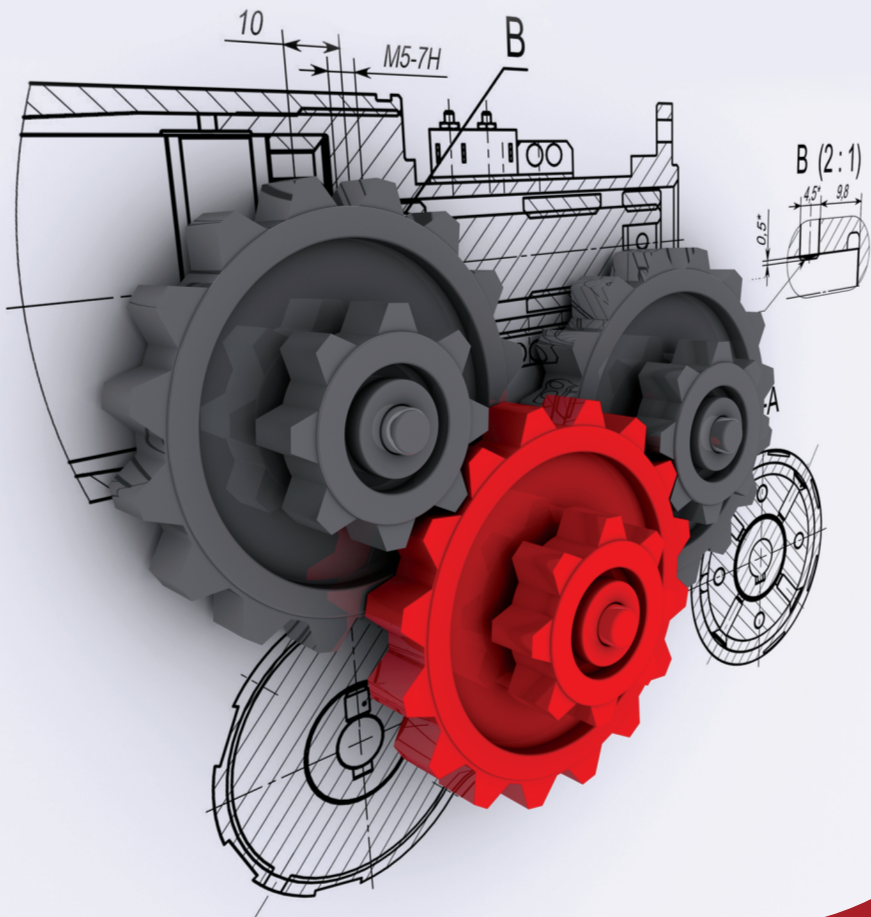


Introducción al AutoCAD en tres dimensiones

José Olger Pérez Silva



Universidad Politécnica Salesiana

Introducción al AutoCAD en tres dimensiones

José Olger Pérez Silva

Introducción al AutoCAD en tres dimensiones



ABYA | UNIVERSIDAD
YALA | POLITÉCNICA
SALESIANA

2016

Introducción al AutoCAD en tres dimensiones

José Olger Pérez Silva

1ra edición: ©Universidad Politécnica Salesiana
Av. Turuhuayco 3-69 y Calle Vieja
Cuenca-Ecuador
Casilla: 2074
P.B.X. (+593 7) 2050000
Fax: (+593 7) 4 088958
e-mail: rpublicas@ups.edu.ec
www.ups.edu.ec

Área de Ciencia y Tecnología
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Foto portada: www.portaltecnico.metrodequito.gob.ec

Diagramación: Editorial Universitaria Abya-Yala
Quito-Ecuador

ISBN UPS: 978-9978-10-238-1

Impresión: Editorial Universitaria Abya-Yala
Quito-Ecuador

Impreso en Quito-Ecuador, marzo de 2016

Publicación arbitrada de la Universidad Politécnica Salesiana

Introducción	7
Nociones básicas	9
Cambio de color de pantalla	12
Configuración del área de trabajo	14
Sistemas de coordenadas	15
Capas (Layers)	17
Líneas normalizadas	17
Cómo cargar capas en AutoCAD.....	20
Creación de bloques con atributos	23
Acotación	33
Elementos de cota	33
Clasificación de las cotas	34
Normas de acotación	35
Configurando las acotaciones en AutoCAD.....	40
Introducción a tres dimensiones	49
Dibujo isométrico	49
Cómo hacer un círculo isométrico	54
Operaciones booleanas	56
Creación de regiones.....	56
Aplicación de operaciones booleanas	59
Coordenadas 3D	62
Definir un sistema de coordenadas del usuario.....	63
Definición de un UCS	65

Pview o barra views	67
Visión interactiva en 3D (comando 3DO).....	69
Tipos de dibujo en 3D	73
Sólidos primitivos	81
Rotar objetos (3Drotate)	87
Pinzamientos.....	89
Creación de sólidos con extrusión (extrude).....	104
Filete (fillet).....	108
Chaflán (chamfer).....	108
Modificar una cara extruida.....	109
Realizar cortes en tres dimensiones	116
Obtención de vistas en AutoCAD 3D	127
Layouts.....	127
Configuración de los layouts.....	130
Procedimiento para configurar los layouts	130
Ventanas gráficas: primera forma de crear.....	132
Solprof	135
Ventanas gráficas: segunda forma de crear.....	138
Creación de sólidos mediante revolución	145
Modificación de sólidos.....	155
3D Mirror	155
3D Array	156
Extruir a través de un camino (sweep).....	159
Notas.....	179
Bibliografía de referencia.....	181

Introducción

La tecnología avanza cada día en busca de hacer cada vez más fácil la interacción de las personas con el mundo del trabajo. Así el Dibujo Técnico, en otra época era un trabajo cansado en su desarrollo manual y por su exigente precisión sumergía al dibujante en momentos de estrés y fatiga mental, pero en la actualidad ha cambiado su contexto pues se cuenta con el software de AutoCAD que es una herramienta fantástica y que como auxiliar del dibujo hace la tarea más fácil, menos estresante y hasta divertida una vez que se domina su aplicación, ya que es posible visualizar tridimensionalmente el objeto, verificar y hasta simular el acople de los elementos que conforman un conjunto.

Este texto nace con la idea de juntar al Dibujo Técnico con el AutoCAD en tres dimensiones, de manera que se haga amigable el entorno de trabajo, es así que se inicia desde lo más básico que es abrir un archivo en el software, configurar el área de trabajo, aprendizaje y utilización de herramientas de dibujo, edición, modelado, dimensionamiento, etc. del AutoCAD en 3 dimensiones en la versión 2016 (licencia adquirida por la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador) con las normas de Dibujo Técnico Mecánico, donde se enlistan y explican los tipos de línea, las normas de acotación, formatos, etc., y su forma de configurarlos y aplicarlos con apoyo del software.

Para tomar experticia en la aplicación tanto de las normas de Dibujo como del AutoCAD, se plantean prácticas aplicativas, algunas de ellas (las más complejas) cuentan con un tutorial de desarrollo paso a paso con explicación e imágenes resolutivas.

En la parte final y como tipo proyecto de desarrollo, se presentan los planos generales, explosión, conjunto y el despiece de un conjunto mecánico, en este caso es una mordaza de banco o entenalla, con el propósito de que el usuario del texto pueda dibujarlos en el computador sin necesidad de ser guiado por otra persona, verificando así su aprendizaje tanto del Dibujo Técnico Mecánico como el entorno 3D del software AutoCAD 2016.

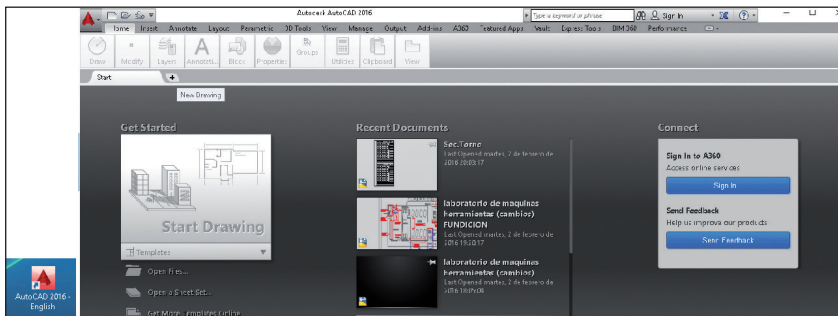
Nociones básicas

AutoCAD (Diseño Asistido por Computador) es un programa que permite realizar Dibujo Técnico con el apoyo del computador, colaborando de esa manera a dejar de lado el tablero, el lápiz y todos los otros instrumentos del dibujo manual.

Para iniciar, buscar el ícono respectivo en el escritorio y picar en la pestaña (+) (1) para abrir un nuevo documento.



Figura 1
Ingreso al programa



Una vez abierto el programa, se debe tener en cuenta que AutoCAD 2016, tiene varios espacios de trabajo y una configuración de pantalla para cada uno, por lo cual es preciso seleccionar el apropiado para el caso; entonces se pica sobre Workspace Switching (2), en la esqui-

na inferior derecha, se selecciona Drafting & Annotation y se obtendrá como resultado una configuración de trabajo como muestra la Figura 2. Es preciso señalar que en la barra de comandos (3), no debe haber alguna orden, de lo contrario no surtirá efecto dicha selección.

Figura 2
Selección configuración de trabajo

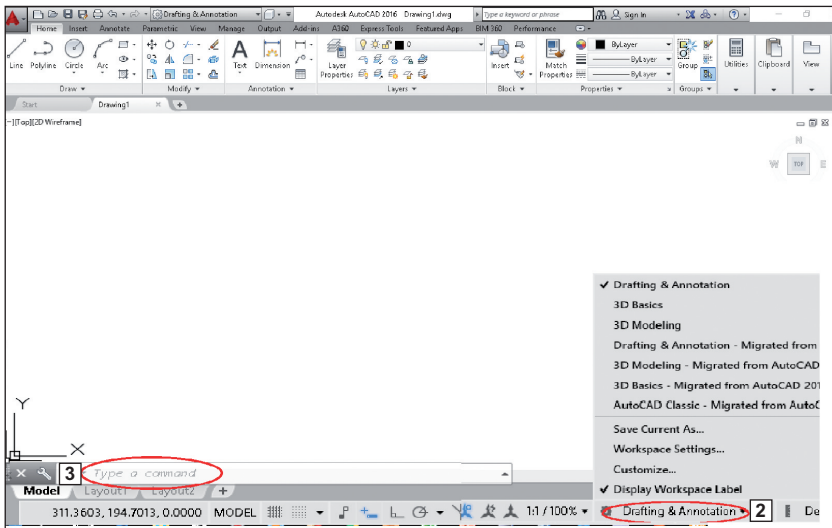
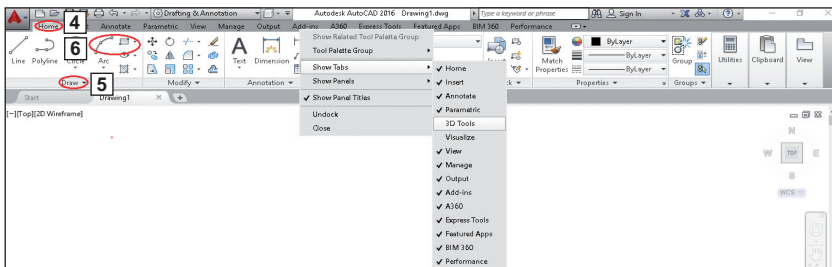


Figura 3
Área de trabajo

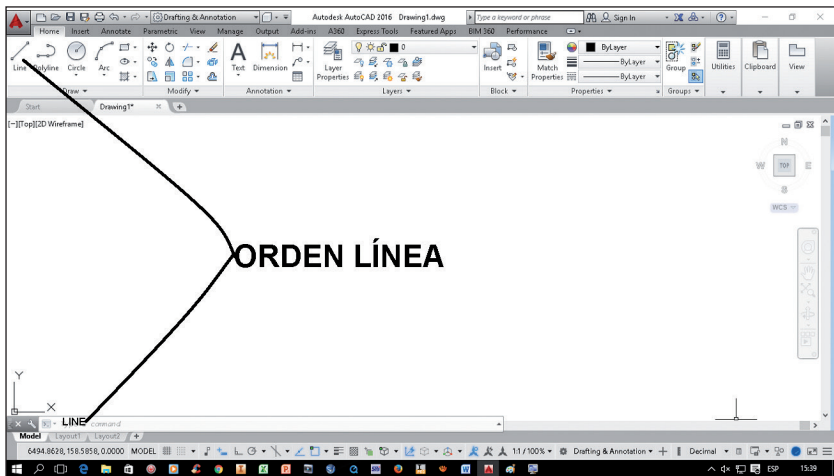


En la Figura 3 se puede observar el área de trabajo donde aparecen los Tabs (4) que son pestañas que al accionarlas muestran los Panels de Herramientas (5) asociados a las aplicaciones referenciadas. Cada panel contiene un grupo de Íconos (6) que permiten ejecutar órdenes de trabajo y en su parte inferior presenta Pestañas desplegables con herramientas complementarias.

Si se desea incrementar o eliminar Tabs o Panels sobre la parte superior se hace clic derecho y se accede a lo deseado, en este caso activar 3DTools (7).

Las órdenes de trabajo, se las puede dar desde dos sitios diferentes: por medio de los íconos de los panels de herramientas o por medio del teclado en el cuadro de órdenes inferiores, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4
Selección de órdenes



Cuando en el cuadro de órdenes aparecen opciones entre [Corchetes] quiere decir que para ejecutarlas se debe escribir la letra que

aparece en Mayúsculas y pulsar Enter o a la vez hacer clic con el mouse sobre el texto.

