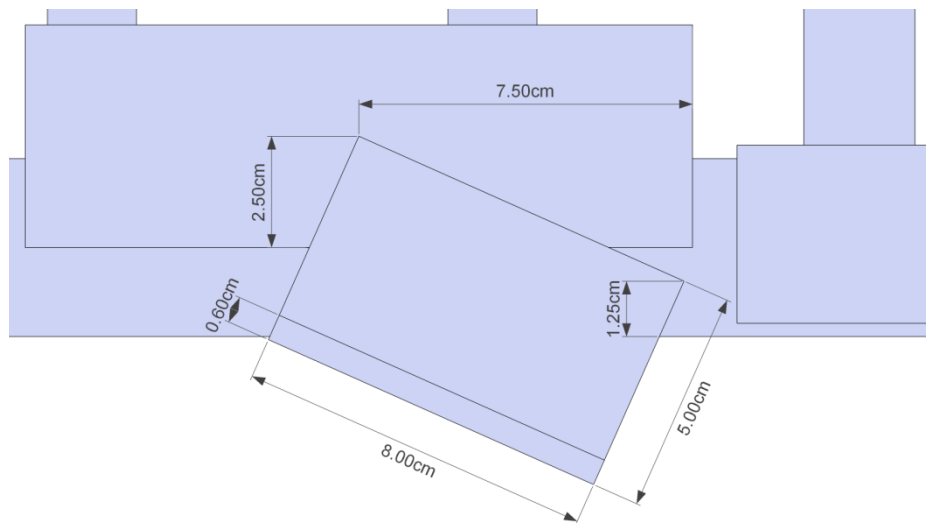


Ilustración 112. La vista frontal del soporte en la base de los rodillos

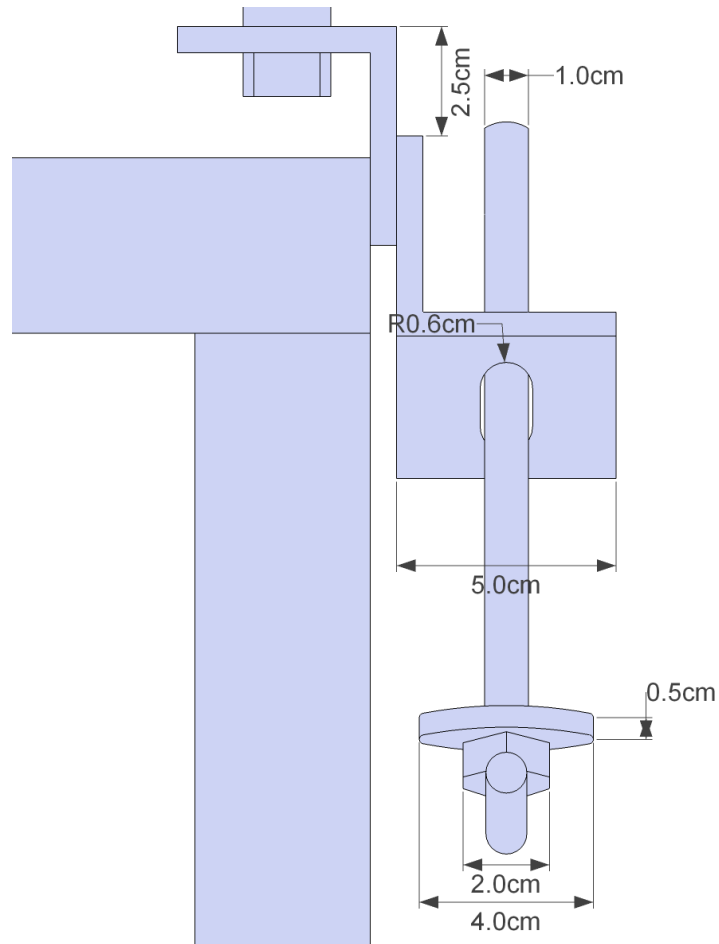


Ilustración 113. La vista lateral del ancla en la rampa

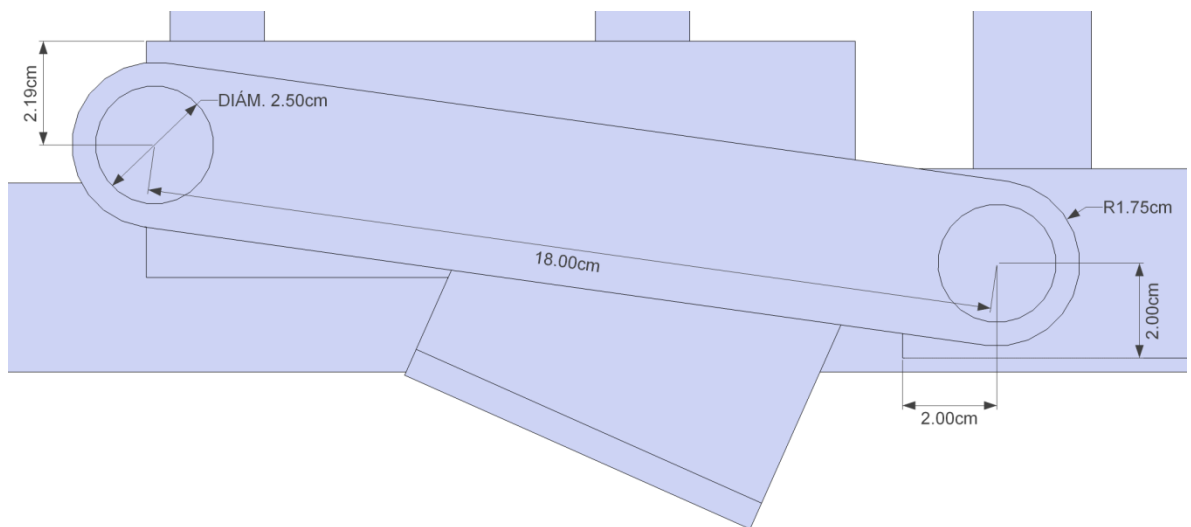


Ilustración 114. La vista frontal del ancla en la rampa

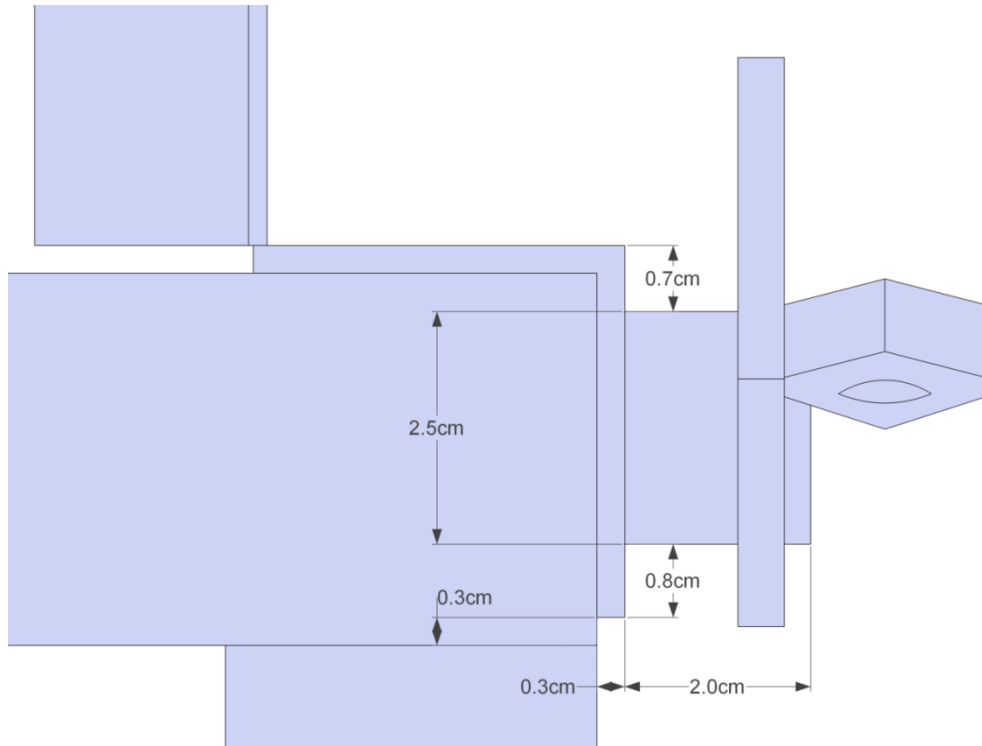


Ilustración 115. La vista lateral del tornillo entre el soporte y el ancla

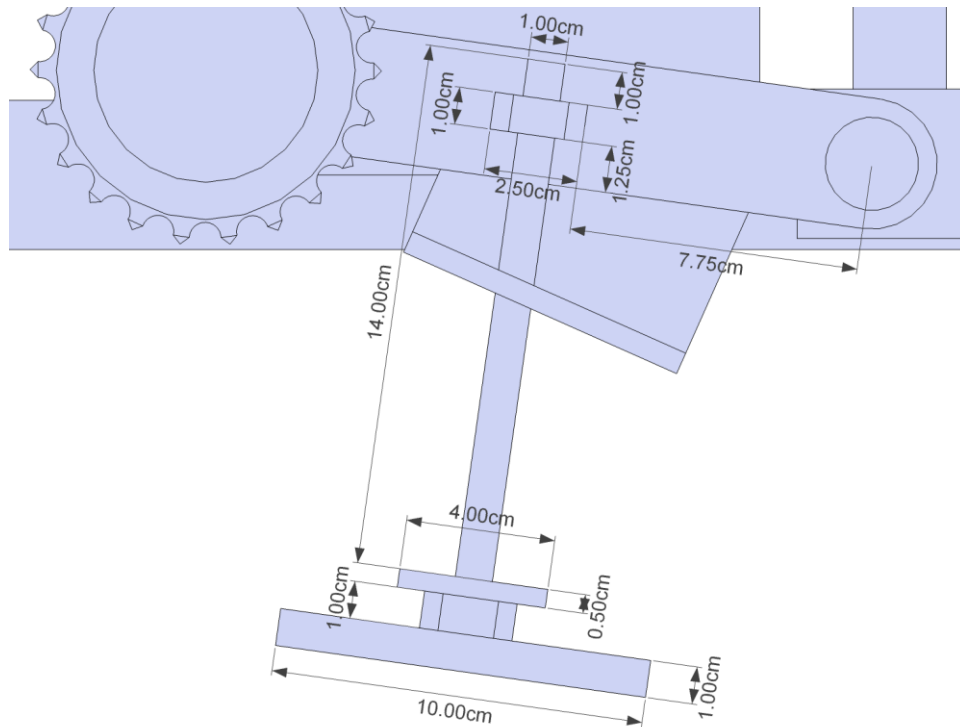


Ilustración 116. La vista lateral de un engranaje

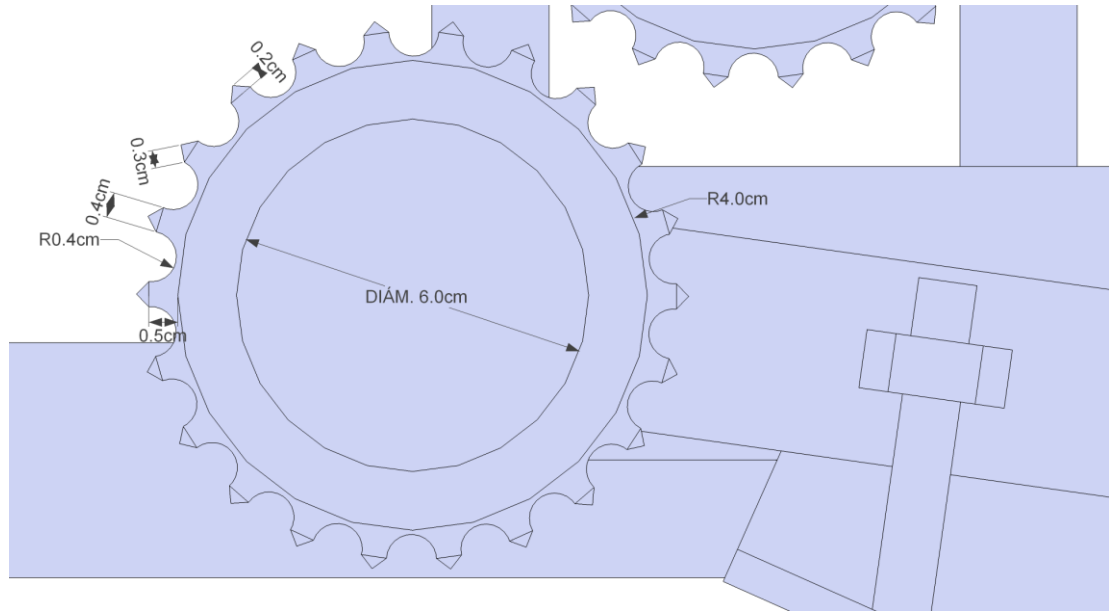


Ilustración 117. La vista frontal del engranaje en el ancla

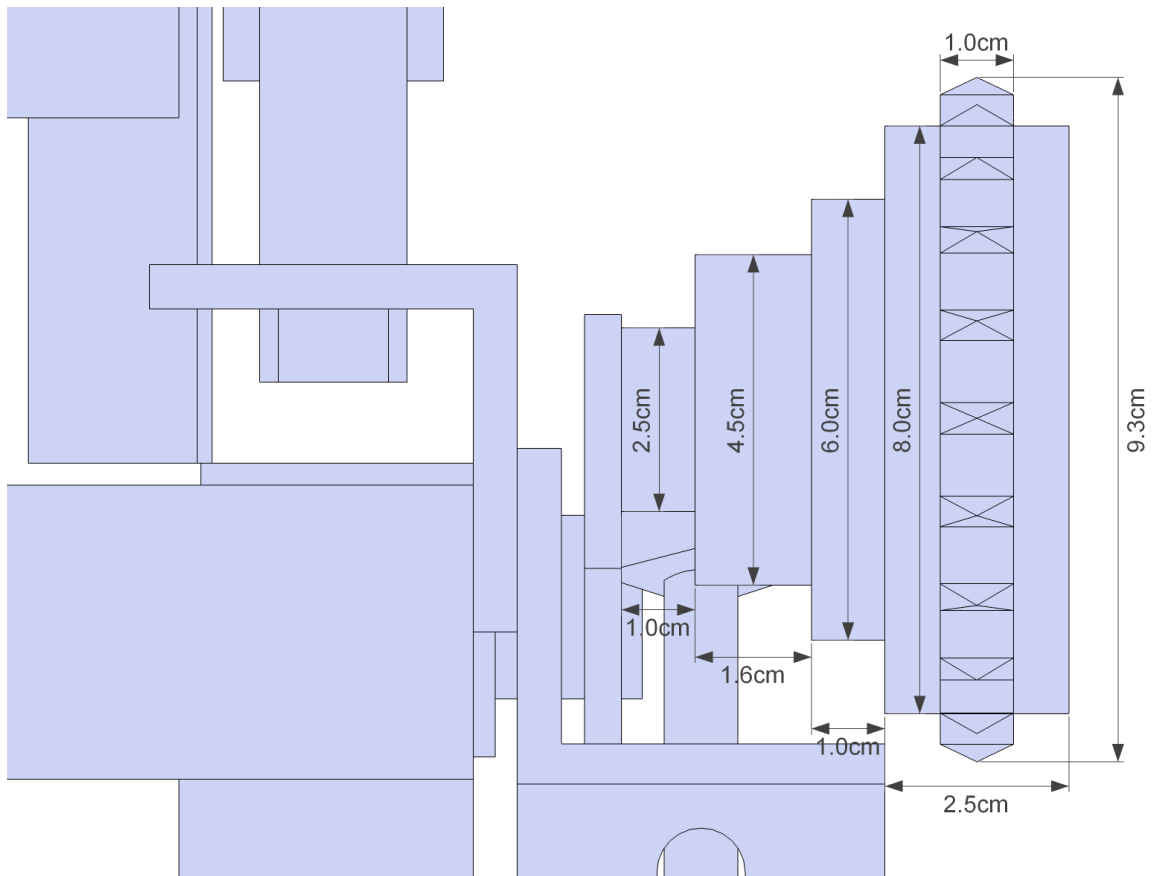
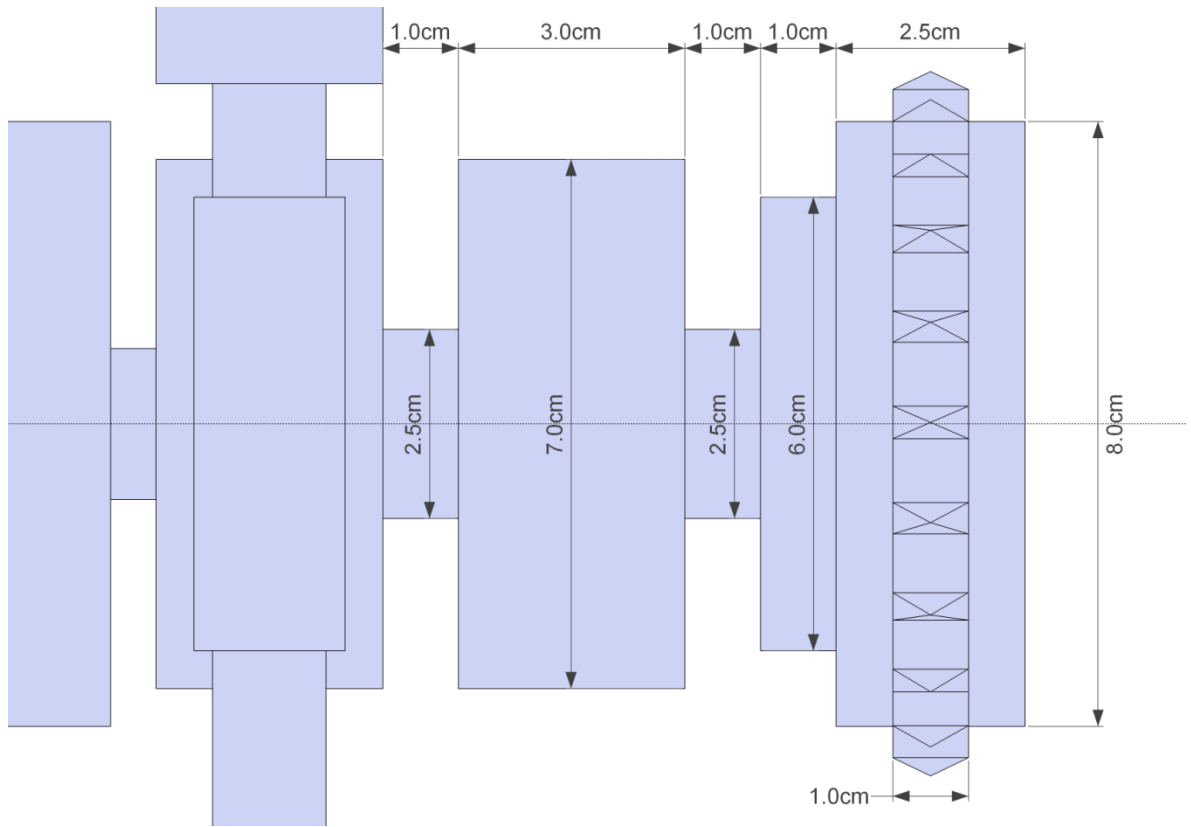


Ilustración 118. La vista frontal de un engranaje en los rodillos



3 LEVANTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA FISICA

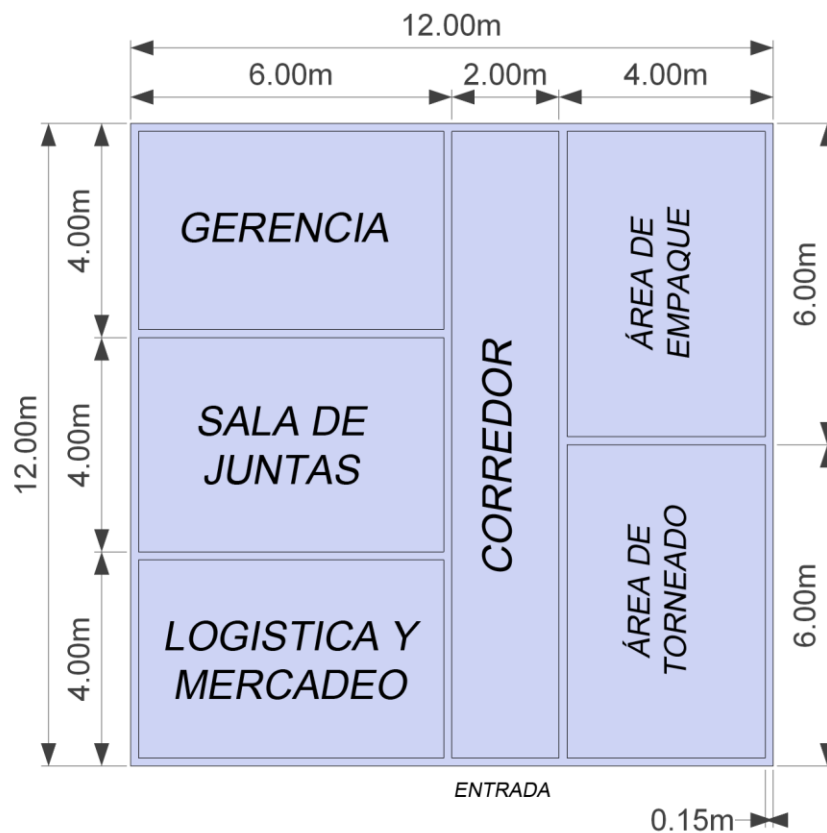
Objetivo: Desarrollar un ejercicio basico que muestre el alzado de las estructuras del edificio a partir de un plano con las herramientas de Google SketchUp 8.

3.1 PRIMER PASO: PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO

Cuando existe previamente un edificio se limita el diseño en la distribución pero si se crea un edificio totalmente nuevo existe un grado de libertad en su planteamiento inicial, conjuntamente todo edificio que cuente con un número determinado de paredes, techos, pisos y líneas de utilización debe cubrir a los operarios, materiales, maquinaria y actividades auxiliares.

Para realizar el siguiente ejercicio examine en la imagen **Vista de planta** las distancias entre las distintas áreas del edificio planteadas con el objetivo de desarrollar paso a paso el modelado tridimensional de las instalaciones de una empresa de producción utilizando las herramientas de Google SketchUp 8.

Ilustración 119. Vista de planta de las instalaciones



3.2 SEGUNDO PASO: PREPARAR EL PROYECTO DE MODELADO

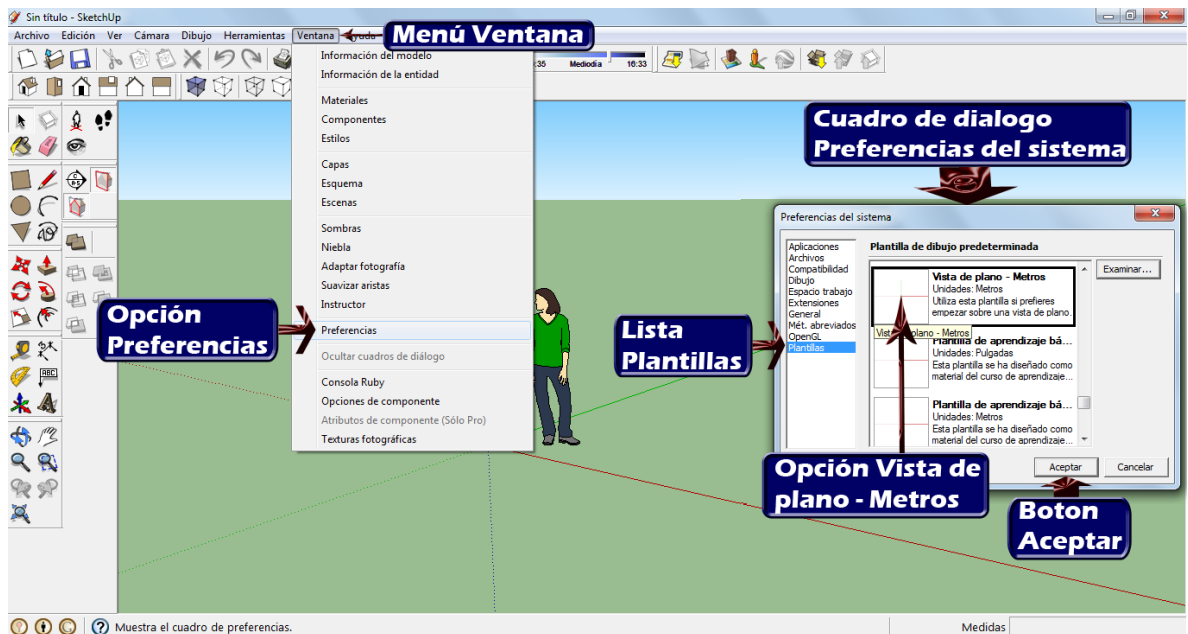
Desde el **Escritorio** de trabajo de Windows pulse dos veces el icono de acceso directo **Google SketchUp 8** para abrir el programa.

Ilustración 120. Icono Google SketchUp 8



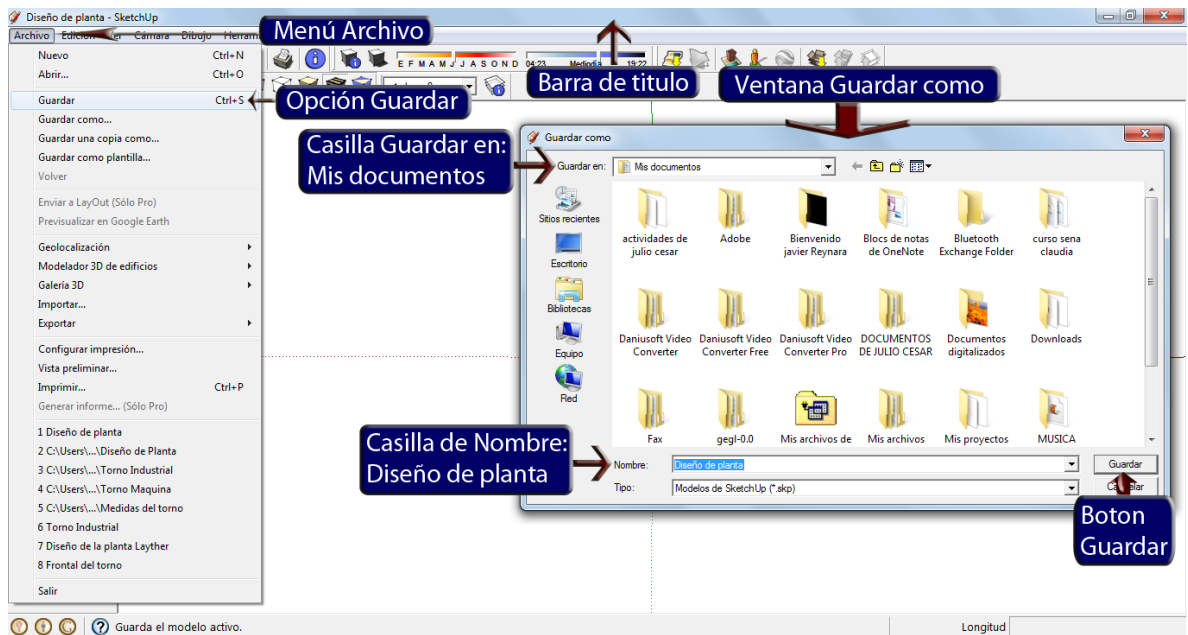
Despliegue el menú **Ventana** para abrir en la opción **Preferencias** el cuadro de dialogo **Preferencias del sistema**, luego elija en la lista **Plantillas** la opción **Vista de plano - Metros** y presione en el botón **Aceptar**.

Ilustración 121. Opción de preferencias



Despliegue el menú **Archivo** y seleccione la opción **Guardar** para abrir el cuadro de dialogo **Guardar como**, luego ubíquese en la casilla **Guardar en:** y elija la dirección **Mis documentos**, además designe en la casilla **Nombre** el proyecto como **Diseño de Planta** y ejecute la orden **Guardar**. Si ha guardado correctamente observara el cambio del nombre en la **Barra de título**.