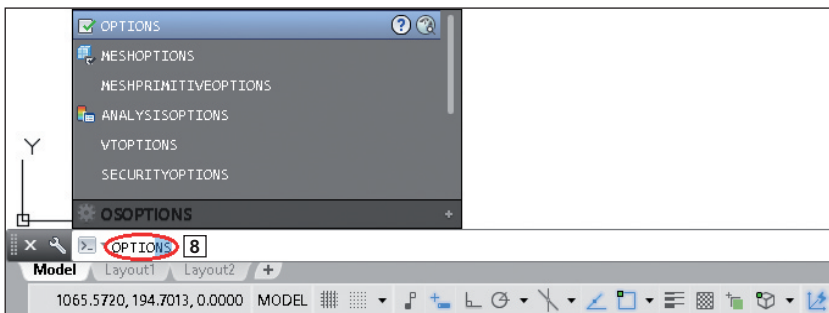
Otra ayuda importante de AutoCAD son las teclas F1...F11, que refieren:

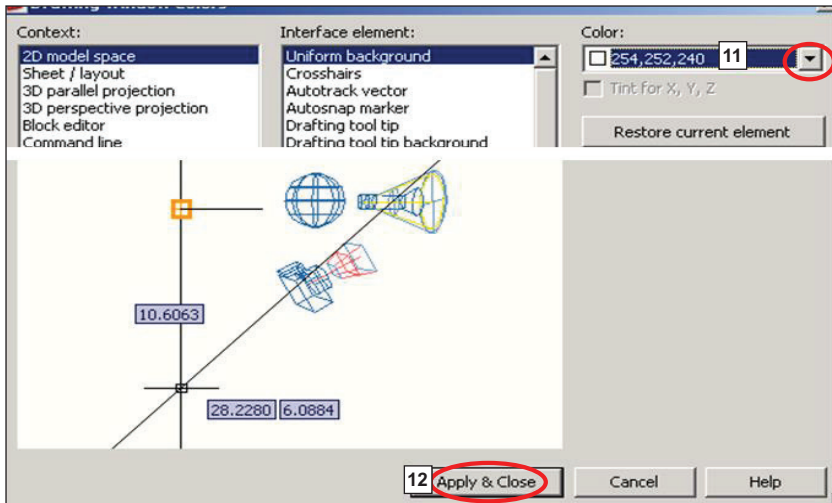
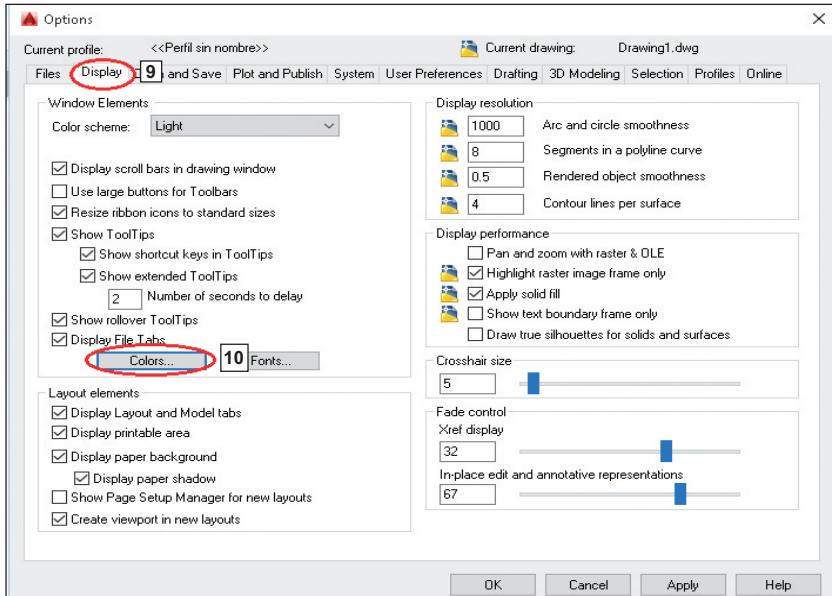
- F1= Ayuda de AutoCAD.
- F2= Información de los últimos comandos usados.
- F3= Activación y desactivación de los objetos de ajuste (osnap).
- F4= Activación y desactivación de los objetos de ajuste en 3D (3DOsnap).
- F5= Trabajo en sistema isométrico (dibujos en dos dimensiones simulan 3D).
- F6= Activa las UCS dinámicas.
- F7= Activa y desactiva la grilla (grid).
- F8= Activa y desactiva la perpendicularidad de las líneas (ortho).
- F9= Activa y desactiva el forzado del cursor (snap).
- F10= Modo polar.
- F11= Localización de ajustes.

Cambio de color de pantalla

Como se observa en Figura 5, se digita Options (8), luego Display (9) y Colors (10); en la parte superior derecha se selecciona el color (11) y se pica en Apply and Close (12).

Figura 5
Cambio de color de pantalla

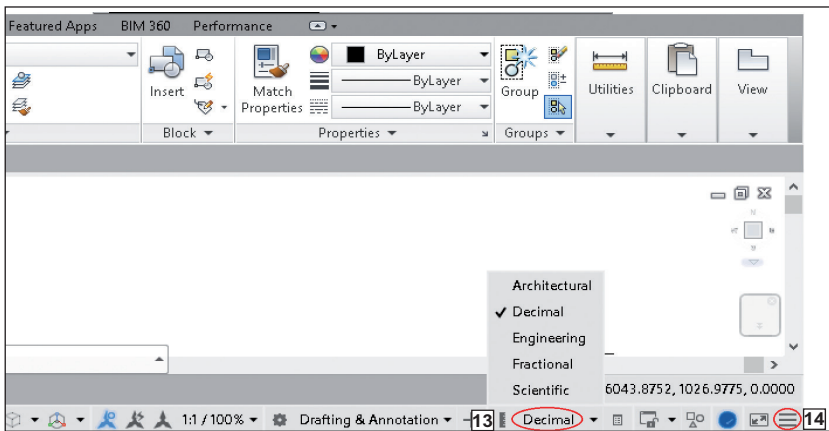




Configuración del área de trabajo

Es conveniente, antes de iniciar un dibujo definir las unidades y el formato normalizado en los que se va a trabajar, se procede a definir las unidades, como se muestra en la Figura 6 (13).

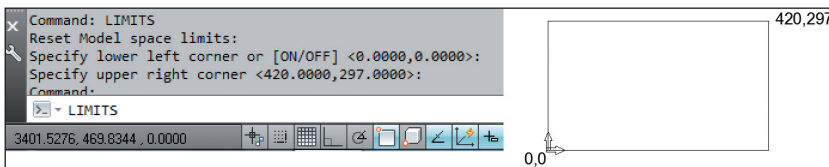
Figura 6
Configuración del área de trabajo



Si no encuentra el ícono de las unidades proceda a hacer clic en las barras horizontales (14) de la esquina inferior izquierda y encontrará la opción de activación.

Ahora para especificar los límites del dibujo, se escribe Limits y luego se digita las coordenadas de los puntos inferior izquierdo y superior derecho (Figura 7).

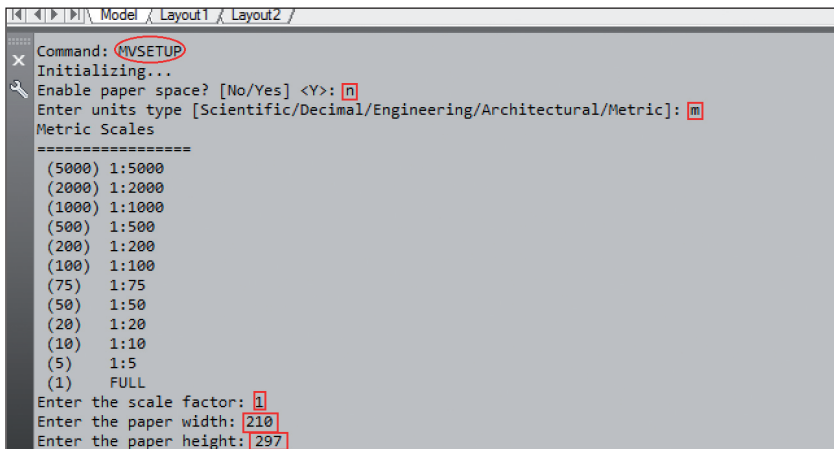
Figura 7
Límites del área de dibujo



Es importante resaltar que para dar coordenadas en AutoCAD, inicialmente hay que anotar la coordenada en X y luego la coordenada en Y, separadas por una coma y no por un punto ya que de hacerlo así, AutoCAD lo reconoce como número decimal.

En un siguiente paso se procede a especificar el formato de trabajo, escribiendo en la barra de comandos mvsetup y siguiendo los pasos enlistados en la Figura 8:

Figura 8
Selección del formato



```
Model / Layout1 / Layout2 /
Command: MVSETUP
Initializing...
Enable paper space? [No/Yes] <Y>: n
Enter units type [Scientific/Decimal/Engineering/Architectural/Metric]: m
Metric Scales
=====
(5000) 1:5000
(2000) 1:2000
(1000) 1:1000
(500) 1:500
(200) 1:200
(100) 1:100
(75) 1:75
(50) 1:50
(20) 1:20
(10) 1:10
(5) 1:5
(1) FULL
Enter the scale factor: 1
Enter the paper width: 210
Enter the paper height: 297
```

Por último es conveniente realizar el cajetín de rotulado para trabajar en forma organizada y para ello es conveniente primero conocer:

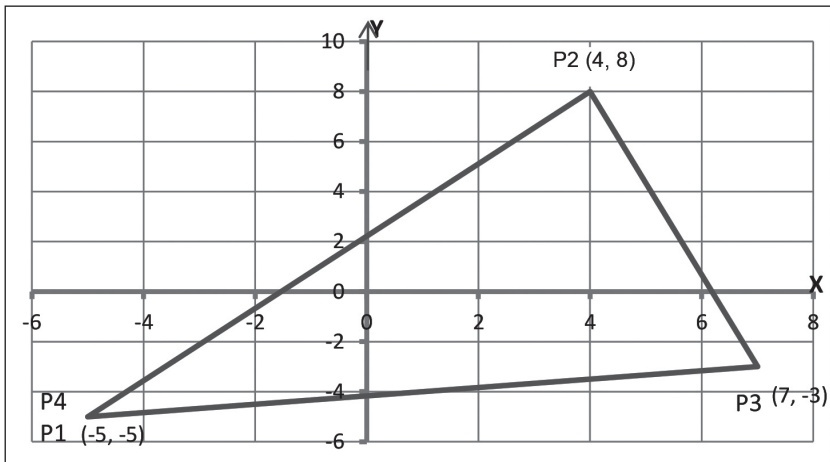
Sistemas de coordenadas

En AutoCAD, se puede trabajar con tres tipos de coordenadas (Figura 9); Absolutas, Relativas y Polares, tomando en cuenta que las primeras toman referencia siempre al cero cartesiano, las segundas toman valores de los puntos hacia donde quiere trazarse, observando que el punto de origen o cero se traslada a cada punto precedente y las pola-

res tienen casi el mismo principio que las relativas con la diferencia que en lugar de dar las coordenadas del objeto se da su magnitud y ángulo.

Es muy importante observar que para que AutoCAD interprete que se quiere trabajar en coordenadas polares o relativas debe anteponerse a los valores el símbolo @ y que los pares ordenados estén separados por una coma y además observar que el primer punto en cualquiera de ellas es Absoluto o sea no tiene el símbolo de @.

Figura 9
Tipos de coordenadas



P	ABSOLUTAS		RELATIVAS			POLARES			
	X	Y		X	Y		X		Y
P1	-5	-5		5	-5		5		-5
P2	4	8	@	9	13	@	15.81	<	55.2
P3	7	-3	@	3	11	@	11.46	<	258.26
4	-5	-5	@	-12	-2	@	12.17	<	189.46

Capas (Layers)

El Dibujo Técnico es un lenguaje universal, por lo tanto debe entenderse sin necesidad de palabras, uno de los argumentos para transmitir el mensaje es la diferenciación de líneas y por ello en AutoCAD así como en Dibujo Técnico es imprescindible su aplicación.

Líneas normalizadas

En los dibujos técnicos se utilizan diferentes tipos de líneas (Figura 10), sus tipos y espesores han sido normalizados. Los espesores de las líneas tienen relación directa entre una y otra el equivalente a $\sqrt{2}$

Con la creación de capas o layers se pueden diferenciar los tipos de línea, grosores, colores, poner un nombre diferente a cada una, así como ocultar o bloquear una de ellas para tener libertad de trabajo con los demás, imprimir o visualizarla u ocultarla en el momento de dibujar y así no confundirse con el exceso de líneas.

La capa que aparece por defecto es la cero.

Como recomendación se alerta el *no trabajar en la capa cero* ni en la *defpoints*, para no tener problemas de configuración posteriores cuando se aplican propiedades avanzadas de AutoCAD.

Figura 10
 Aplicación de líneas normalizadas^[1]

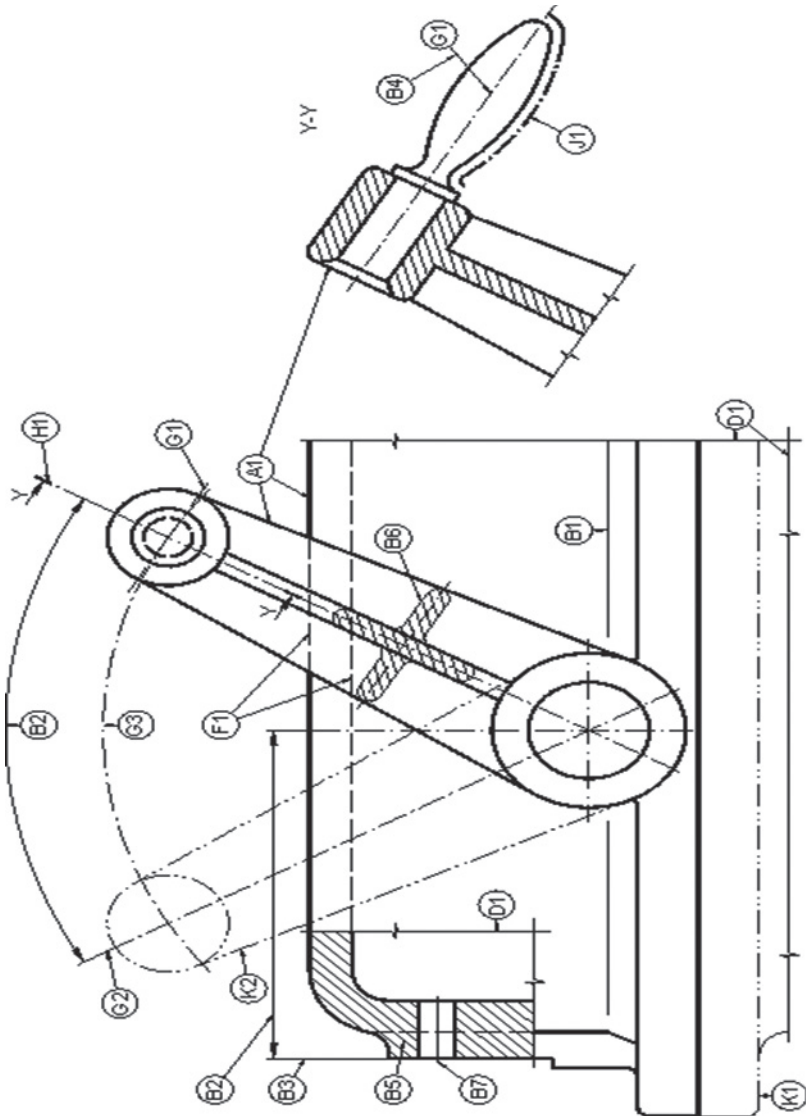












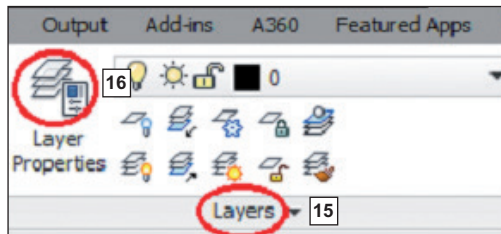
Figura 11
Clasificación de líneas normalizadas ^[1]

Línea	Designación	Aplicaciones generales
A 	Continua gruesa	A1 Contornos vistos A2 Aristas vistas
B 		B1 Líneas ficticias vistas B2 Líneas de cota B3 Líneas de proyección B4 Líneas de referencia B5 Rayados o achurados B6 Contorno de secciones abatidas sobre la superficie del dibujo
C  D(1) 	Continua fina a mano alzada Continua fina con zigzag	C1 y D1 Límites de vistas o cortes parciales o interrumpidos
E  F 	Gruesa de trazos Fina de trazos	E1 Contornos y aristas ocultas F1 Contornos y aristas ocultas
G 	Fina de trazos y puntos	G1 Ejes de revolución G2 Trazas de plano de simetría
H 	Fina de trazos y puntos, gruesa en los extremos y en los cambios de dirección	H1 Trazas de plano de corte
J 	Gruesa de trazos y puntos	J1 Indicación con especificaciones particulares
K 	Fina de trazos y doble punto	K1 Contornos de piezas adyacentes K2 Posiciones intermedias y extremos de piezas móviles K3 Líneas de centros de gravedad K4 Contornos iniciales antes del conformado K5 Partes situadas delante de un plano de corte

Cómo cargar capas en AutoCAD

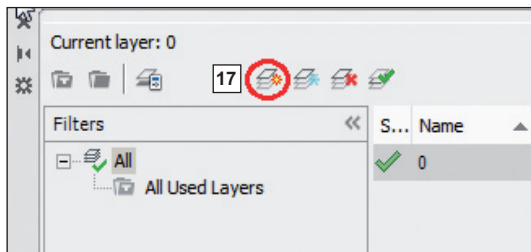
Para crear capas:

- En el Panel Layers (15), se selecciona el ícono Layer Properties (16) y aparece la ventana Layer Properties Manager, donde aparece por defecto la capa (0).



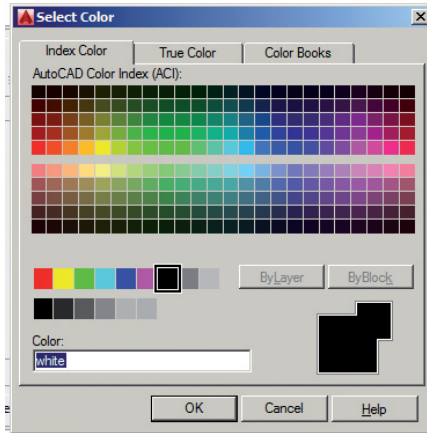
Ahora para insertar una nueva capa se pica en el ícono New Layer (17) y aparece una nueva capa con el nombre layer1 y todas sus características por defecto (Figura 12).

Figura 12
Configuración de capas



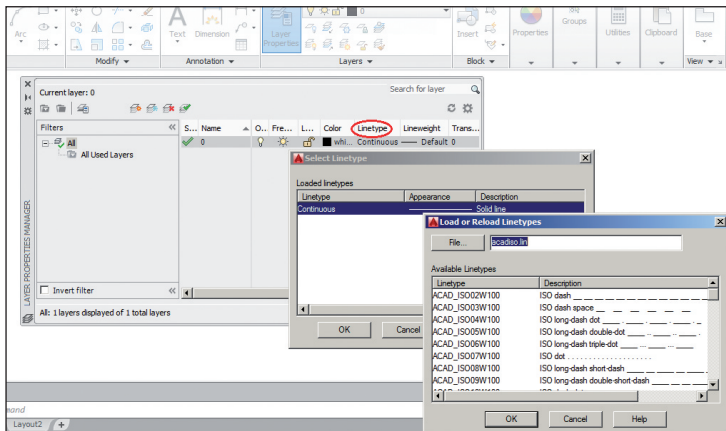
- Para cambiar el nombre se hace clic en layer1 y se digita el nombre que corresponda.
- Para modificar el color de línea se pica en la Columna Color y se despliega un pastel de colores, entonces se selecciona uno y confirmar con OK (Figura 13).

Figura 13
Definición de color de capa



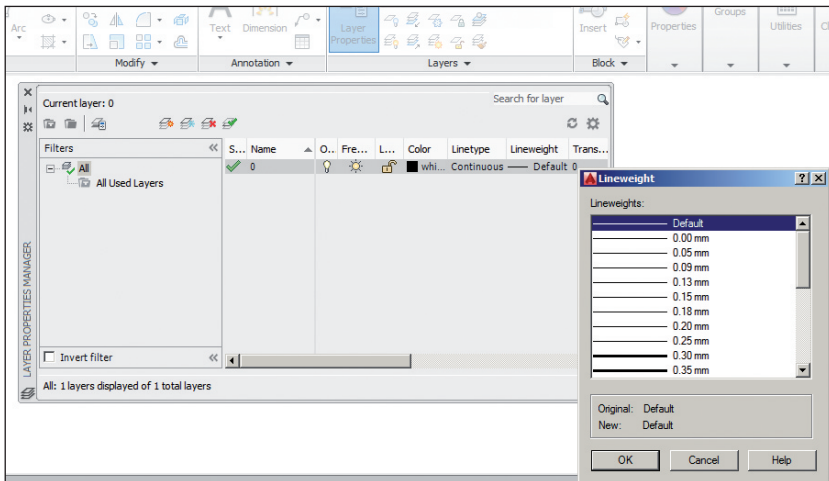
- Ahora para cambiar el tipo de línea se pica en la Columna Linetype y aparece la siguiente ventana, se selecciona Load, se escoge el tipo de línea y OK (Figura 14).

Figura 14
Definición de tipo de línea



- Para cargarla al trabajo se debe observar que *esté sombreado tanto el nombre de la capa como el de la línea* y presionar OK.
- A continuación se define el grosor de la línea en Lineweighth, determinar el grosor y OK (Figura 15).

Figura 15
Definición de grosor de una línea



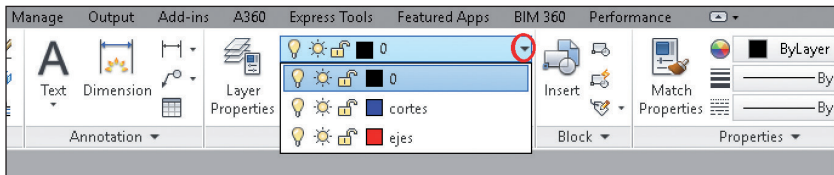
- Al final en la columna P..., se define si esa capa se va a imprimir o no.
- Una vez configurado todo se pica en OK.

Como recomendación cree las siguientes capas, todas con espesor por default excepto la de contornos que tiene 0.3:

- *Contornos*, línea continua gruesa (*espesor 0.3.*)
- *Ocultas*, línea entre cortada (*Iso dash*)
- *Ejes*, línea trazo largo, trazo corto, trazo largo (*cEnter2*)
- *Auxiliares*, línea continua fina
- *Cotas*, línea continua fina

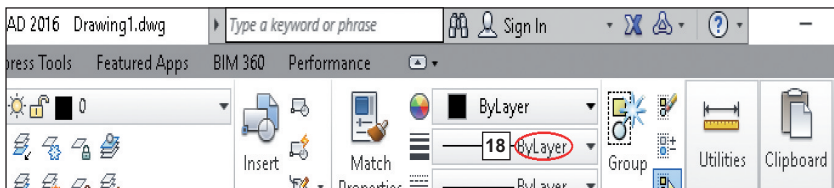
El siguiente paso consiste en verificar si las capas han sido cargadas correctamente en el programa, para ello en la barra de herramientas Layers, se pica en la pestaña del costado derecho y se despliega (Figura 16).

Figura 16
Verificación de capas cargas



- Para que se pueda cumplir con las características que se programó, es necesario revisar en la barra de herramientas Propiedades (Properties), que todas las ventanas marquen Bylayer (18). (Figura 17).

Figura 17
Propiedades de las capas



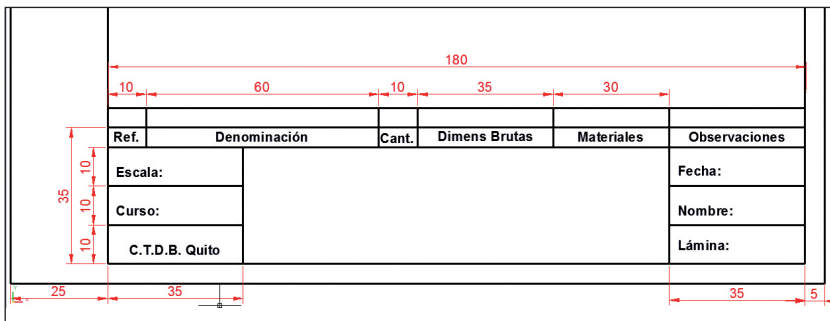
En un siguiente paso es conveniente preparar el formato a trabajar, para ello es conveniente conocer la creación de bloques con atributos para definir el rotulado de dicho formato y de esa manera evitar el escribir los mismos datos cada vez que se utilice una lámina.

Creación de bloques con atributos

Un bloque es un conjunto de elementos agrupados como un solo, pueden existir líneas, arcos, cuadrados, etc. Pero todos funcionan como

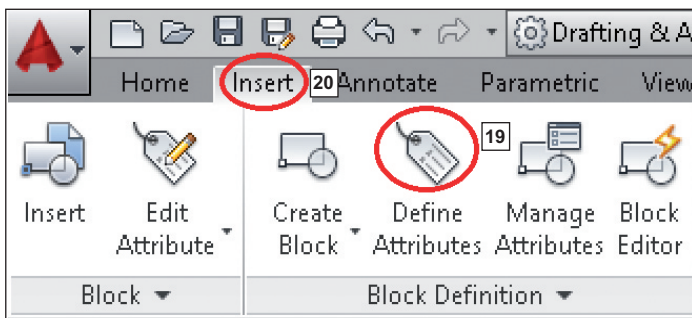
un solo elemento. Al incorporar un atributo a un bloque se crea un rótulo o etiqueta dinámica, o sea que puede variar su contenido mientras el resto del bloque permanece constante. En el caso del rotulado permanecerán constantes los datos raíz como, escala, curso, fecha, etc. Mientras serán variables las respuestas a estos elementos (1:1, 1A, 2 de enero, etc).

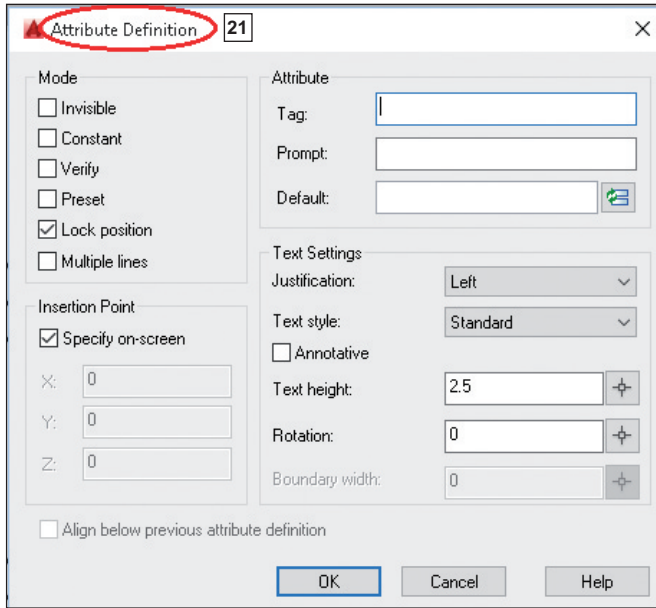
- Como aplicación va a realizar en una lámina A4 el siguiente rotulado.



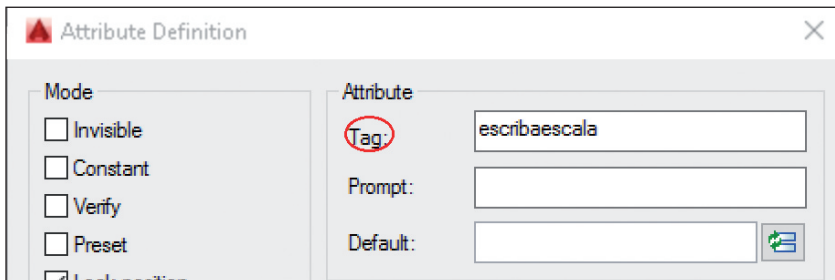
- Haga clic en el ícono Define Atributos (19), del tab Insert (20) del panel Block_Definition, como se muestra en la Figura o teclee ATT y aparecerá el siguiente Attribute Definition (21) (Figura 18).

Figura 18
Definición de atributos





- Verifique que esté activado Lock Position, que en justification esté Left y seleccione la altura de acuerdo a las indicaciones que reciba, por defecto aparece 2.5.
- En el recuadro TAG digite escribalaescala y aplique OK, recuerde que el texto no debe tener espacios en blanco, en Prompt y Default no escriba nada.