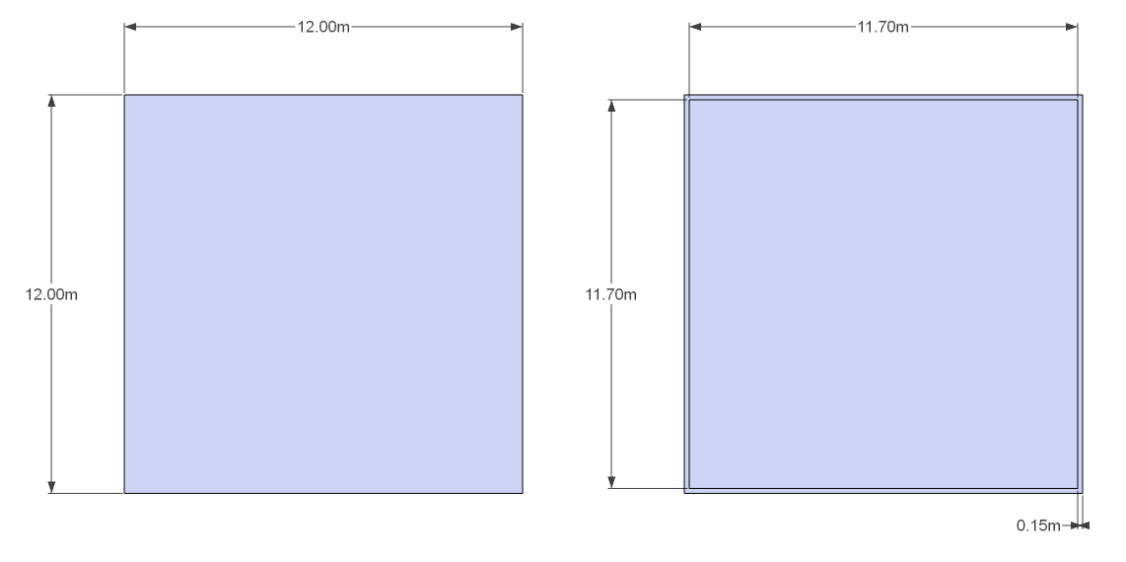
Ilustración 122. Ventana para guardar el proyecto



3.3 TERCER PASO: DIBUJAR EL PLANO

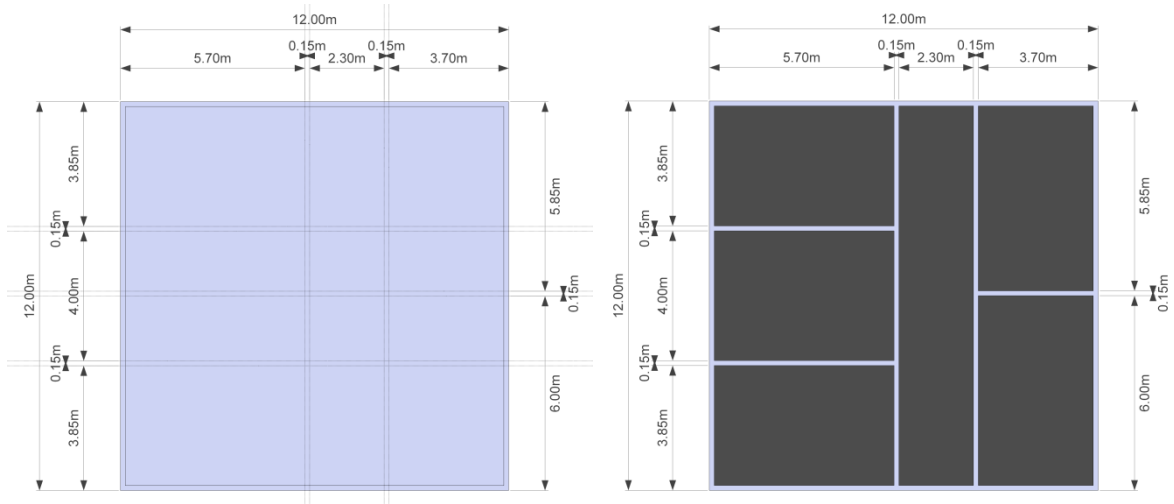
Empiece a trabajar en el punto de inicio donde se cruzan los ejes de dibujo rojo y verde y trace un recuadro con la herramienta **Rectángulo**, observe que en la vista de plano el eje azul no es visible inicialmente, luego con la herramienta **Equidistancia** dibuje un cuadrado al interior del contorno exterior para ajustar el grueso de las paredes.

Ilustración 123. Paredes exteriores



Partiendo de los márgenes exteriores ubique con la herramienta **Medir** líneas de guía para orientar el trazado de las paredes en el interior de la construcción, luego dibuje con la herramienta **Rectángulo** las paredes internas, después acerque la vista del modelo con la herramienta **Zoom** y elimine con la herramienta **Borrar** las pequeñas líneas de unión para darle forma continua a la cara de las paredes.

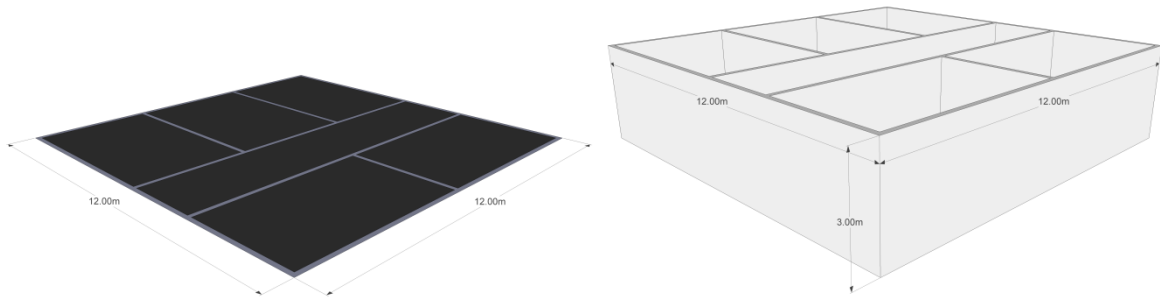
Ilustración 124. Líneas de orientación y paredes internas



3.4 CUARTO PASO: LEVANTAR LOS MUROS

Para realizar el levantamiento de las paredes cambie la vista del modelo de **Planta** a **Isométrica** y arrastre con la herramienta **Empujar/tirar** la cara de las paredes hacia arriba ingresando el valor de la altura en el CCV.

Ilustración 125. Alzado de las paredes



3.5 QUINTO PASO: ABERTURA DE LAS PUERTAS Y VENTANAS

Para crear la abertura de las puertas sitúe con las herramientas **Orbitar** y **Zoom** la vista del modelo donde trace con la herramienta **Medir** las líneas de guía que le permita dibujar el contorno con la herramienta **Rectángulo** y despeje con la herramienta **Empujar/tirar** las áreas trazadas llevando las caras hacia el interior de las paredes, después elimine con la herramienta **Borrar** las aristas del interior situadas en la base de las puertas para dejar una cara continua en el suelo.

Para formar la abertura de las ventanas sitúe la vista del modelo con las herramientas **Orbitar** y **Zoom** donde proyecte con la herramienta **Medir** las líneas de guía que le permita dibujar el contorno con la herramienta **Rectángulo** y arrastre la cara de la entidad creada hacia el interior de las paredes con la herramienta **Empujar/tirar** para despejar el orificio.

Ilustración 126. Abertura de las puertas

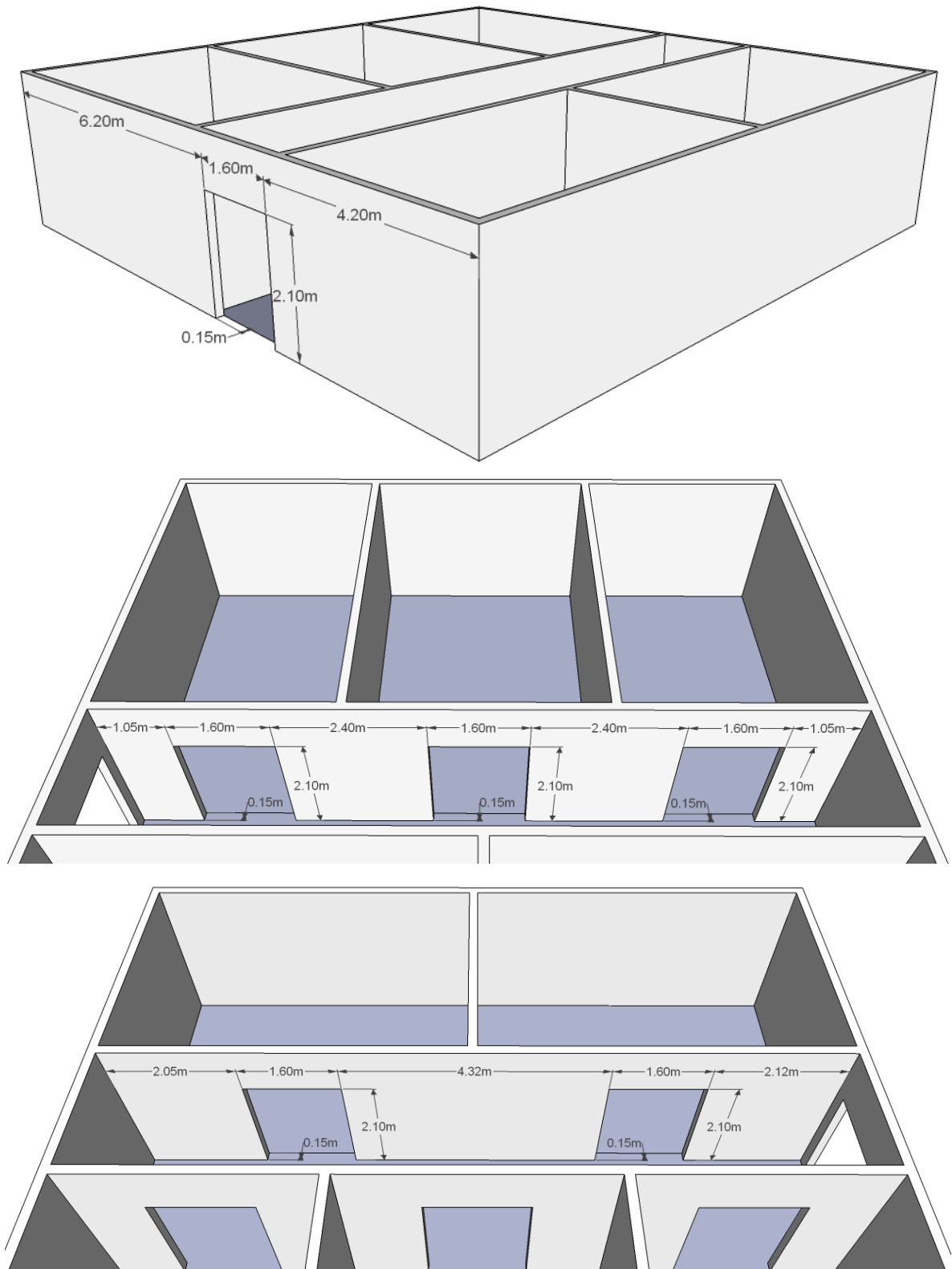
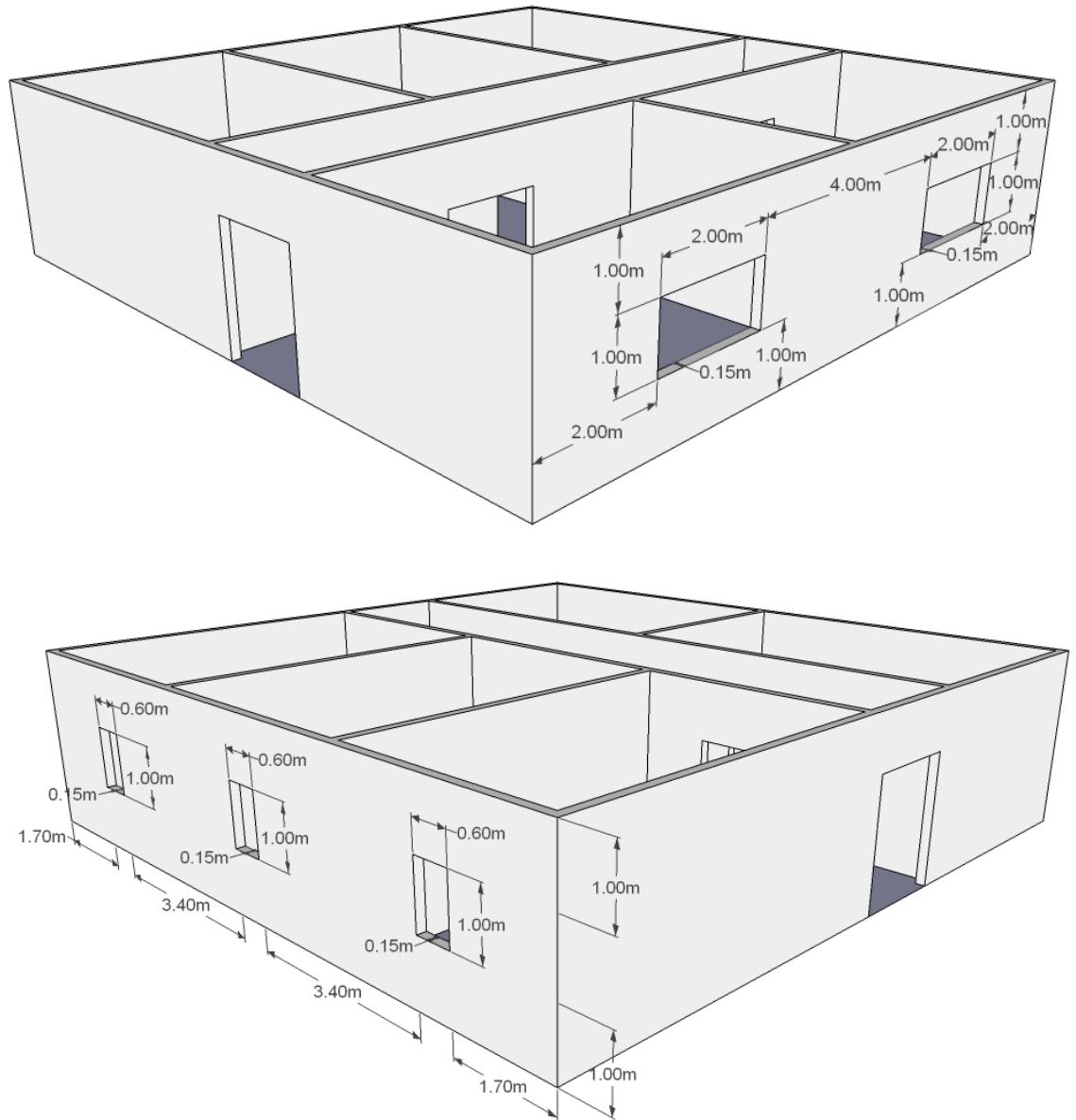


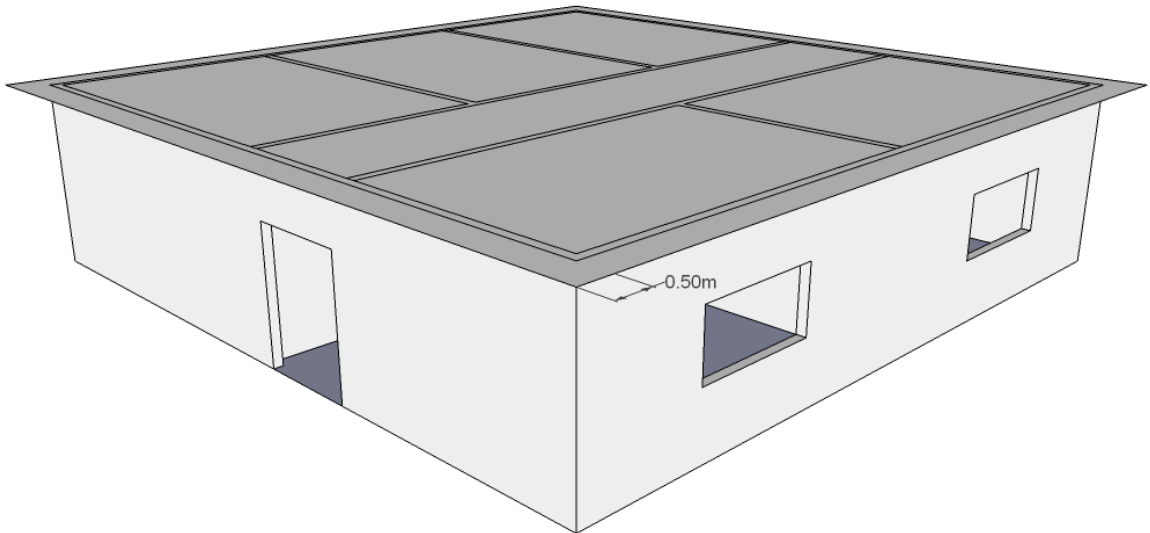
Ilustración 127. Abertura de las ventanas