- Observará que ese texto queda anclado al cursor, arrástrelo y ubíquelo en el rotulado junto a Escala como se observa en la Figura 19.

Figura 19
Ubicación del atributo

Ref.	Denominación	Cant.	Dim
	Escala: ESCRIBA ESCALA Curso: <input type="text" value="Node"/> C.T.D.B. Quito		

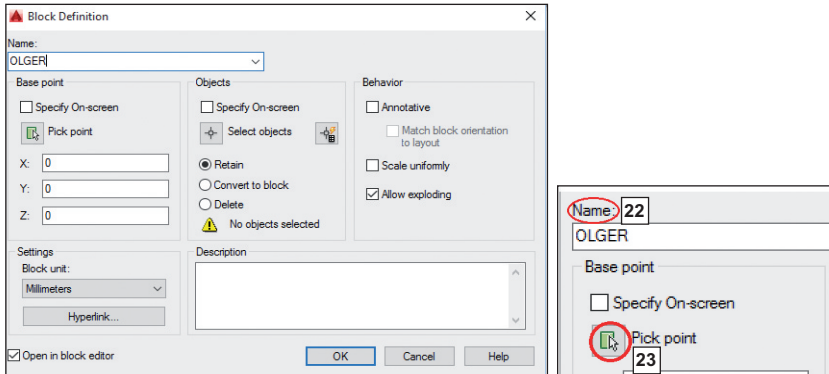
No se preocupe si el texto se sale del recuadro, es solo temporal.

- Repita los mismos pasos con Curso, Fecha, Nombre, Lámina y en el centro escriba PONGA EL TITULO con tamaño de letra 5.

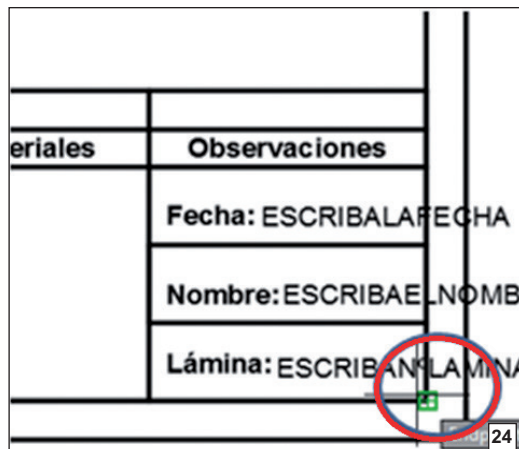
NOTA: si se requiere modificar haga doble clic en la palabra a cambiar o escriba *ddedit* y seleccione la palabra a modificar

Ref.	Denominación	Cant.	Dimens Brutas	Materiales	Observaciones
	Escala: ESCRIBALAESCALA Curso: ESCRIBAELECURSO C.T.D.B. Quito		PONGATITULO		Fecha: ESCRIBALAFECHA Nombre: ESCRIBAELENOMBRE Lámina: ESCRIBANLALAMINA

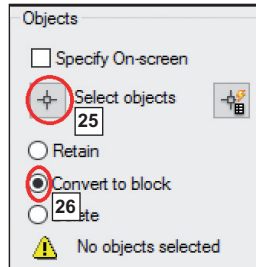
- Haga clic en el ícono Create Block o digite B y aparecerá el cuadro siguiente.



- Asígnele un nombre (22).
- Seleccione Pick Point (23) y cuando le solicite haga clic en la parte inferior derecha del rotulado (24).



- Observe que al hacer clic, aparece nuevamente el cuadro y ahora tiene que seleccionar los objetos (25), verificando antes que Convert to block (26) esté activado.



- Ahora abra una ventana que contenga a todo el cajetín rotulado, excepto el margen.

Ref.	Denominación	Cant.	Dimens Brutas	Materiales	Observaciones
	Escala: ESCRIBALA ESCALA		PONGATITULO		Fecha: ESCRIBALAFECHA
	Curso: ESCRIBAELECURSO				Nombre: ESCRIBAELENOMBRE
	C.T.D.B. Quito				Lámina: ESCRIBAN*LAMINA

- Aplique Enter y luego OK, observe que aparece un cuadro a ser llenado y que tiene como guía las palabras que se escribieron antes a las cuales tiene que dar respuesta como se observa en el cuadro adjunto.

- Una vez que haya llenado y confirmado con OK, observará que las palabras guía se reemplazaron con el texto final (Figura 20).

Figura 20
Resultado de insertar atributos

Ref.	Denominación	Cant.	Dimens Brutas	Materiales	Observaciones
Escala: 1:1	PRACTICA N°1				Fecha: 05/07/2016
Curso: 1 A					Nombre: OLGGER
C.T.D.B. Quito					Lámina: N° 1

NOTA: El bloque permanecerá constante siempre, lo que se puede variar de acuerdo al trabajo son los atributos y para modificarlos basta con hacer doble clic en uno de ellos o digitar ATTEDIT para que aparezca la siguiente ventana.

Figura 21
Edición de atributos

Enhanced Attribute Editor

Block: Olger
Tag: PONGATITULO

Select block

Attribute | Text Options | Properties

Tag	Prompt	Value
PONGATITU...		PRACTICA N°1
ESCRIBAE...		1 A
ESCRIBALA...		1:1
ESCRIBAE...		OLGER
ESCRIBALA...		05/07/2016
ESCRIBAN°...		N° 1

Value:

Aquí se tiene otro ejemplo de cajetín.

Tratamiento Técnico		NINGUNO		MATERIAL		DIM. BRUTAS:		
Recubrimiento		PINTURA		AISI 1018		15*10*3		
MECANICA	UPS	DIS	AAA	2015/...				
		DIB	BBB	2015/...				
		REV.	CCC	2015/...				
PRACTICA 1	Escala: 2:1	Código	Nº 1		Tel. grat ± 0,2			
		25	16	49		25		
		180						5

Cuando se trata de un plano de conjunto, es necesario además añadir la lista de materiales.

Sin importar cuál de los dos cajetines se seleccionó, la lista de materiales debe ser la siguiente:

10	45	10	25	15	25	25	25
3	placa	2	01.0152.00.03	5a	bronce	40x50x70	pulido
Ref	Denominación	Cant	Norma	Loc	Material	Dim. brutas	Observac

De donde:

Ref.: Se refiere a la posición numérica que ocupa la pieza en el dibujo de conjunto y está definida por el balloon (círculo numerado), por lo general se enumera en función de importancia del elemento, asignando el número 1 a la base.

Denominación: Es el nombre que el dibujante asignó a cada elemento del conjunto.

Cant.: Es el número de piezas del mismo tipo que se repiten en el dibujo.

Norma: Indica el código que se utilizará en las láminas de despiece, tiene dos formas de representación:

La primera es aplicada a los elementos que se van a fabricar y está formada por mínimo 4 bloques de números separados por un punto:

- Año de estudio.
- Código de matrícula.
- Número que representa al plano general (puede ser 00 o 01).
- Posición que ocupa el elemento en el plano general, debe coincidir con el número indicado en la referencia.

Ejemplo (03.124.00.01).

La segunda se refiere a elementos normalizados, situación en la cual se debe poner la norma bajo la cual fue construido ese elemento.

Ejemplo: (DIN932).

Material: Aquí se identifica al material del cual está fabricado el elemento, cabe resaltar que en las filas de los elementos normalizados debe quedar el espacio en blanco.

Dimens. Brutas: En este espacio se digitan las medidas bajo las cuales se adquirió el material antes de ser mecanizado, siempre debe ser mayor a las dimensiones del plano de despiece.

Observaciones: Se utiliza para dar indicaciones de tratamientos térmicos, acabados superficiales o alguna operación especial a la cual se someterá la pieza después de fabricada.

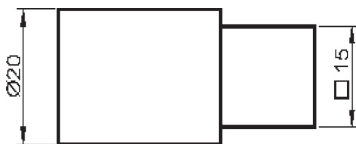
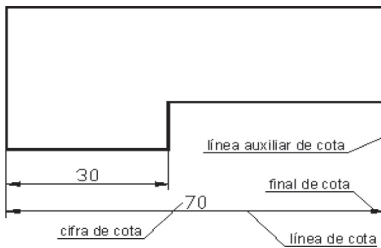
Loc.: Es la ubicación del balloon en el plano y se refiere a un par ordenado formado por un número y una letra que dividen al margen del formato.

Acotación [2]

Acotar significa colocar medidas en una pieza, respetando normas de Dibujo Técnico.

Elementos de cota

En el proceso de acotación de un dibujo, además de la cifra de cota, intervienen líneas y símbolos, que variarán según las características de la pieza y elemento a acotar.



SÍMBOLOS

Líneas de cota:

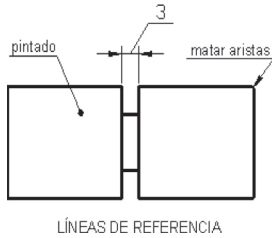
Son líneas paralelas a la arista en referencia y terminarán en una punta de flecha, un pequeño trazo oblicuo a 45° o un pequeño círculo.

Cifras de cota: Es un número que indica la magnitud. Se sitúa centrada en la línea de cota. Interrumpiendo a esta o sobre la misma.

Líneas auxiliares de cota: Son líneas perpendiculares a la arista a acotar y sobresalen aproximadamente 2 mm de las líneas de cota.

Símbolos: Van junto a la cota de la pieza y reducen el número de vistas para definir la pieza. Los símbolos más usuales son:

- Símbolo de cuadrado
- Ø Símbolo de diámetro
- R Símbolo de radio
- SR Símbolo de radio de una esfera
- S Ø Símbolo de diámetro de una esfera



Líneas de referencia de cota: Referencian una nota explicativa en los dibujos, mediante una línea que une el texto a la pieza. Las líneas de referencia, terminarán:

En flecha, si señala el contorno de la pieza.
En un punto, si señala el interior de la pieza.

Sin flecha ni punto, cuando acaben en otra línea.

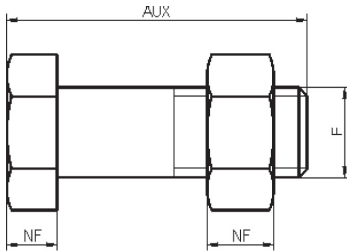
Clasificación de las cotas^[3]

En función de su importancia, las cotas se pueden clasificar en:

Cotas funcionales (F): Son aquellas que representan elementos fundamentales que permiten cumplir su función.

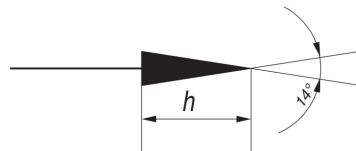
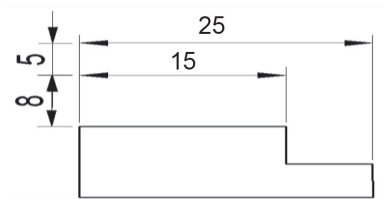
Cotas no funcionales (NF): Sirven para la total definición de la pieza, pero no son esenciales para que la pieza cumpla su función.

Cotas auxiliares (AUX): Son cotas referenciales y dan las medidas totales, exteriores e interiores de una pieza. No son necesarias para la fabricación o verificación de las piezas.



[3]

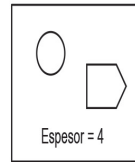
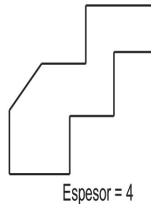
Para acotar se debe tomar en cuenta que la primera línea de cota se ubica de 8 a 10 mm de la arista y las demás de 5 a 7 mm de separación entre ellas y las flechas terminan en triángulos negros de $h = 3$ a 5 mm y un ángulo aproximado de 14 a 15°.



Normas de acotación^[4]

1. Cuando la pieza es delgada, se acota la medida del espesor con la frase:

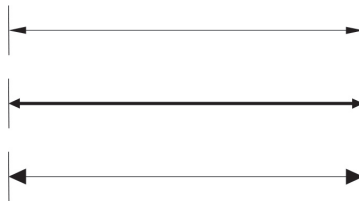
Espesor =



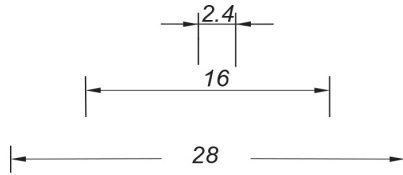
2. En el Área Mecánica se trabaja en milímetros por lo cual solo se escribe la magnitud, pero si las medidas están en otra unidad se ubica la cota y la unidad.



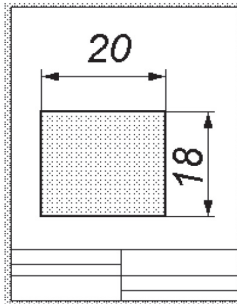
3. Las líneas auxiliares son de color negro y línea de referencia con las saetas pintadas por completo.



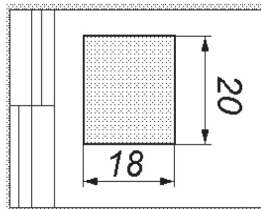
4. Las cotas se escriben sobre la línea de cota y en el centro de la auxiliar o interrumpiendo dicha línea. Cuando el espacio es pequeño, se ubican con las flechas en sentido opuesto.



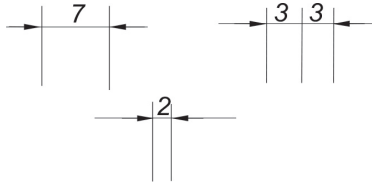
5. Las cotas deben ser leídas de abajo hacia arriba y de derecha a izquierda, estarán escritas en la parte superior de la línea de cota cuando es horizontal y a la parte izquierda de la línea de cota si es vertical.



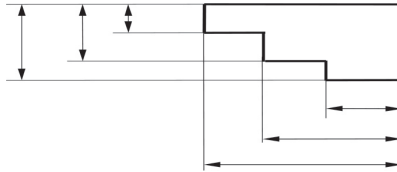
El cajetín estará en la parte inferior de la hoja cuando está vertical o a la izquierda si la misma está horizontal.



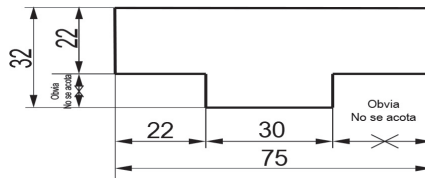
6. Cuando el espacio entre líneas de referencia es pequeño, las flechas se colocarán desde afuera en sentido invertido y cuando forman una cadena, se sustituye la flecha intermedia por un punto y se coloca entre las líneas la cota.



7. Las acotaciones se efectúan partiendo desde la arista de referencia, la cota menor es la más próxima a la pieza.

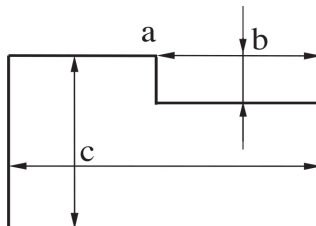


8. No se debe sobredimensionar el dibujo por ende las medidas obvias no se acotan.



9. La línea de cota:

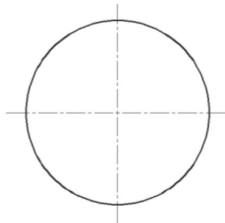
- **no** es la prolongación de una arista. **(a)**.
- **no** debe ser usada como línea auxiliar **(b)**.
- **no** deben intersectarse entre sí. **(c)**.



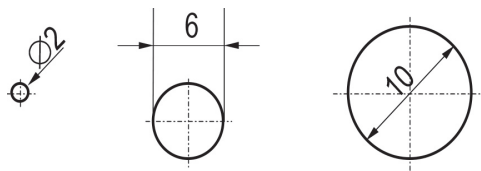
10. Las cotas no pueden ser divididas por otro tipo de línea pues produce errores de interpretación, de ser así, se colocará fuera del centro de la línea auxiliar.



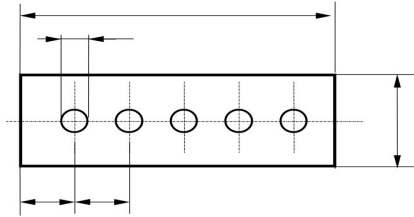
11. Los círculos se grafican con dos líneas de eje, perpendiculares entre sí, los mismos que deben sobrepasar de 2 a 3 mm de la circunferencia.



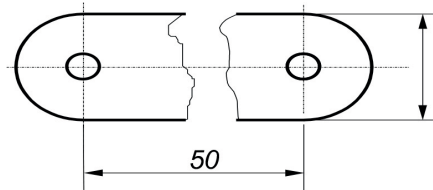
12. Cuando la cota cubre todo el diámetro se hace con las flechas hacia adentro o hacia afuera, en cambio cuando solo se lo indica deberá tener el símbolo (\varnothing) y la magnitud.



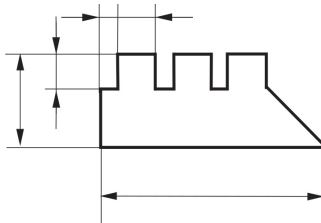
13. Si la medida es repetitiva, se debe acotar solo una, tanto en distancia como diámetro, eso implica que los intereses son los mismos y los diámetros de igual forma.



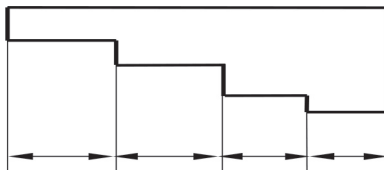
14. Cuando los elementos son muy largos y no tienen especificaciones intermedias, se realiza un seccionamiento, representando sus extremos y acotando la distancia total.



15. Si las piezas tienen medidas iguales en forma secuencial se debe acotar una de ellas y las demás quedan sobreentendidas.




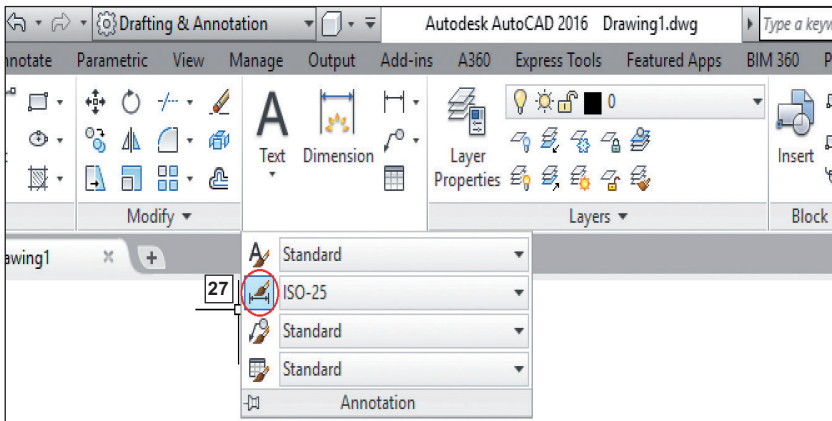
16. Si acota en cadena, verifique que las líneas auxiliares estén a la misma altura.



Configurando las acotaciones en AutoCAD

Para aplicar en AutoCAD las normas de acotación estudiadas en Dibujo Técnico, es necesario configurar su aplicación y se procede de la siguiente forma.

En el Tab Home, en el Panel Anotation y picando el menú desplegable se encuentra el ícono Dimension Style  (27) o se escribe Dimstyle en la barra de comandos.

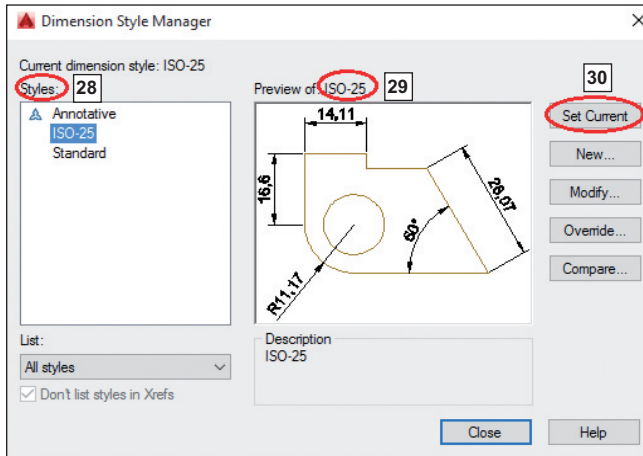


Una vez seleccionado el ícono, se obtiene como resultado la ventana Dimension Style Manager.

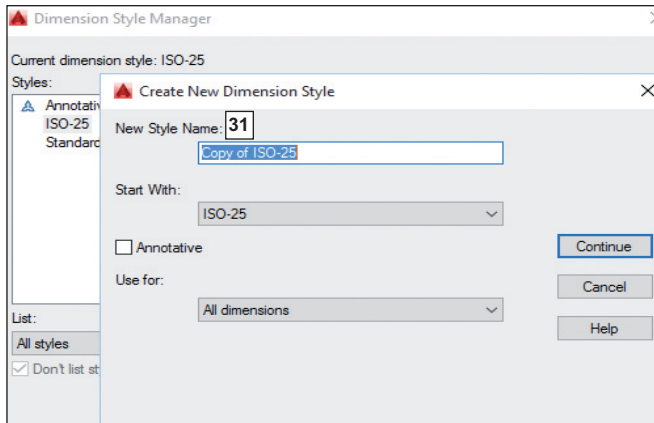
Esta ventana presenta 3 columnas, en la primera (28) aparecen los nombres de los estilos de cota cargados, en la segunda (29) una pre visualización de cómo se verían las acotaciones y en la tercera (30) se observan íconos ejecutables.

Dentro de los íconos ejecutables, son de interés NEW y MODIFY, para aplicar un nuevo estilo de cota personalizándolo de acuerdo a requerimientos del diseñador o para modificar el estilo actual de acotación.

Figura 22
Dimension Style Manager

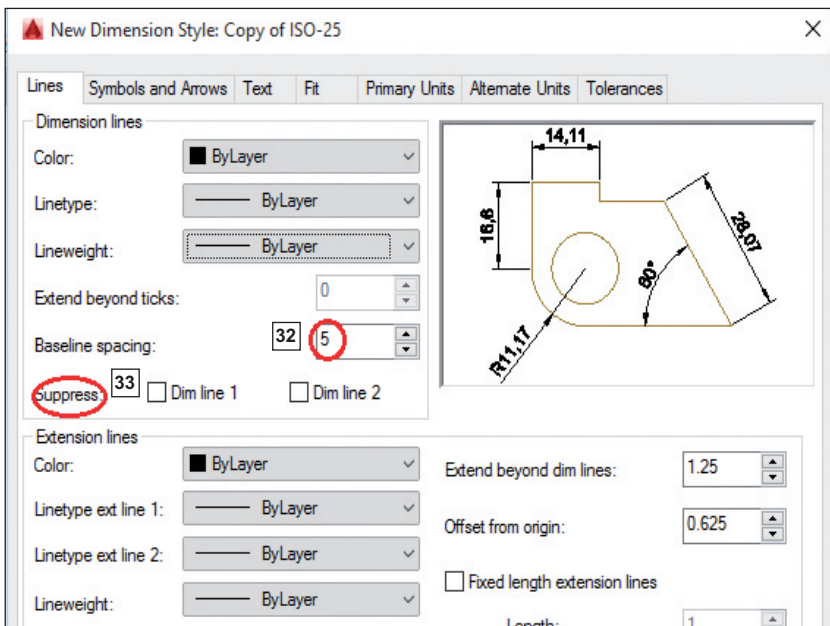


Una vez seleccionado el botón New, aparece una venta que solicita colocar un nombre (31) al nuevo estilo e indica por defecto que se crea como una copia del estilo anterior, en este caso aparece Copy of ISO-25. Si se desea se mantiene ese nombre para saber cuál es la raíz del estilo o se escribe una nueva denominación y se pica en Continue.



A continuación aparece propiamente la ventana de configuración y si se pone atención presenta varias pestañas que guiarán el trabajo de preparación.

El primer paso a ejecutar es cambiar todas las selecciones donde diga Byblock por Bylayer, para que la cota conserve las propiedades de su capa o layer.



En el espacio Baseline Spacing (32) se coloca el valor de 5, que se refiere a la distancia existente entre una línea de cota y otra.

Suppress: Dim line 1 Dim line 2 | 14,11

Al activar Suppress (33): Dim line 1 o Dim line 2, se eliminan las saetas de las flechas izquierda y derecha respectivamente.

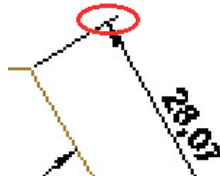
Suppress: Dim line 1 Dim line 2 

Al activar Suppress: Ext line 1 o Ext line 2, se eliminan las líneas auxiliares izquierda y derecha respectivamente.

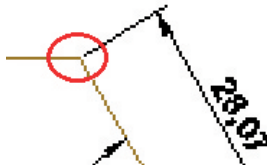
Suppress: Ext line 1 Ext line 2 

Suppress: Ext line 1 Ext line 2 

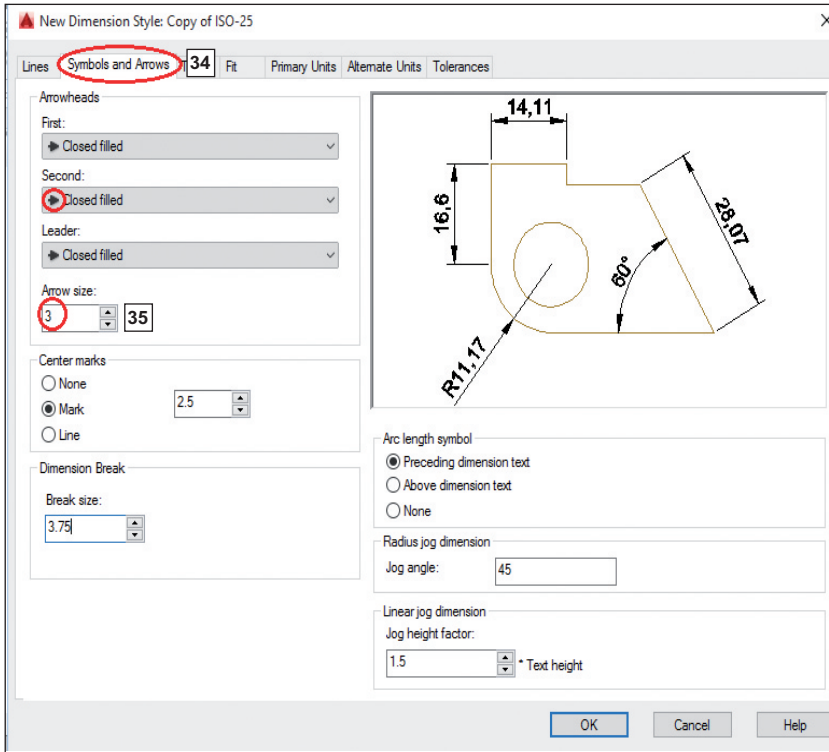
Extend beyond dim limits: Indica la distancia que sobre sale la línea auxiliar de cota de la línea de cota o dimensión.



Offset from origin: Indica la distancia que la línea auxiliar de cota se separa de la pieza.