3.6 SEXTO PASO: CONSTUIR EL TECHO

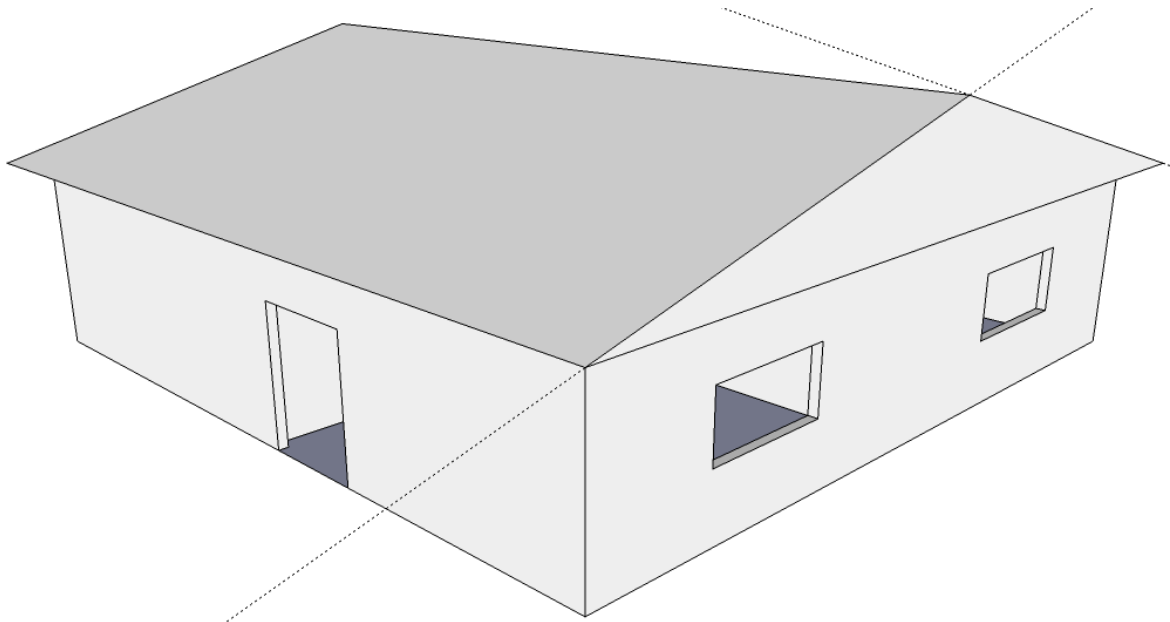
Dibuje el techo del edificio con la herramienta **Rectángulo** y tomando la medida desde la superficie de la pared extienda el área del techo con la herramienta **Equidistancia**.

Ilustración 128. Extensión del techo



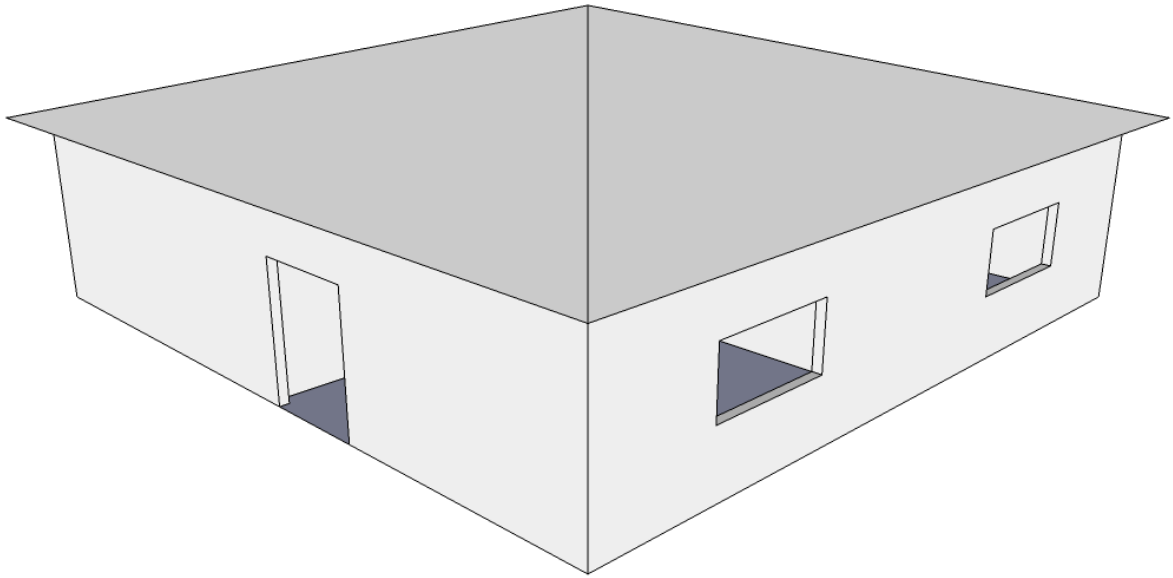
Posicione con la herramienta **Transportador** líneas auxiliares con 15 grados de inclinación en las esquinas del techo para que dibuje con la herramienta **Línea** las aristas del contorno siguiendo las líneas guía y extienda con la herramienta **Empujar/tirar** la forma del techo.

Ilustración 129. Forma del techo



Traslade con la herramienta **Mover** la esquina superior del triángulo hacia el punto medio formando el techo piramidal.

Ilustración 130. Techo piramidal



3.7 SEPTIMO PASO: APLICAR MATERIALES

Extienda el menú **Ventana** y seleccione la opción **Materiales**, luego en el cuadro de dialogo escoja los materiales para aplicarlos a la construcción: seleccione en la lista **Piedra** el material **Pavimento_de_baldosas_de_piedras_grises** para aplicarlo en el suelo, elija en la lista **Ladrillos y revestimiento** el material **Ladrillos_sin_pulir_color_canela** para aplicarlo en las paredes y escoja en la lista **Tejado** el material **Tejas** para aplicarlo en el techo.

Ilustración 131. La ventana Materiales

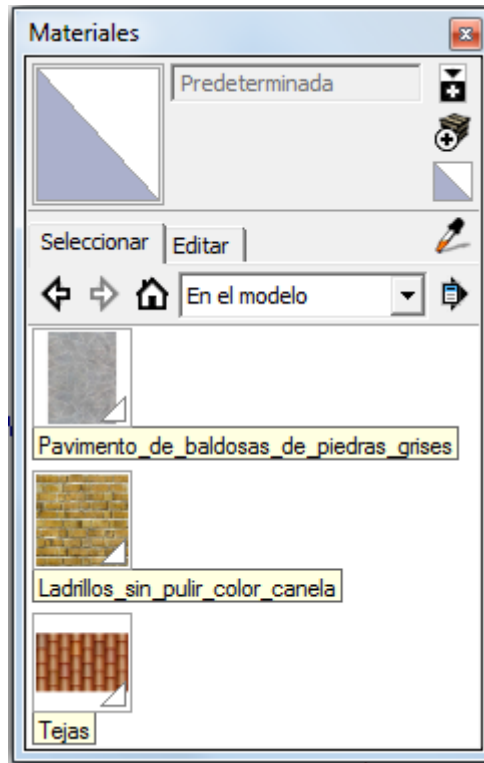
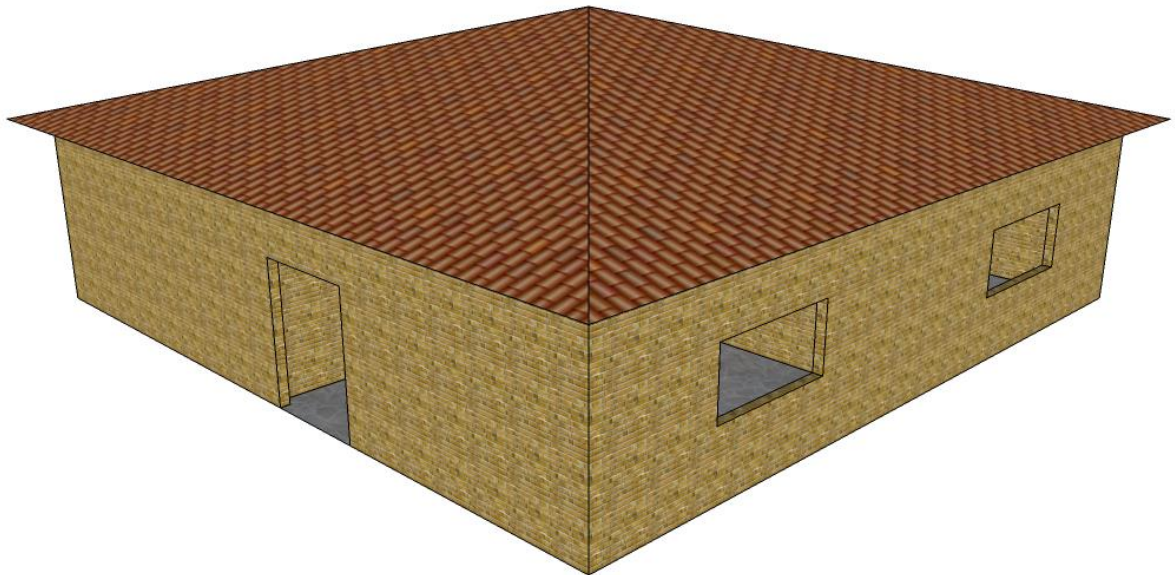


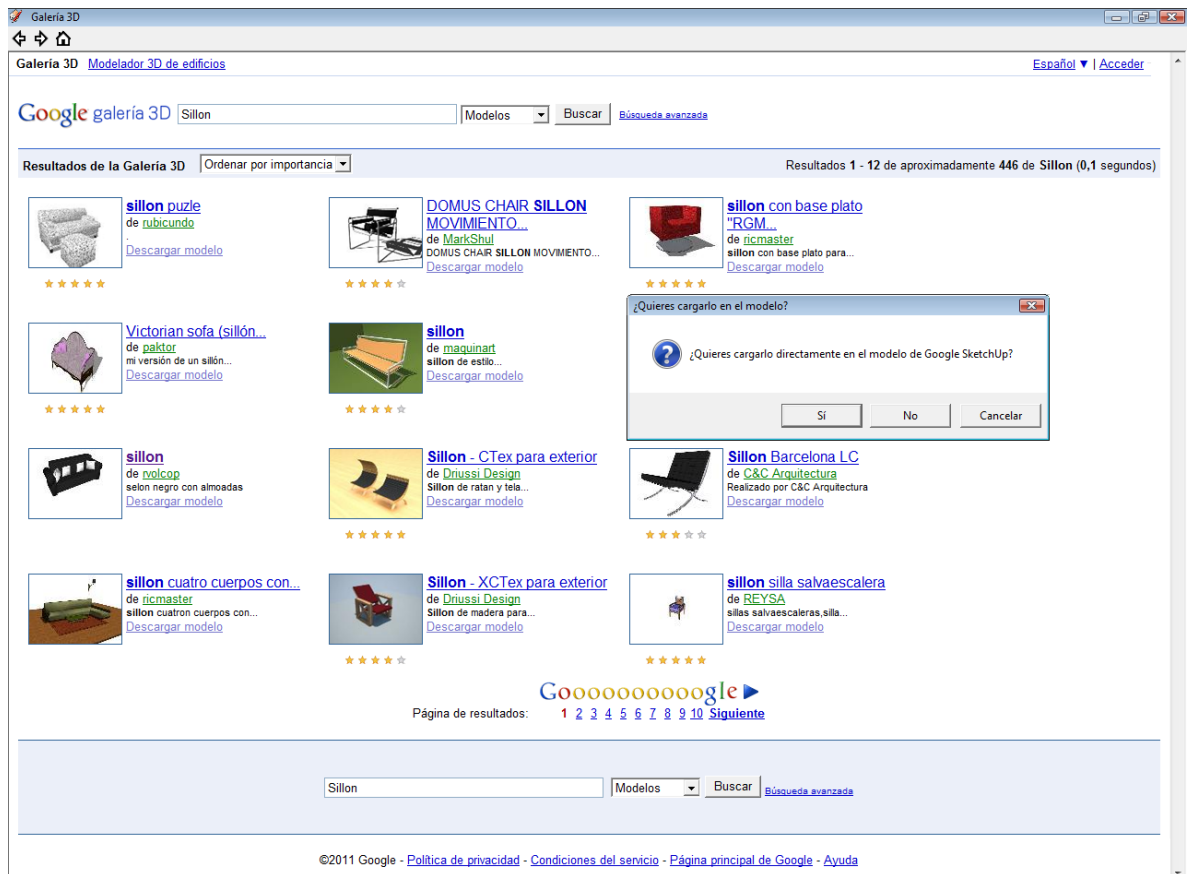
Ilustración 132. Los materiales en el edificio



3.8 OCTAVO PASO: UBICAR LOS ELEMENTOS

Al desplegar el menú **Archivo** baje hasta el título **Galería3D** y elija la opción **Obtener modelos...** para abrir la ventana de navegación, luego con el motor de búsqueda encuentre los archivos de modelos 3D disponibles en la web para descargarlos en el modelo y con la herramienta **Mover** ubíquelos dentro de la edificación fijándose de no dejarlos flotando en el espacio de dibujo.

Ilustración 133. Ventana Galería 3D



Active la proyección de las sombras con el boton **Ocultar/mostrar sombras** ubicado en la barra de herramientas **Sombras**, despues con la herramienta **Texto** indique el nombre de los departamentos en la construcción.

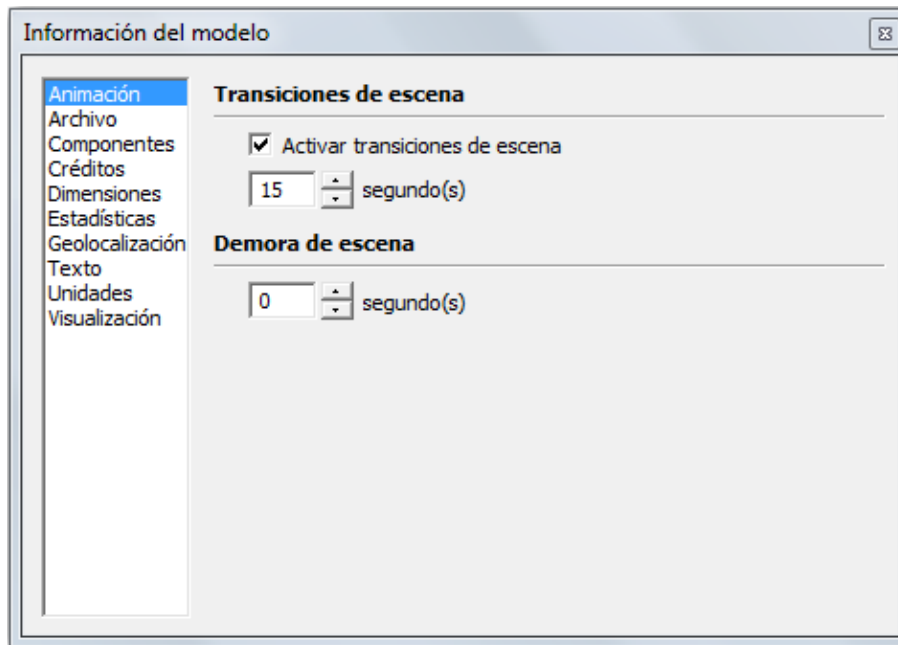
Ilustración 134. Proyección de las sombras y nombres



3.9 NEVENO PASO: ANIMACIÓN POR ESCENAS

Despliegue el menú **Ver** y ampliando la lista **Animación** para escoger la opción **Ajustes** que abre la ventana **Información del modelo** donde aparece resaltado en azul la opción **Animación** de la lista ubicada a la derecha para que escriba en el espacio **Transiciones de escena** el valor **15 segundo(s)** y en la casilla **Demora de escena** digita el valor **0 segundo(s)**.

Ilustración 135. Ajustes de escena



Extienda el menú **Ventana** y seleccione la opción **Escenas** para abrir el cuadro de dialogo donde podra precionar el boton **Añadir escena** para agregar seis nuevas escenas, entonces sitúe en cada una de las escenas las distintas vistas para exponer el modelo de la siguiente forma:

- En la primera escena arranque en la vista de **Planta** de todo el edificio
- En la segunda escena baje a la vista **Frontal** ubicandose en el corredor
- En la tercera escena gire a la vista **Derecha** hasta el primer departamento
- En la cuarta escena se **Desplaza** a la sala de juntas
- En la quinta escena se **Desplaza** a la gerencia
- En la sexta escena gire a la vista **Izquierda** hacia el área de empaque
- En la septima escena se **Desplaza** al área de tornos
- En la octava escena sale del edificio a la vista **Isometrica**

Cada vez que se realice un cambio en las escenas debe presionar el boton **Actualizar Escenas**.

Ilustración 136. Ventana escenas

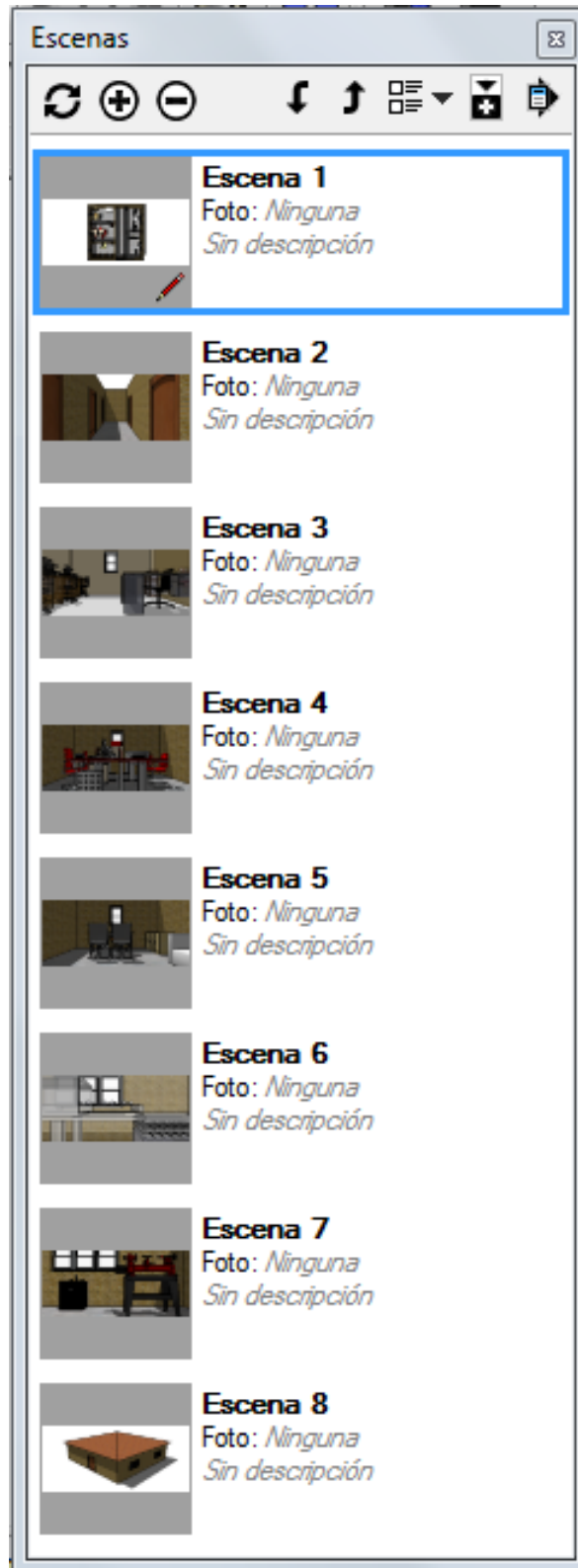
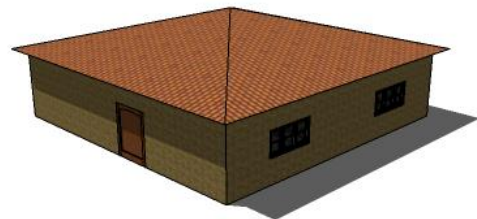
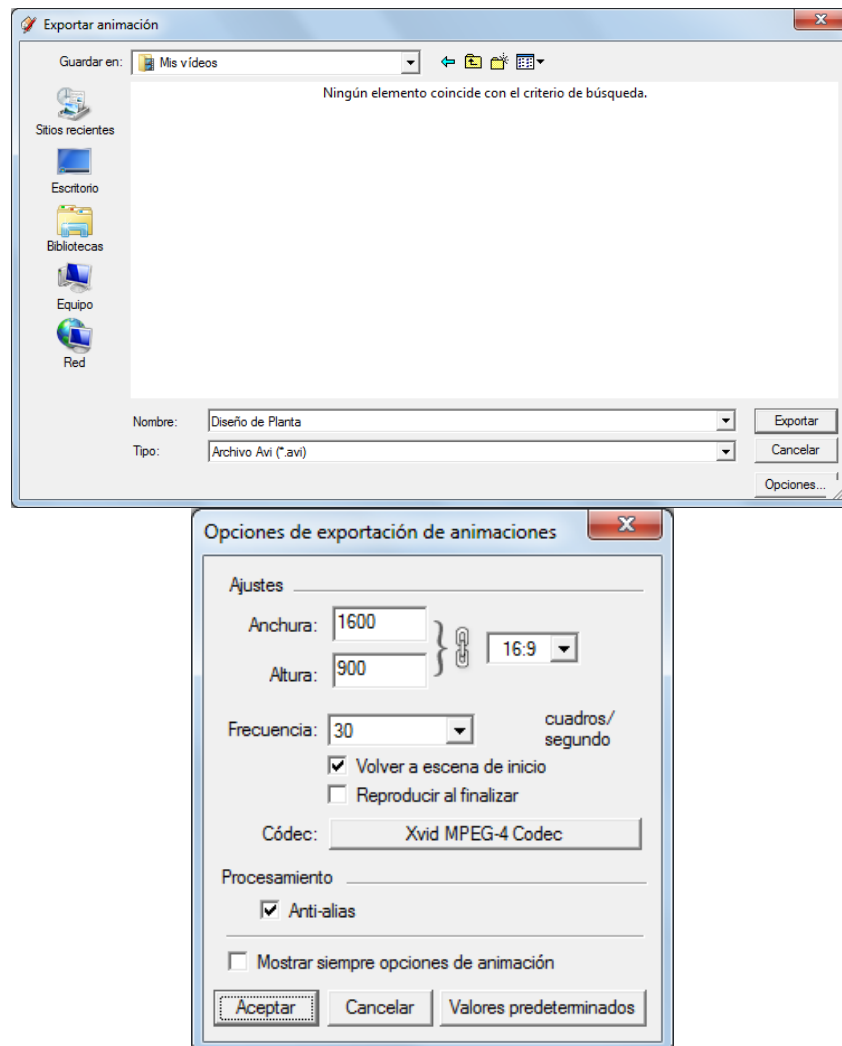


Ilustración 137. Vista previa de las ocho escenas



Despliegue el menú **Archivo** y escoja de la lista **Exportar** la opción **Animación...** que abre la ventana para definir en la casilla **Guardar en:** la dirección **Mis videos**, ahora en el **Nombre** escriba **Diseño de planta**, en el zona **Tipo:** mantenga el modo **Archivo Avi (*.avi)**, presione en el botón **Opciones...** que abre la ventana **Opciones de exportación de animaciones** para que amplíe el **Ajuste** de **Anchura** y **Altura**, cambie el formato a **16:9**, reubique la **Frecuencia:** a **30 cuadros/segundo**, opte por la opción **Volver a escena de inicio**, escoja el **Xvid MPEG-4 Codéc**, active en **Procesamiento** la opción **Anti-alias**, luego presione el botón **Aceptar** y configurada las opciones presione en el botón **Exportar**.

Ilustración 138. Ventana Exportar animación y Opciones



3.10 EJERCICIOS PROPUESTOS

- *Ejercicio Primero*

Para la primera actividad utilice como referencia los planos de la fábrica y desarrolle el modelado tridimensional de las diferentes áreas de la empresa utilizando las herramientas de SketchUp.

Ilustración 139. Distribución de la primera empresa

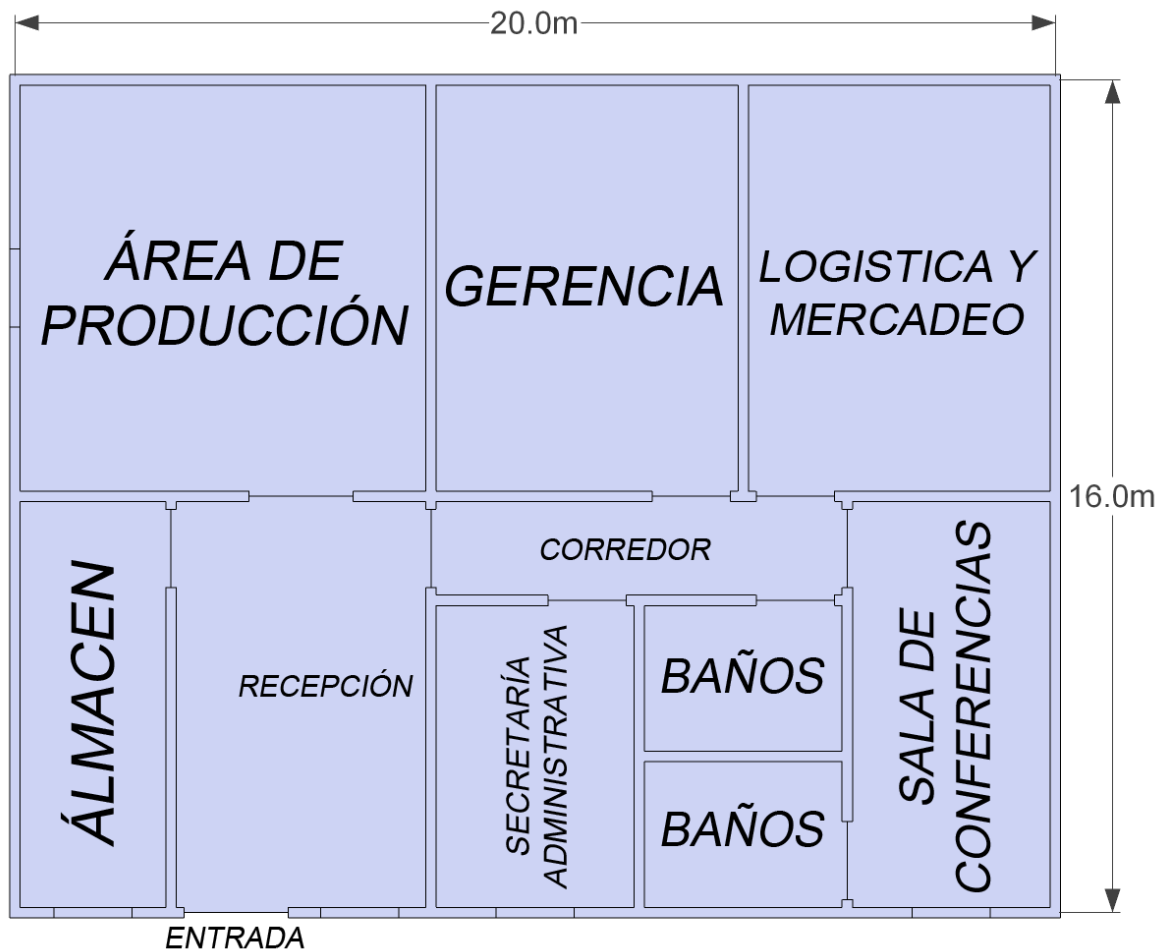
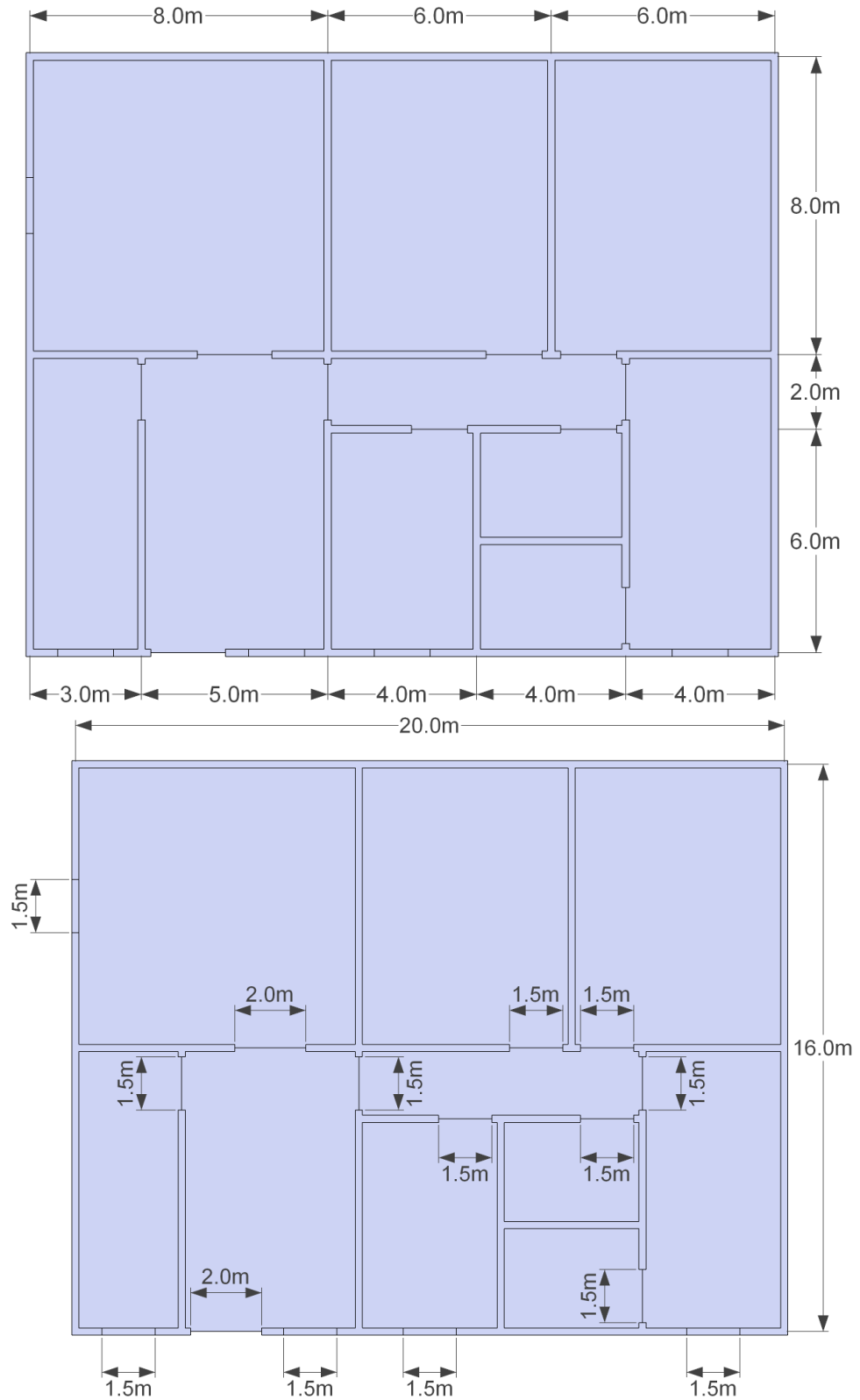