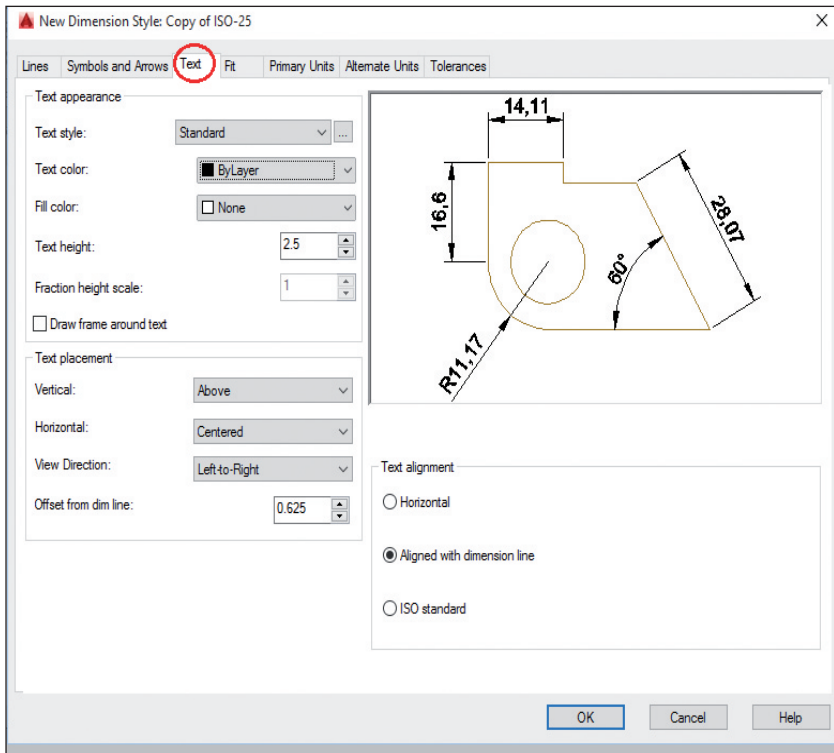


En la pestaña Symbols and Arrows, se encuentra un sin número de terminaciones de la línea de cota, cada una de ellas aplicable según el tipo de dibujo a realizar. En este caso como se trata de Dibujo Mecánico se utilizará como extremo un triángulo de color negro (34) cuya longitud es 3 mm (35) y resto queda por defecto.



En la pestaña de Text:

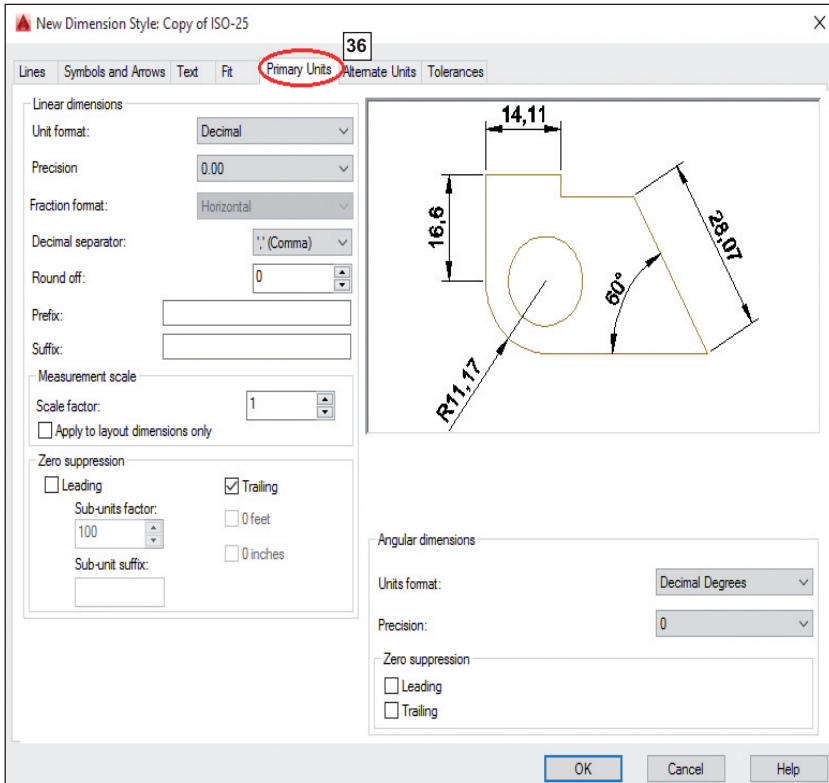
- En **type style**, se mantiene el tipo de texto standard o se pica en el cuadro con 3 puntos y se carga un nuevo estilo de letra.
- En **text color** se selecciona Bylayer.
- En **Fill color** seleccionar None, de lo contrario la medida se recubrirá del color escogido.
- En **Text height** se escribe el valor de acuerdo al tamaño de dibujo.



En los recuadros inferiores se mantienen los valores. Above, Centered, Left, Right y Aligned with dimensión line (para respetar las normas de acotación que indican al *texto centrado y sobre la línea de cota*).

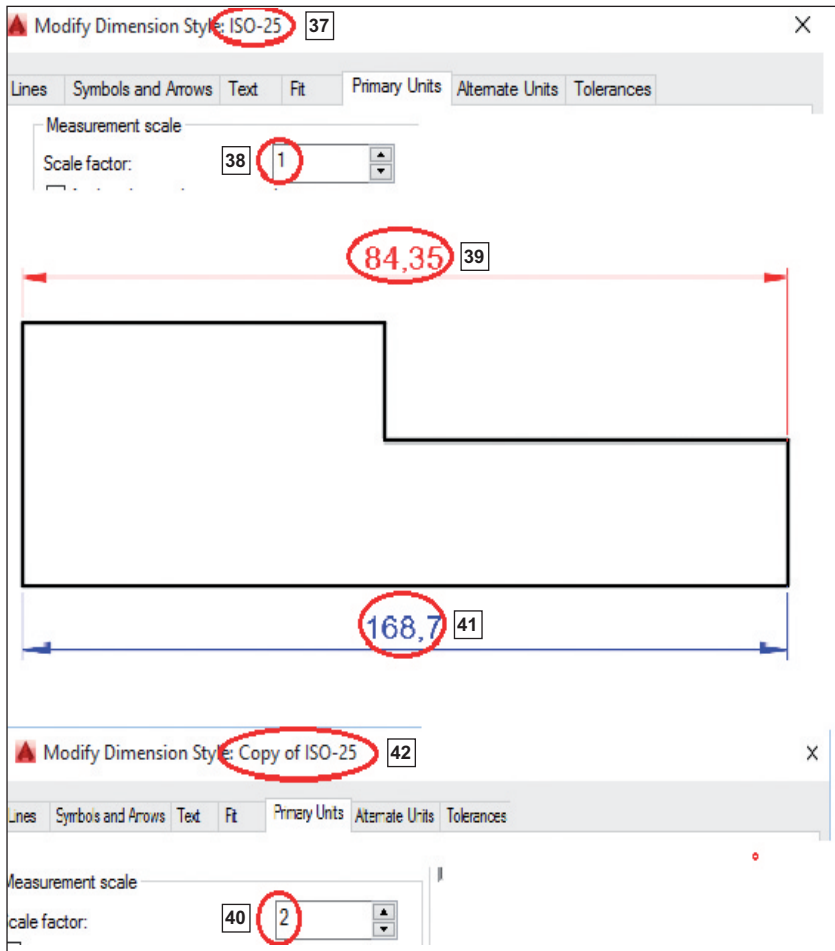
Por último se accede a la pestaña Primary Units (36) donde se podrá configurar si se requiere trabajar en unidades decimales, científicas, ingeniería, etc. Y si se requiere que el separador decimal sea punto, coma o espacio.

La precisión va desde cero hasta ocho decimales.



Si desea se puede alterar el factor de escala o sea que el dibujo tenga una medida y la cota otra y así se puede trabajar con diferentes escalas en el mismo dibujo.

Si se observa la acotación de la parte superior donde el estilo es ISO-25 (37) con escala 1 (38) es de 84,35 (39), en cambio la inferior, a pesar de ser el mismo gráfico tiene una cota del doble 168,7(41) y es porque en el factor de escala se seleccionó 2(40) como referencia y el estilo de cota es Copy of ISO-25(42).




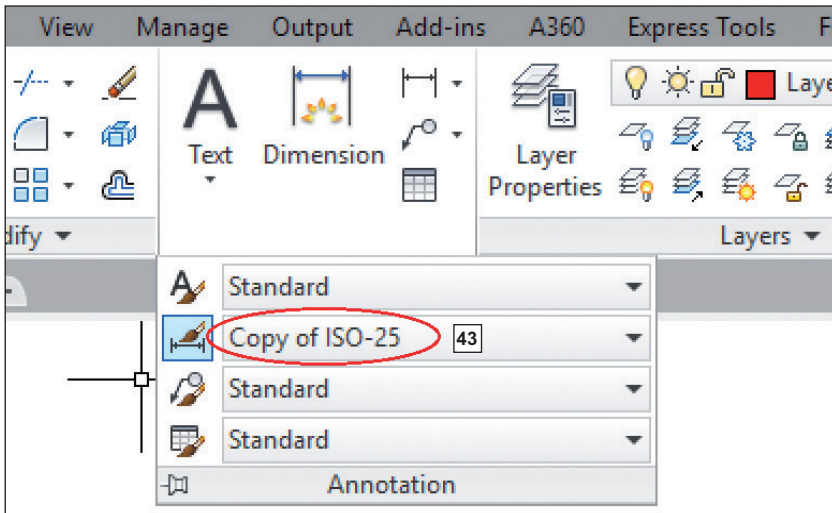
Una vez configurados los parámetros se aplica OK y luego Close y al final revisar que junto al ícono Dimension Style  (43), se encuentre *seleccionado el nombre del estilo de cota creado*.

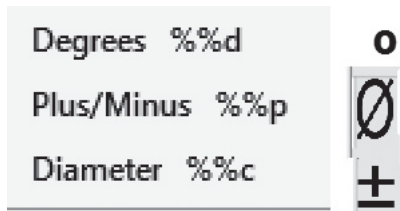
Figura 23
Estilos de cota cargados



Como tip se pueden mencionar que:

Para editar una cota ya establecida se aplica el comando DDEDIT.

Para insertar símbolos junto a las cotas, se combina texto cómo `%%d` para grados, `%%p` para más menos o `%%c` para diámetro.



Introducción a tres dimensiones

Al dibujar de forma manual la vista de planta un elemento, una casa, o un conjunto mecánico o no, se vería en la necesidad de dibujar una vista frontal, vistas laterales y posiblemente una perspectiva, para que su mensaje pueda ser interpretado correctamente. En cambio con un único modelo graficado con AutoCAD 3D, se pueden generar vistas e isometrías tomando como punto de referencia el que resulte más eficiente para su propósito e incluso si no quedó acorde a las necesidades, se puede cambiar dinámicamente esa visualización. Además, si desea que se modifique algo en el dibujo, se harán los cambios una sola vez.

En este tema aprenderá los conceptos relativos a 3D en:

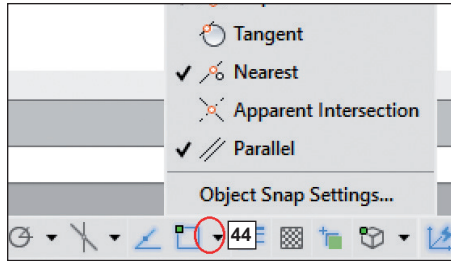
- Dibujos isométricos.
- Malla de alambre.
- Superficies / Regiones.
- Objetos Sólidos.

Dibujo isométrico

Esta forma de realizar el Dibujo, refiere a la ejecución de un diseño en dos dimensiones, que aparenta estar en tres dimensiones, de manera que si se observa a simple inspección genera una visualización tridimensional errónea.

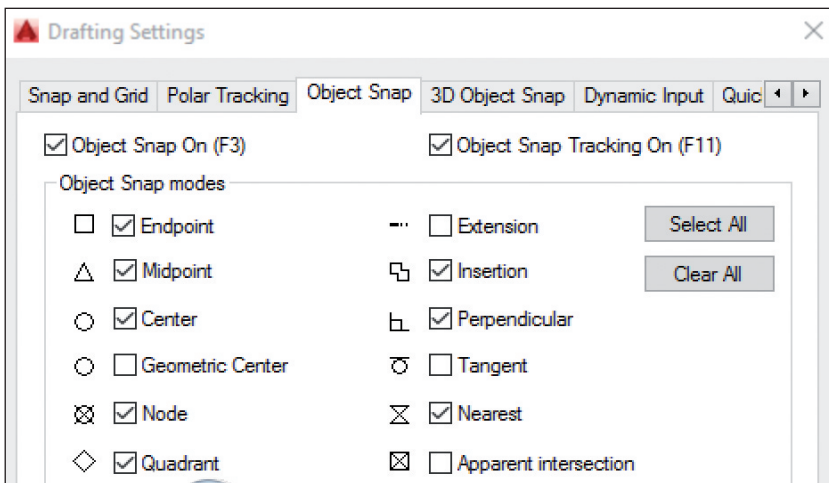
Para dibujar un objeto isométricamente, se realizan los siguientes pasos:

1. Picando en el Triángulo (44) junto al ícono de object snap, seleccione Object Snap Settings.

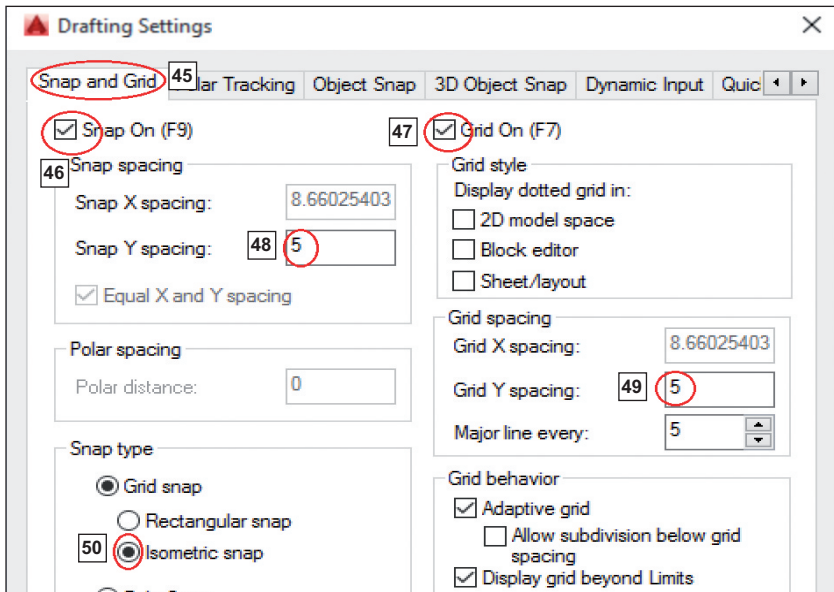


2. Observará que aparece la ventana Drafting Settings (Figura 24).

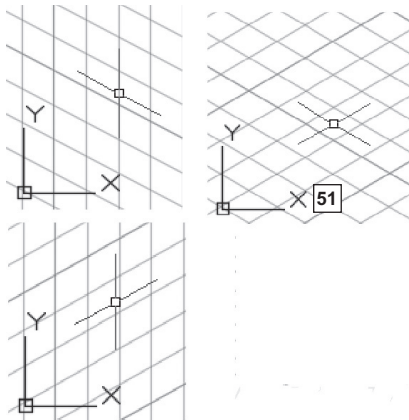
Figura 24
Drafting Settings



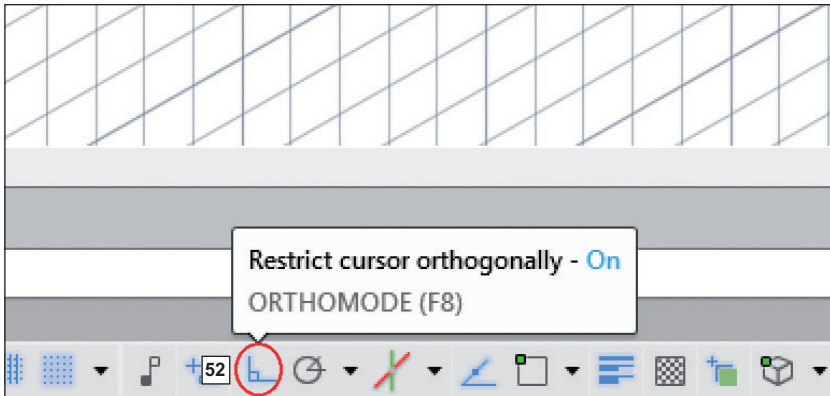
3. En ese cuadro seleccione la pestaña Snap and Grid (45) y active Snap On (46) y Grid On (47), en la parte superior, mientras que en la intermedia seleccione el valor de 5 en las ventanas de Snap spacing (48) y Gridspacing (49), por último en la parte inferior active el espacio Isometric Snap (50).



4. Observará que la pantalla se llena de cuadros (de no ser así, presione F7) y el cursor toma una forma inclinada respecto a la pantalla (51) y que cada vez que pulsa F5, esa orientación cambia.



5. Por último active el ícono Ortho Mode (F8) (52), con esto logra forzar el desplazamiento de las líneas trazadas de manera isométrica.

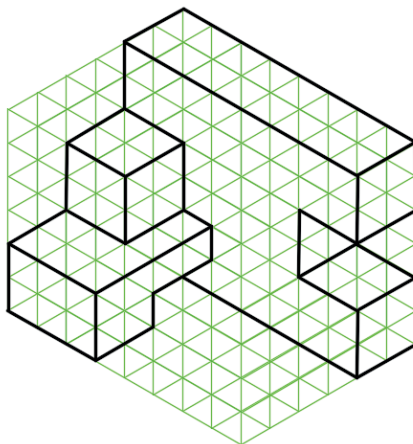
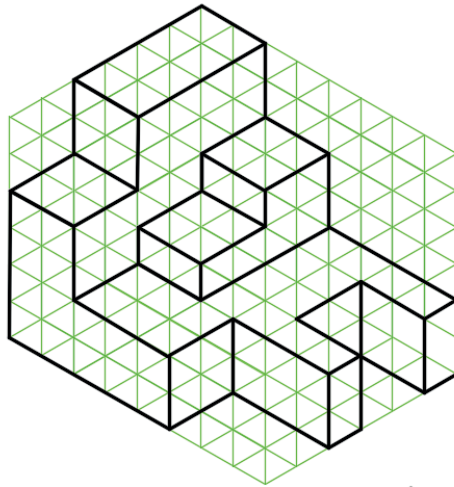


Nótese que al estar activada la opción Snap, el cursor se fuerza a posicionarse en cada esquina de la grilla al trazar una línea.

NOTA: En ocasiones cuando se quiere activar la grilla, no se visualiza su resultado en la pantalla y se observa un mensaje que dice "Grid too dense to display", entonces es recomendable aplicar un zoom total (z Enter + all Enter).

Práctica N° 1

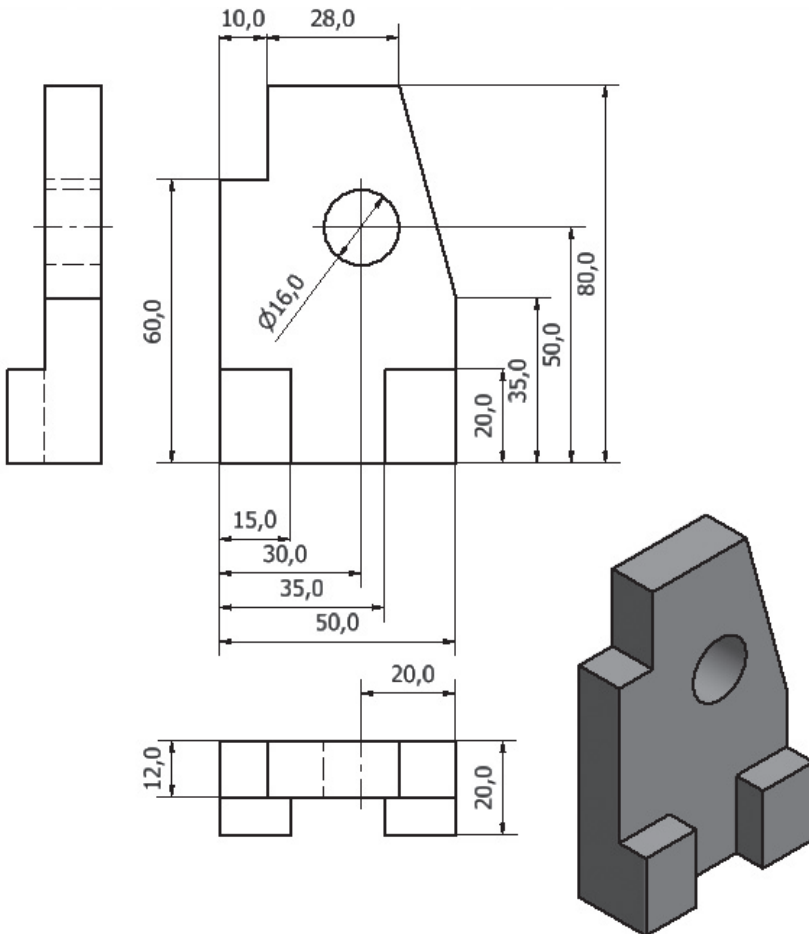
Realice el siguiente dibujo en forma isométrica, con una malla de 6 mm y en un formato A4 (sin acotaciones), tome en cuenta que cada cuadro del gráfico equivale a 6 mm.

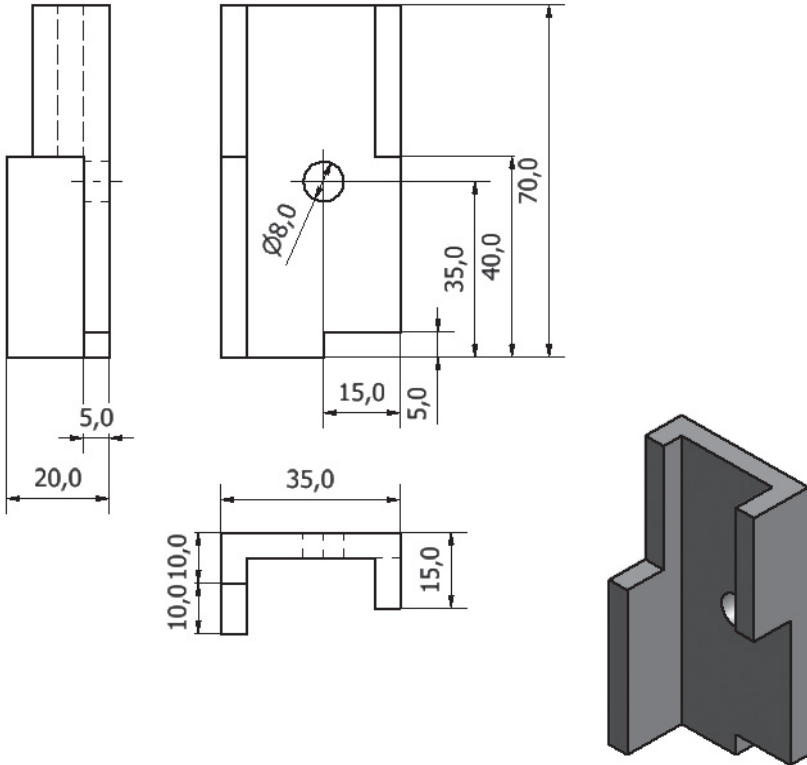


Cómo hacer un círculo isométrico

Para realizar un círculo en el sistema isométrico, se debe digitar Elipse y seleccionar Isocírculo (isocircle), y en caso que quiera cambiar la orientación de este deberá aplicar F5.

Práctica N° 2^[5]





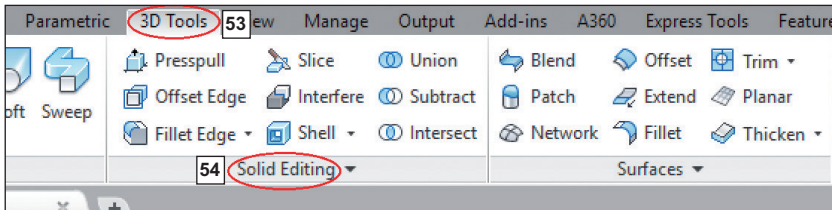
Operaciones booleanas

Se refiere a efectuar operaciones de adición (union), sustracción (subtract) o intersección (intersect) de elementos partiendo de la creación de superficies en base a elementos cerrados, los mismos que luego pueden ser utilizados para generar cuerpos sólidos o para obtener como resultado otros diferentes y para ello, se debe ejecutar los siguientes pasos.

Importación de barras

Como paso previo, se deberá activar el tab 3DTOOLS (53) y verificar la aparición de sus íconos en el panel Solid Editing (54) Como se observa en la Figura 25.

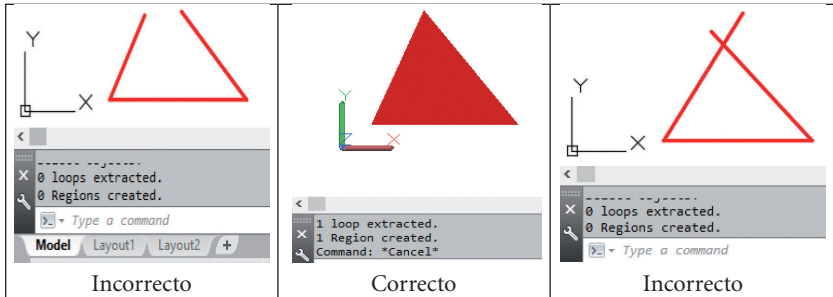
Figura 25
Barras, Solid Editing y modeling



Creación de regiones

Para crear una región, se debe escribir *REG* en la barra de comando, seleccionar los objetos y aplicar Enter. Es importante tomar en cuenta que el contorno debe estar completamente cerrado, de lo contrario no se puede ejecutar como se visualiza en la Figura 26.

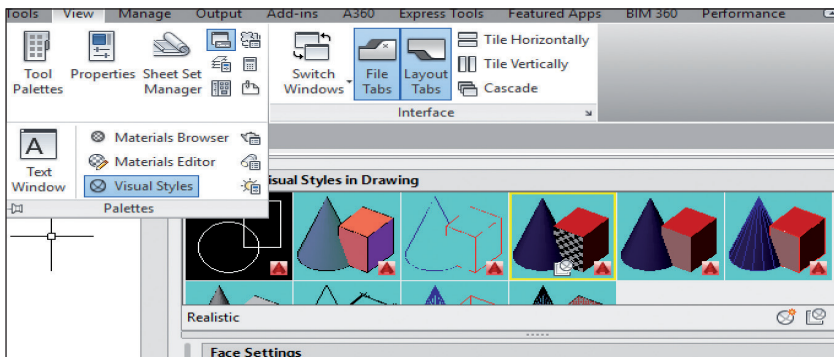
Figura 26
Como crear regiones



Si se observa el primer y tercer recuadros, se verificará que la respuesta a la orden de crear región es “0 region created”, en el primer caso porque la Figura está abierta y en el segundo por cuanto las líneas están cruzadas. En cambio en el centro menciona que se creó una región y al activar Realistic Visual Style, se pinta toda la superficie.

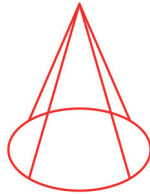
Es importante tomar en cuenta que para verificar si se convirtió en región o no, se debe activar en el tab VIEW y panel Visual Styles, los íconos Conceptual o Realistic de los 10 íconos en que está constituida, como se muestra en la Figura 27.

Figura 27
Visual Styles

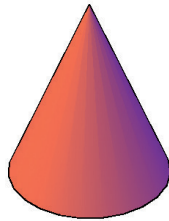


Los estilos visuales más utilizados son:

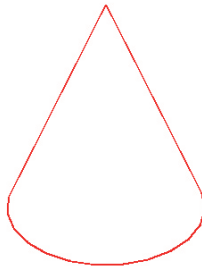
Wireframe: El primero y octavo íconos se refieren a 2D y 3D wireframe, respectivamente, en este esquema se presenta el dibujo tipo alámbrico, o sea solo se observan las líneas que limitan a la Figura.



Conceptual: Sombrea los objetos en la vista 3D y suaviza los bordes entre las caras de los polígonos.



Hidden: Presenta las líneas y curvas que representan los bordes de la Figura que serían visibles de frente o sea no grafica líneas ocultas.



Realistic: Presenta el objeto con el color de la capa que fueron creados y con un tono brillante.

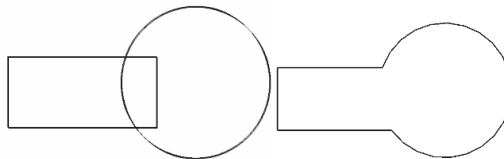


Aplicación de operaciones booleanas

Existen tres operaciones:  Union  Subtract  Intersect

Union.- Que se refiere a juntar dos objetos diferentes y convertirlos en uno solo. Para ello:

- Se dibuja los objetos.
- Se convierte en región.
- Se activa Realistic Visual Style.
- Se aplica el comando Union.
- Se seleccionan los elementos y
- Se aplica Enter

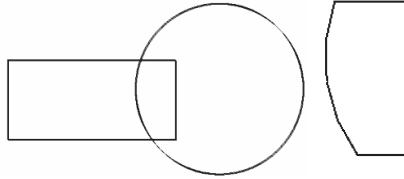


Elementos separados

Unión

Intersect.- Como resultado de esta operación se tiene un elemento que contiene a las partes que se encuentran en común en los dos elementos.