Ilustración 140. Medidas de las paredes, puertas y ventanas



- **Ejercicio Segundo**

Para la segunda actividad utilice como referencia los planos de la edificación y desarrolle el modelado tridimensional de las diferentes áreas de la empresa utilizando las herramientas de SketchUp.

Ilustración 141. Distribución de la segunda empresa

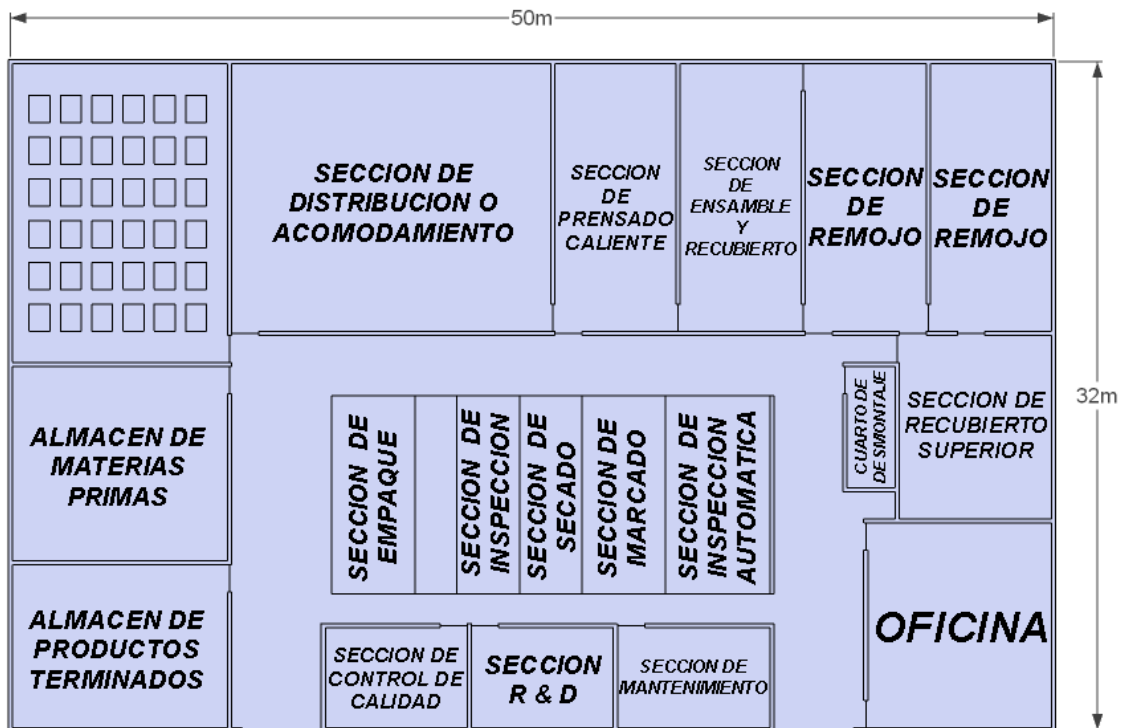
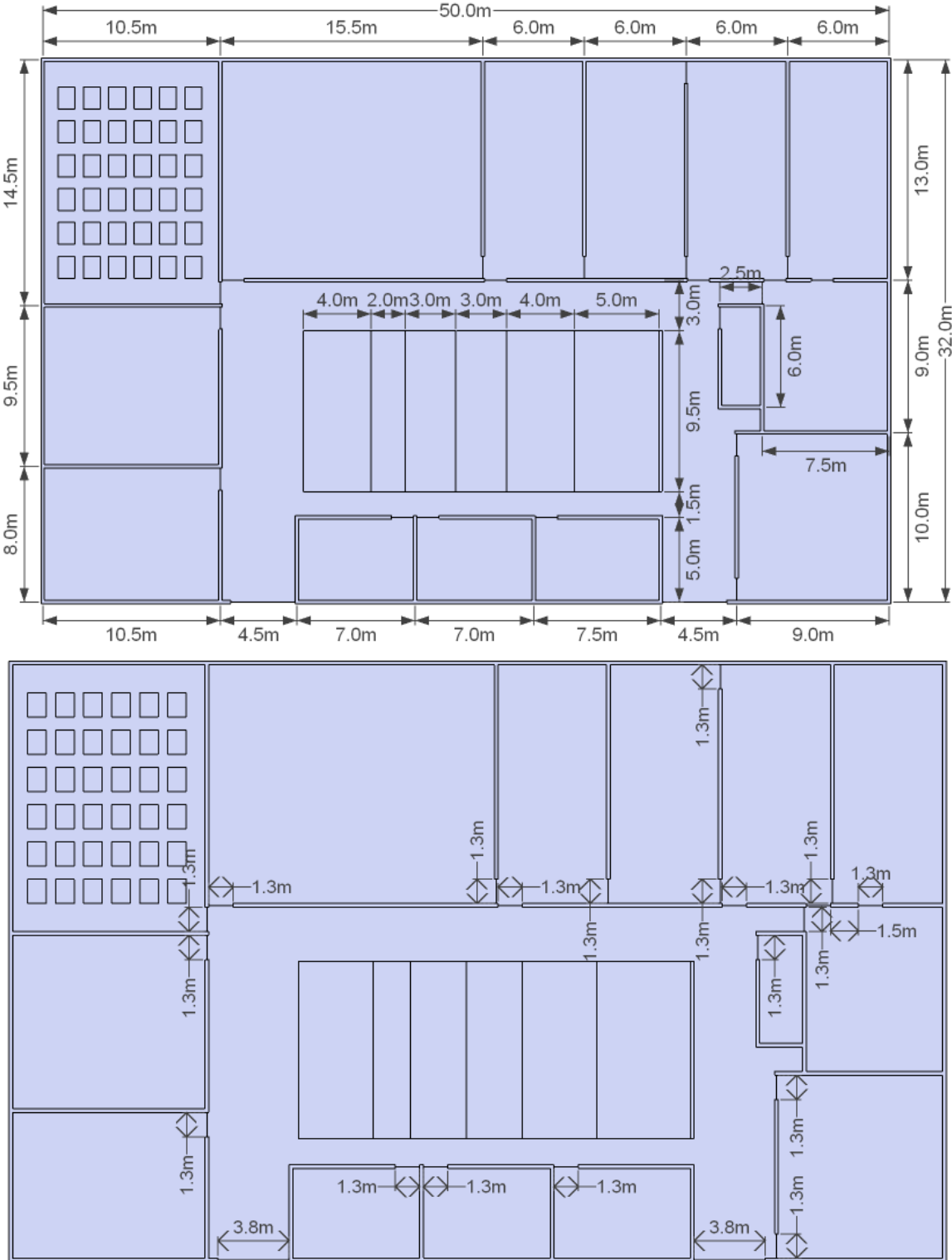


Ilustración 142. Dimensiones de las paredes y puertas



4 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

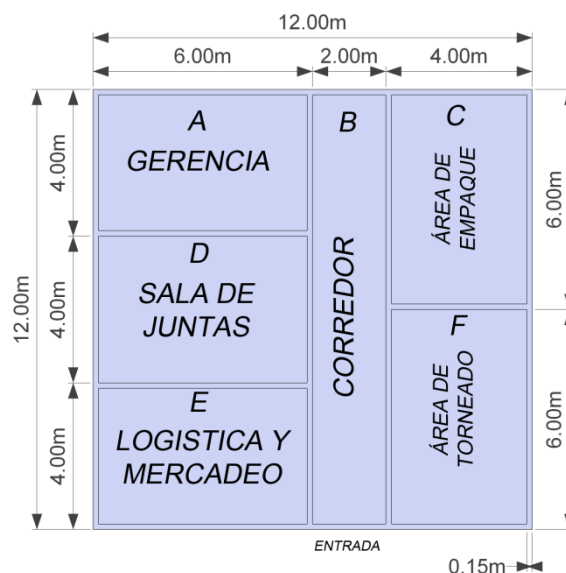
Objetivo: Desarrollar un ejercicio relacionado con el manejo del software SketchUp para distribución en planta a partir de criterios cuantitativos

4.1 PRIMER PASO: PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO

Se puede obtener la solución a los problemas de distribución en planta a partir de criterios cuantitativos con la ayuda del computador utilizando el programa WinQSB versión 2.0 para Windows, ya que disminuye en gran medida el tiempo que toma realizar un número excesivo de cálculos y posibilidades. Las herramientas del módulo **Facility Location and Layout** (Diseño y localización de plantas) utilizan un método heurístico basado en el algoritmo de CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique) para resolver los problemas de distribución en planta a través de la transposición sucesiva de sus departamentos, hasta alcanzar el coste mínimo de las interrelaciones entre operaciones o departamentos.

Realice el cambio de la distribución espacial existente en los diversos departamentos con el objetivo de disminuir el coste de las interrelaciones entre sus operaciones. En esta empresa funcionan 6 departamentos, y se sugiere conservar el área del corredor (**B**) en la posición actual para permitir el acceso desde el resto de las áreas.

Ilustración 143. Distribución actual de las áreas de la empresa



Utilice los valores de entrada en la matriz de flujo de personas y materiales entre los departamentos, la cual indica el número estimado de recorridos que se realizan usando las rutas de acceso entre cada pareja de departamentos en el curso de una semana, obtenidos luego de realizar las encuestas entre los encargados de cada operación.

Tabla 2. La matriz de flujo entre las áreas

	A	B	C	D	E	F
A	0	15	56	58	47	0
B	42	0	24	0	0	52
C	68	90	0	21	14	16
D	24	48	42	0	54	84
E	0	81	35	50	0	46
F	39	22	84	14	56	0

Para calcular el costo de mover una carga unitaria de un departamento al otro tenga en cuenta que el costo es directamente proporcional a la distancia rectilínea entre los pares de centro de los departamentos en la disposición inicial.

Tabla 3. El costo de las interrelaciones entre las áreas

	A	B	C	D	E	F
A	\$0	\$8	\$8	\$12	\$16	\$14
B	\$8	\$0	\$6	\$4	\$8	\$6
C	\$8	\$6	\$0	\$10	\$14	\$12
D	\$12	\$4	\$10	\$0	\$12	\$10
E	\$16	\$8	\$14	\$12	\$0	\$8
F	\$14	\$6	\$12	\$10	\$8	\$0

4.2 SEGUNDO PASO: RESOLVER EL PROBLEMA

Ejecute en el programa **WinQSB** el módulo **Facility Location and Layout** y seleccione la opción **New Problem** en el menú **File** para ingresar en los campos de la ventana **Problem Specification** las delimitaciones del problema y presiones en el botón **OK**. Observe que el número de filas (Rows) y columnas (Columns) en el área del diseño de planta inicial se relaciona con las dimensiones del plano dado en metros y se definen los departamentos con forma rectangular.

Ilustración 144. La ventana Problem Specification

The screenshot shows the 'Problem Specification' dialog box. It contains the following elements:

- Problem Type:** Radio buttons for Facility Location, Functional Layout (selected), and Line Balancing.
- Objective Criterion:** Radio buttons for Minimization (selected) and Maximization.
- Problem Title:** Text box containing 'Ejercicio 1'.
- Number of Functional Departments:** Text box containing '6'.
- Number of Rows in Layout Area:** Text box containing '12'.
- Number of Columns in Layout Area:** Text box containing '12'.
- Buttons:** OK, Cancel, and Help.

Ahora escriba en la hoja de entrada de la base de datos la designación de cada departamento, el flujo entre los departamentos, el costo por unidad de distancia entre departamentos y la ubicación de cada departamento en la distribución inicial.

Ilustración 145. Hoja para la entrada de datos

Department Number	Department Name	Location Fixed	To Dep. 1 Flow/Unit Cost	To Dep. 2 Flow/Unit Cost	To Dep. 3 Flow/Unit Cost	To Dep. 4 Flow/Unit Cost	To Dep. 5 Flow/Unit Cost	To Dep. 6 Flow/Unit Cost	Initial Layout in Cell Locations [e.g., (3,5), (1,1)-(2,4)]
1	A	No	0	15/8	56/8	58/12	48/16	0/14	(1,1)-(4,6)
2	B	No	42/8	0	24/6	0/4	0/8	52/6	(1,7)-(12,8)
3	C	No	68/8	90/6	0	21/10	14/14	16/12	(1,9)-(6,12)
4	D	No	24/12	48/4	42/10	0	54/12	84/10	(5,1)-(8,6)
5	E	No	0/16	81/8	35/14	50/12	0	46/14	(9,1)-(12,6)
6	F	No	39/14	22/6	84/12	14/10	56/14	0	(7,9)-(12,12)

Obtenga el resultado inicial seleccionando la opción **Evaluate the Initial Layout Only** y en la ventana **Functional Layout Solution** escoja las opciones **Improve by Exchanging 2 departments** (el método de transposición de dos departamentos a la vez) y **Rectilinear Distance** (el tipo de medida distancia rectangular), finalmente presione en el botón **OK**.

Ilustración 146. Ventana para definir el método de solución

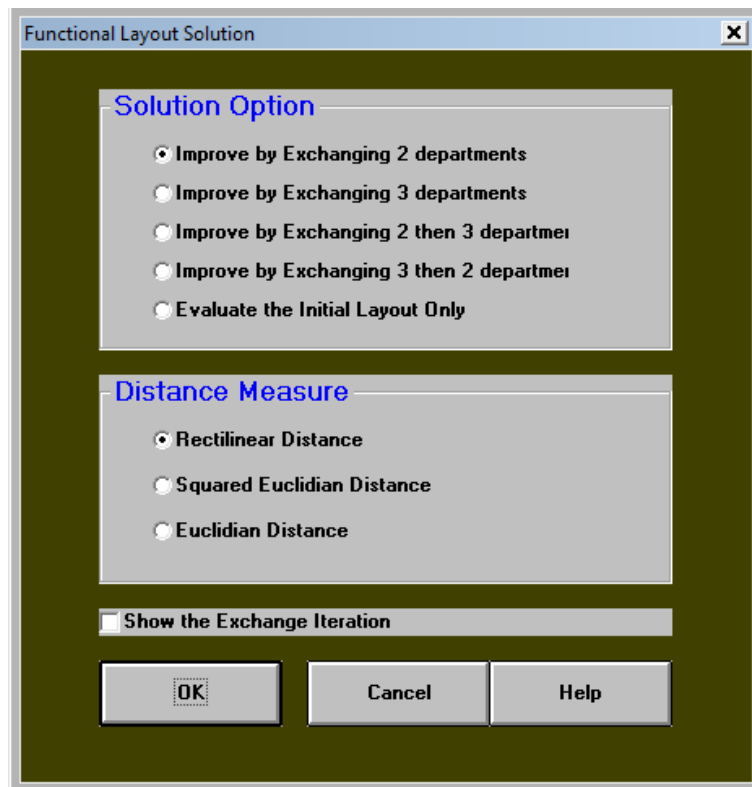
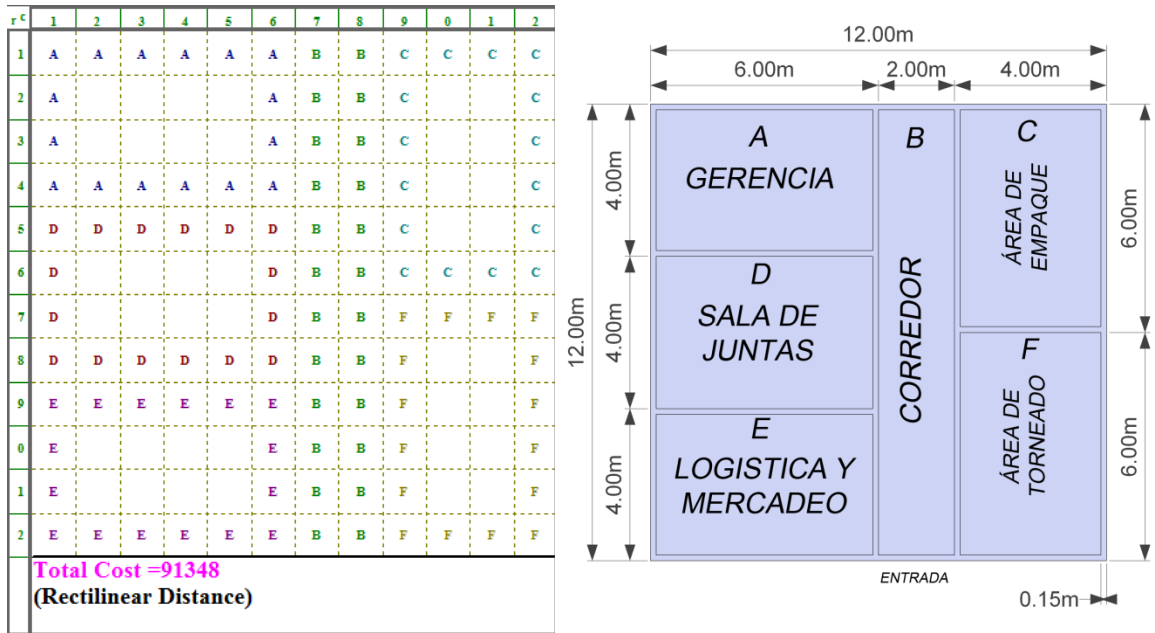
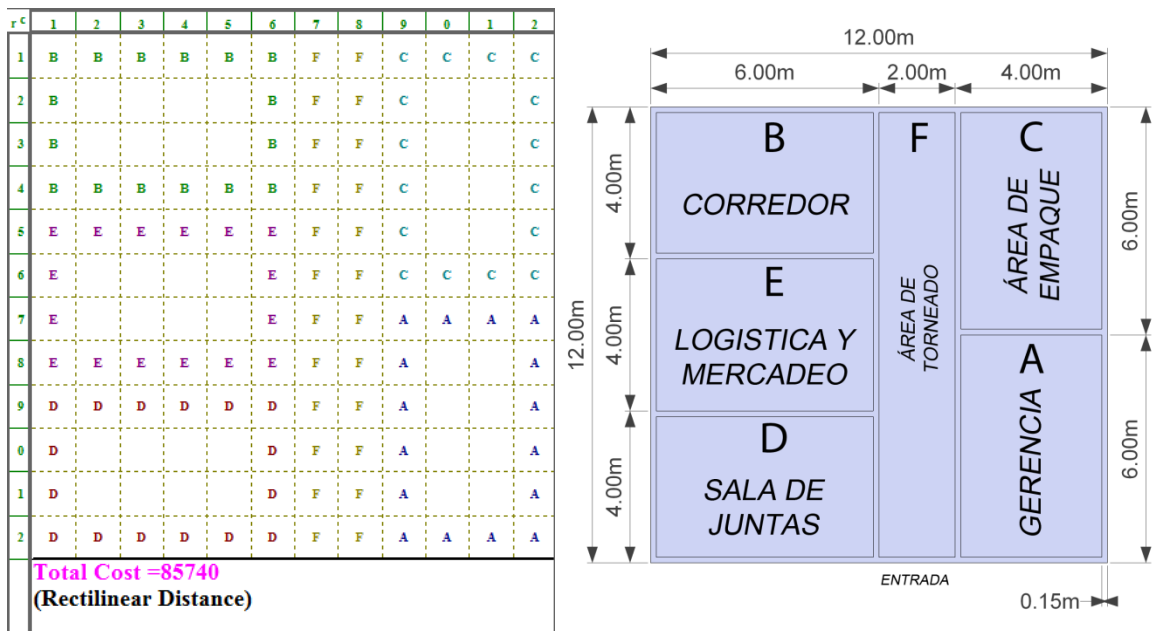


Ilustración 147. La evaluación del diseño inicial



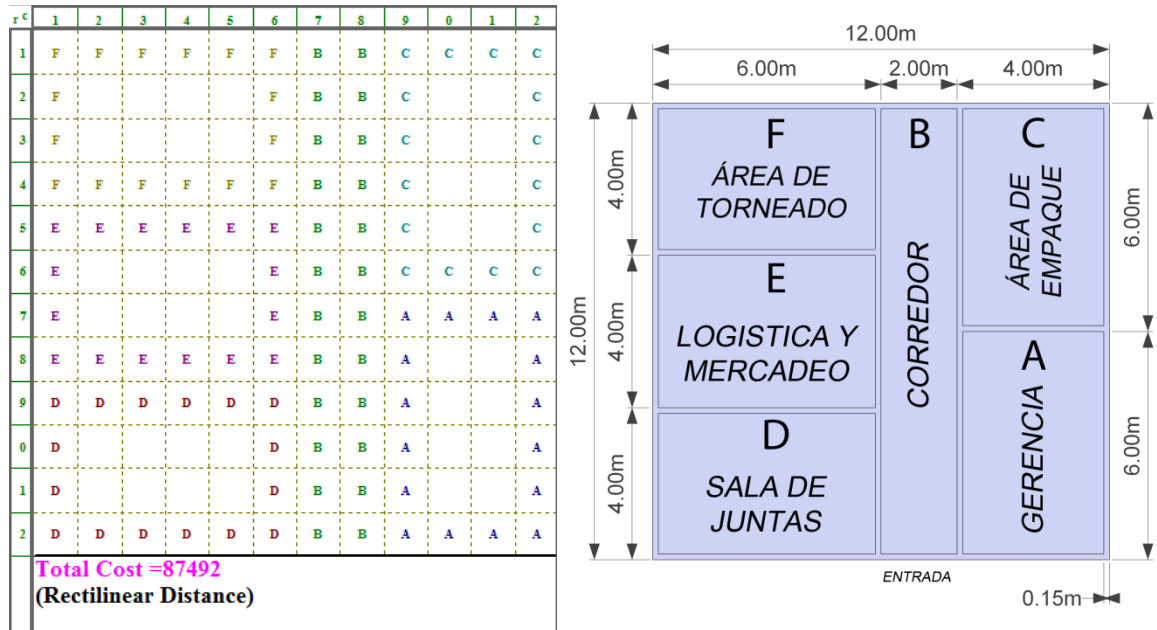
Del menú **Solve and Analyze** ejecute el comando **Solve the problem** para correr el programa y en la ventana **Functional Layout Solution** presione el botón **OK**.

Ilustración 148. Distribución obtenida al intercambiar departamentos



En la nueva distribución el área del corredor quedaría situada en la esquina superior izquierda, por tal motivo escriba la palabra **Yes** en la segunda fila de valores de la ventana de entrada de datos que corresponde al área del corredor (B) para fijar la posición y haga correr el programa nuevamente.

Ilustración 149. Distribución obtenida con el corredor fijo



La solución al problema indica intercambiar de posición los departamentos de la gerencia (A) con el área de torneado (F), e intercambiar los departamentos de logística y mercadeo (E) con la sala de juntas (D) para reducir los costos en \$3.856.

4.3 TERCER PASO: REDISEÑO CON SKETCUP

Obtenida la nueva distribución en planta mediante criterios cuantitativos podrá realizar la innovación de las áreas trasladando a nueva posición los elementos con la ayuda de la herramienta **Mover**.

Ilustración 150. Diseño de la nueva distribución en planta



4.4 EJERCICIOS PROPUESTOS

- *Primer Ejercicio*

Utilice como referencia los planos de distribución en planta, la matriz de flujo y los costos de las interrelaciones entre los departamentos para rediseñar el modelado tridimensional de las diferentes áreas de la primera empresa utilizando las herramientas de Google SketchUp 8.

Ilustración 151. Distribución actual del primer ejercicio

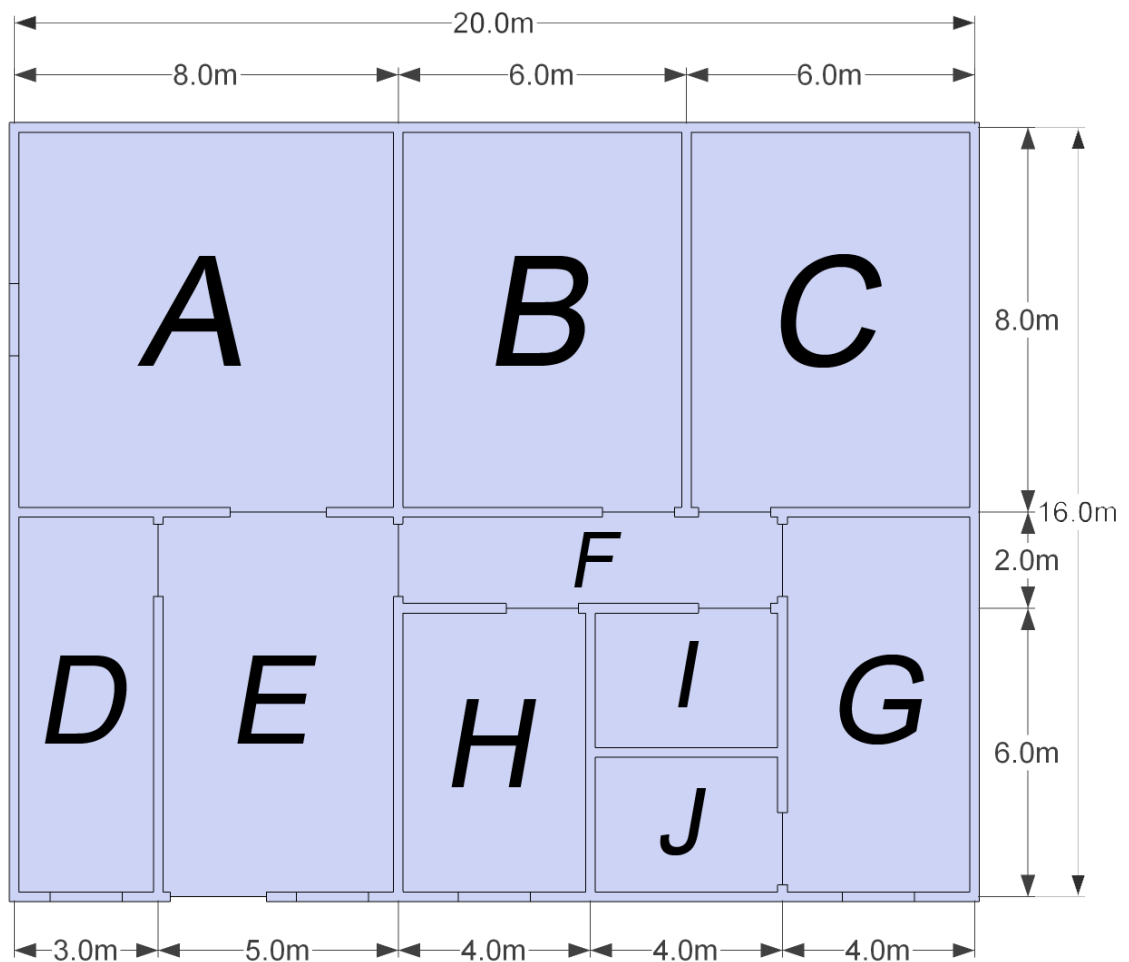


Tabla 4. Matriz de flujo de la primera empresa

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	0	64	28	15	35	14	61	21	14	73
B	23	0	58	35	72	41	32	91	21	55
C	31	12	0	26	23	81	43	26	60	32
D	13	50	89	0	11	65	28	46	53	18
E	66	46	57	71	0	39	45	82	65	42
F	38	53	34	48	80	0	98	30	27	55
G	19	42	22	94	68	98	0	78	18	83
H	20	92	88	96	48	56	45	0	17	40
I	62	79	16	67	93	33	63	10	0	1
J	81	44	97	84	90	15	95	77	3	0

Tabla 5. El costo de interrelación del primer ejercicio

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	\$0	\$21	\$23	\$13.5	\$9.5	\$13	\$22	\$17	\$19.5	\$28.5
B	\$21	\$0	\$16	\$21.5	\$17.5	\$8	\$15	\$14	\$12.5	\$16.5
C	\$23	\$16	\$0	\$23.5	\$19.5	\$11	\$13	\$16	\$10.5	\$20.5
D	\$13.5	\$21.5	\$23.5	\$0	\$10	\$14.5	\$22.5	\$17.5	\$20	\$30
E	\$9.5	\$17.5	\$19.5	\$10	\$0	\$9.5	\$18.5	\$12.5	\$12.5	\$16
F	\$13	\$8	\$11	\$14.5	\$9.5	\$0	\$9	\$6	\$6.5	\$12.5
G	\$22	\$15	\$13	\$22.5	\$18.5	\$9	\$0	\$15	\$9.5	\$7.5
H	\$17	\$14	\$16	\$17.5	\$12.5	\$6	\$15	\$0	\$12.5	\$18.5
I	\$19.5	\$12.5	\$10.5	\$20	\$16	\$6.5	\$9.5	\$12.5	\$0	\$17
J	\$28.5	\$16.5	\$20.5	\$30	\$26.5	\$12.5	\$7.5	\$18.5	\$17	\$0

- **Segundo Ejercicio**

Utilice como referencia los planos de distribución en planta, la matriz de flujo y los costos de las interrelaciones entre los departamentos para rediseñar el modelado tridimensional de las diferentes áreas de la segunda empresa utilizando las herramientas de Google SketchUp 8.

Ilustración 152. Distribución actual del segundo ejercicio

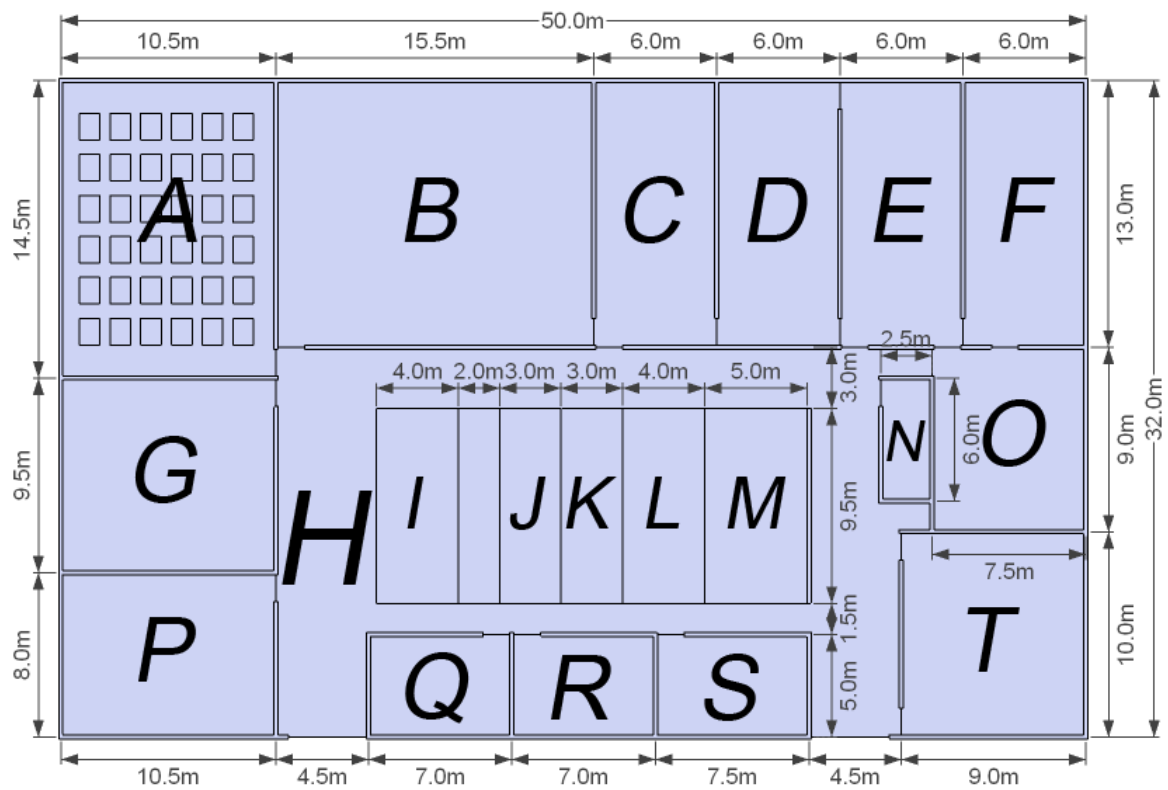


Tabla 6. Matriz de flujo de la segunda empresa

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
A	0	2	1	6	4	6	3	4	2	1	6	3	4	6	2	5	1	2	5	6
B	3	0	4	6	3	5	2	1	4	2	6	9	5	8	4	5	7	1	6	2
C	7	5	0	4	9	6	3	5	1	2	3	2	1	5	7	4	1	3	2	1
D	9	8	4	0	8	1	4	9	3	8	5	1	2	7	6	3	1	2	9	5
E	7	6	5	9	0	8	7	2	7	8	2	4	7	2	3	6	3	5	9	7
F	2	4	2	8	1	0	9	3	3	9	8	2	5	7	4	5	6	3	1	1
G	7	3	5	8	9	4	0	6	7	3	5	7	8	4	8	3	4	2	7	3
H	5	9	5	8	4	5	7	0	1	6	2	7	6	4	9	5	3	1	2	7
I	4	1	3	2	1	9	8	8	0	1	5	1	7	6	2	6	8	4	4	2
J	7	9	5	8	3	5	1	6	4	0	3	9	6	5	5	7	4	1	2	9
K	5	4	7	2	3	2	3	4	6	5	0	8	9	6	5	7	4	3	3	5
L	1	6	5	9	1	4	2	4	2	8	1	0	8	9	6	5	8	5	2	6
M	9	1	7	6	9	3	4	5	4	6	8	9	0	6	5	3	2	1	6	4
N	2	5	2	1	6	5	9	8	4	8	1	4	3	0	9	8	5	2	1	8
O	9	4	3	5	8	4	7	2	1	3	5	8	7	9	0	2	3	4	6	7
P	2	1	2	6	1	9	9	2	7	3	5	4	8	7	4	0	5	8	7	3
Q	6	4	9	3	7	1	1	3	6	1	4	7	5	2	8	9	0	3	2	4
R	7	6	9	6	5	3	7	4	2	8	7	1	9	5	6	5	7	0	3	1
S	8	1	3	5	7	5	9	5	8	6	3	5	2	3	9	1	5	8	0	7
T	5	3	4	7	4	6	4	2	1	8	4	3	6	8	5	7	1	3	2	0

Tabla 7. El costo de interrelación del segundo ejercicio

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
A	\$0	\$28	\$39	\$45	\$51	\$57	\$27	\$16	\$26	\$31	\$34	\$38	\$42	\$46	\$51	\$36	\$36	\$43	\$28	\$60
B	\$28	\$0	\$22	\$28	\$34	\$40	\$26	\$11	\$26	\$26	\$24	\$21	\$11	\$26	\$34	\$37	\$0	\$0	\$19	\$48
C	\$39	\$22	\$0	\$17	\$23	\$29	\$36	\$12	\$33	\$21	\$18	\$22	\$22	\$23	\$28	\$46	\$34	\$27	\$32	\$43
D	\$45	\$28	\$0	\$0	\$19	\$25	\$43	\$13	\$33	\$24	\$24	\$24	\$24	\$18	\$23	\$52	\$40	\$36	\$31	\$32
E	\$51	\$34	\$23	\$0	\$0	\$0	\$0	\$12	\$38	\$33	\$30	\$27	\$22	\$16	\$17	\$58	\$46	\$39	\$32	\$30
F	\$57	\$40	\$29	\$19	\$19	\$0	\$55	\$17	\$45	\$39	\$36	\$33	\$28	\$24	\$12	\$64	\$52	\$45	\$38	\$36
G	\$27	\$26	\$36	\$43	\$49	\$55	\$0	\$0	\$22	\$27	\$30	\$34	\$38	\$42	\$47	\$32	\$37	\$39	\$46	\$56
H	\$16	\$11	\$12	\$13	\$12	\$17	\$12	\$0	\$6	\$6	\$6	\$6	\$6	\$5	\$13	\$11	\$6	\$6	\$6	\$13
I	\$26	\$27	\$27	\$33	\$38	\$45	\$22	\$6	\$0	\$6	\$9	\$12	\$17	\$27	\$32	\$19	\$15	\$17	\$24	\$34
J	\$31	\$26	\$21	\$27	\$33	\$39	\$27	\$6	\$6	\$0	\$3	\$7	\$11	\$26	\$34	\$25	\$34	\$13	\$17	\$29
K	\$34	\$24	\$18	\$24	\$30	\$36	\$30	\$6	\$9	\$3	\$0	\$4	\$8	\$23	\$31	\$28	\$16	\$15	\$16	\$26
L	\$38	\$21	\$18	\$21	\$27	\$33	\$34	\$6	\$12	\$7	\$4	\$0	\$5	\$20	\$28	\$32	\$20	\$19	\$12	\$22
M	\$42	\$25	\$22	\$24	\$22	\$28	\$38	\$6	\$17	\$11	\$8	\$5	\$0	\$15	\$36	\$24	\$24	\$23	\$16	\$18
N	\$46	\$34	\$23	\$18	\$16	\$24	\$42	\$5	\$27	\$26	\$23	\$20	\$15	\$0	\$18	\$47	\$35	\$33	\$26	\$19
O	\$51	\$49	\$28	\$23	\$17	\$12	\$47	\$13	\$32	\$34	\$31	\$28	\$23	\$18	\$0	\$59	\$47	\$46	\$39	\$32
P	\$36	\$37	\$46	\$52	\$58	\$64	\$32	\$11	\$19	\$25	\$28	\$32	\$36	\$47	\$59	\$0	\$27	\$28	\$36	\$50
Q	\$36	\$37	\$34	\$40	\$46	\$52	\$37	\$6	\$15	\$34	\$16	\$20	\$24	\$35	\$47	\$0	\$0	\$14	\$21	\$38
R	\$43	\$30	\$27	\$36	\$39	\$45	\$39	\$6	\$17	\$13	\$15	\$19	\$23	\$33	\$46	\$28	\$14	\$0	\$19	\$37
S	\$28	\$37	\$32	\$31	\$32	\$38	\$46	\$6	\$24	\$17	\$16	\$12	\$16	\$26	\$39	\$36	\$21	\$19	\$0	\$27
T	\$60	\$48	\$43	\$32	\$30	\$36	\$56	\$13	\$34	\$29	\$26	\$22	\$18	\$19	\$32	\$50	\$38	\$37	\$27	\$0

CONCLUSIONES

Después de estudiar las herramientas y desarrollar los modelos para elaborar el manual se presentan las siguientes conclusiones:

- El software Google SketchUp 8 es un conjunto de potentes funciones y aplicaciones para profesionales del diseño e ingeniería que realizan distribución en planta para dibujar cualquier objeto en 3D de manera muy fácil con solo seguir las indicaciones sugeridas y gracias a la simplicidad que ofrece la interfaz.
- El estudio de esta herramienta se realizó gracias a los contenidos de la guía de usuario y manuales disponibles en internet en formato electrónico dando como resultado final el manual que presenta los conceptos generales sobre diseño y manejo del software, la función que cumplen cada una de las herramientas y el procedimiento en el diseño de modelos tridimensionales a partir de planos bidimensionales por medio de los ejercicios realizados.
- La implementación de SketchUp en las asignaturas de distribución en planta podría significar un cambio importante para la industria mientras que al mismo tiempo establece un acercamiento entre la formación profesional y la vida laboral de los estudiantes de la Universidad de Cartagena.

BIBLIOGRAFÍA

Apple, J. M. (1977). *Plant Layout and Material Handling* (Tercera ed.). New York: Jhon Wiley & Sons.

Aquilano, N. J., Chase, R. B., & Jacobs, R. F. (2004). *Administración de Producción y Operaciones* (Decima ed.). México: Irwin/McGraw Hill.

Baldor, J. A. (2004). *Geometria Plana y del Espacio con una Introducción a la Trigonometria*. México: Publicaciones Cultural.

Banerjee, P., & Zetu, D. (2001). *Virtual Manufacturing*. New York: Jhon Wiley & Sons.

Brixius, L. (Ed.). (2011). *Google SketchUp Workshop* (First ed.). Burlington, United States of America: Focal Press.

Chan, Y.-L. (1998). *WinQSB: Decision Support Software For MS/OM*. New York: Jhon Wiley & Sons Inc.

Chopra, A. (2007). *Google SketchUp 8 for Dummies* (Fist ed.). Indianapolis, Indiana, Unites States of America: Wiley Publishing Inc.

Gaither, N., & Frazier, G. (2000). *Administración de Producción y Operaciones* (Octava ed.). México: International Thomson.

Galán, J. M., Izquierdo, L. R., Izquierdo, S. S., Santos, J. I., del Olmo, R., López Paredes, A., y otros. (2009). Errors and Artefacts in Agent-Based Modelling. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 12.

Google Inc. (2007). *Guia de Usuario SketchUp*.

Grover, C. (2009). *Google SketchUp The Missing Manual* (First ed.). Sebastopol, United States of America: O'Reilly Media Inc.

Holzner, S. (2011). *Sams Teach Yourself Google SketchUp 8 in 10 Minutes* (First ed.). Indianapolis, Indiana, United States of America: Pearson Education.

Krajewski, L. J., & Ritzman, L. P. (2000). *Administración de Operaciones. Estrategia y análisis*. (5ta. ed.). México: PEARSON EDUCACIÓN.

Muños Cabanillas, M. (2004). *Diseño de distribución en planta de una empresa textil*. Lima.

Murdock, K. L. (2009). *Google SketchUp and SketchUp Pro 7 Bible*. New York: Bible Series (Wiley).

Muther, R. (1981). *Distribución en Planta* (Cuarta ed.). Barcelona, España: Editorial Hispano Europea.

Suarez Quiros, J., Rubio Garcia, R., & Martin Gonzales, S. (s.f.). *Análisis de la eficacia de las herramientas de modelado paramétrico en la resolución de los problemas de layout*. Recuperado el 15 de Abril de 2011, de <http://www.igegraf.es/XVIII/PDF/Comunicacion17056.pdf>

Tompkins, J. A., White, J., Bozer, Y., Frazelle, E., Tanchoco, J., & Trevino, J. (1996). *Facilities Planning* (Fourth ed.). New York: Jhon Wiley & Sons Inc.

Vallhonrat, J. M., & Corominas, A. (1991). *Localización, Distribución en Planta y Manutención*.

Vanaclocha, A. C. (2004). *Diseño de Industrias Agroalimentarias*.