Para ello, se realizan los mismos pasos que en el ejemplo anterior, pero con la diferencia de que en vez del comando Union, se activa el Intersect.



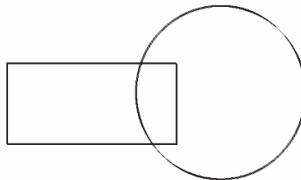
Elementos separados



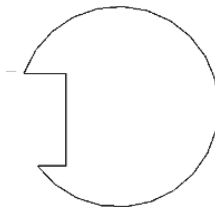
Intersect

Subtract.- Busca eliminar uno de los elementos que se encuentran en coincidencia y se efectúa así:

- Se dibuja los objetos.
- Se convierte en región.
- Se activa Realistic Visual Style.
- Se aplica el comando Subtract
- Selecciona el elemento que va a quedar en el dibujo.
- Aplica Enter.
- Selecciona el elemento que se va a sustraer.
- Aplica Enter.



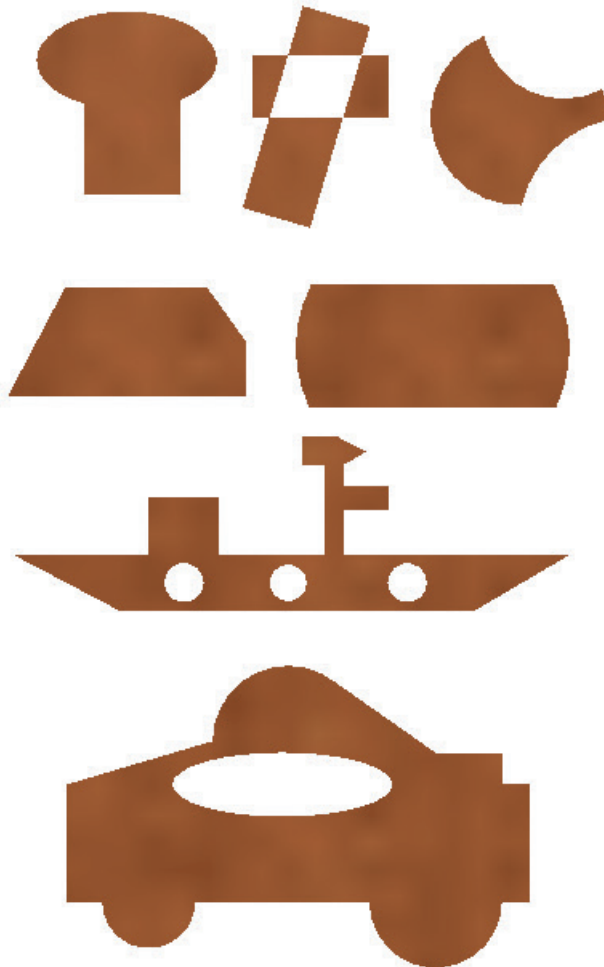
Elementos separados



Subtract

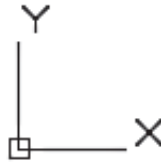
Práctica N° 3

En un formato A4, aplicando regiones y operaciones booleanas, realice las siguientes Figuras. Utilice una capa de color café. Las medidas no tienen relevancia.



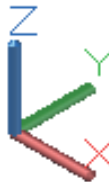
Coordenadas 3D

Para encontrar un punto en 3D, se especifican tres coordenadas (X, Y y Z) en el Sistema Mundial de Coordenadas (WCS) o en el Sistema de Coordenadas del Usuario (UCS).



Compás en 2D

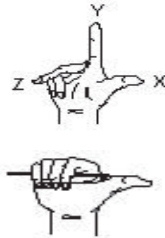
El WCS, refiere a la posición creada por defecto en el programa, mientras el UCS, se aplica a una posición definida por el usuario, en función de la necesidad de representación.



Compás en 3D

Regla de la mano derecha^[6]

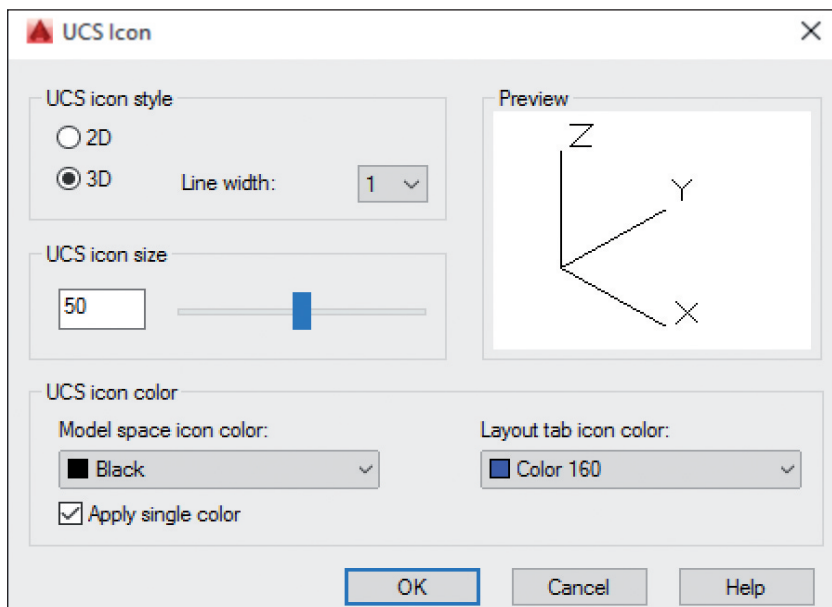
En ocasiones es necesario rotar los objetos, entonces se vuelve complejo el trabajo si es que no se toma en cuenta esta regla, cuyo objetivo es determinar la dirección positiva del eje Z. Para ello, el dedo pulgar se dirige hacia la dirección positiva del eje X, el índice indica la dirección positiva del eje Y y el dedo medio la dirección positiva del eje Z. Entonces al cerrar la mano observará la dirección positiva de rotación alrededor de un eje.



Definir un sistema de coordenadas del usuario

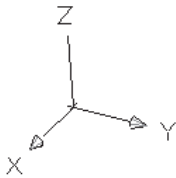
En la Figura 28, se observa la configuración del UCS Icon, que puede tomar varias presentaciones (tipo 2D, 3D cono). Este comando se encuentra digitando UCS Icon y seleccionando Properties. Permite controlar la posición y visibilidad del símbolo.

Figura 28
UCS ICON

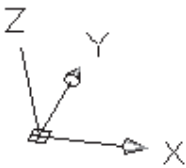


El ícono puede tener varias presentaciones, en función de su posición, tal como se muestra en la Figura 29.

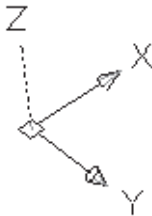
Figura 29
Presentaciones del UCSICON



Si se lo observa solo como la intersección de líneas. Implica que se ha movido de su origen generando un Sistema Personal de Coordenadas (SCP), o sea el usuario lo ubicó acorde a su necesidad.



Si aparece un signo + en la intersección de los ejes, el símbolo se encuentra sobre el origen de coordenadas.



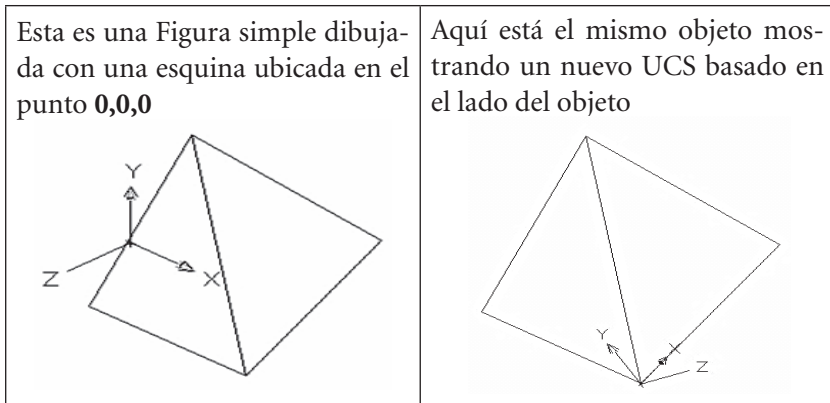
Si se visualiza al eje Z con línea entrecortada, significa que el plano está invertido o sea opuesta al plano de trabajo. En cambio si la línea es continua, la observación es sobre del plano de trabajo.



Cuando el ícono aparece como una escuadra quiere decir que se está trabajando en layout o espacio papel.

El UCS es de gran utilidad pues permite ubicar el plano de trabajo (XY) en cualquier orientación, en función de la necesidad de trabajo.

Existen varias formas de hacer dicho cambio, y a continuación se observará un ejemplo.



Definición de un UCS

Forma más simple

- Teclee UCS y confirme con Enter.
- Escriba N (new).
- Digite 3p (3 puntos).
- Seleccione el punto que será su nuevo origen de coordenadas.
- Precise la dirección positiva de X (cualquier punto a lo largo de la dirección).
- Seleccione la dirección positiva del eje Y.

Origin: (Origen)

Esta opción desplaza el UCS a un nuevo punto de origen. No cambia la orientación previa ya que solo se selecciona un punto.

Z-Axis: (Eje Z) ZA

Permite elegir dos puntos. El primero es el nuevo origen, el segundo indica la dirección del eje positivo Z.

Object: (Objeto)

Se elige un objeto bidimensional que está sobre algún plano de dibujo en particular.

View: (Vista)

El UCS se alinea con la vista actual, conservando el origen en el mismo punto en que se encontraba, se aplica solo en dibujo de superficies y sólidos.

X / Y / Z:

Elegir el eje e ingresar un ángulo de rotación (regla de la mano derecha), el eje que se eligió queda fijo y los demás rotan respecto a este.

Previous: (Previo)

Retorna a la configuración anterior.

Restore/Save/Del/ (Restablecer/Guardar/Borrar).

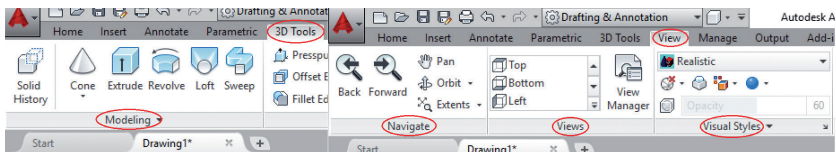
Permite guardar un UCS asignándole un nombre, si es necesario restablecerlo o borrarlo.

Para retornar al sistema universal de coordenadas (WCS) basta con escribir UCS y dar doble Enter.

Para realizar un trabajo en 3D con facilidad, se debe interactuar con las siguientes barras de herramientas Modeling, Navigate, Views, Visual Styles ver Figura 30.

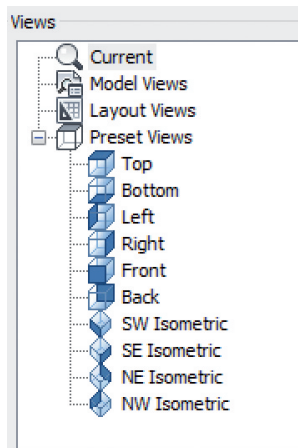
Si no encuentra esos paneles, proceda a activarlos ubicándose en el Tab View, clic derecho, ingrese a Show Panels y pique en su nombre para que se activen:

Figura 30
Herramientas de interacción para 3D



Pview o barra views

Presenta la posibilidad de trabajar en las 6 vistas ortogonales que se utilizan en Dibujo Técnico, Top (Superior), Bottom (Inferior), Right (Lateral derecha), Left (Lateral izquierda), Front (Frontal) y Back (Posterior) y además de 4 presentaciones isométricas (SE isometric, SW isometric, NE isometric y NW isometric).



Por defecto aparece la presentación isométrica SW, pero como consejo se debe utilizar la SE isometric, porque presenta una forma más real del elemento y junto a ella las vistas top (superior o planta) front (frontal o alzado) y una lateral, como se observa en la Figura 31. Entonces para que la SE isometric quede predefinida se procede a ubicarse sobre la casa (🏠) del View Cube (55), se acciona el botón derecho del mouse y se activa Set Current View as Home (56).

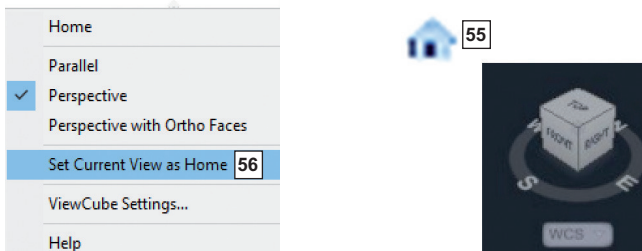
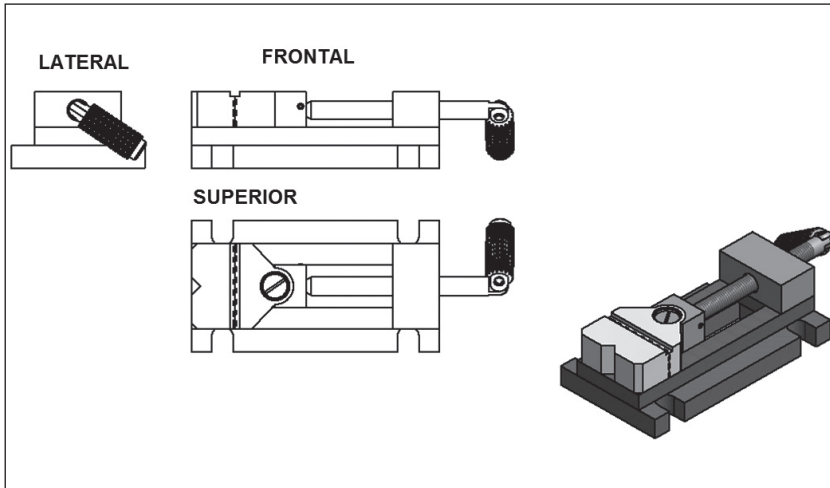


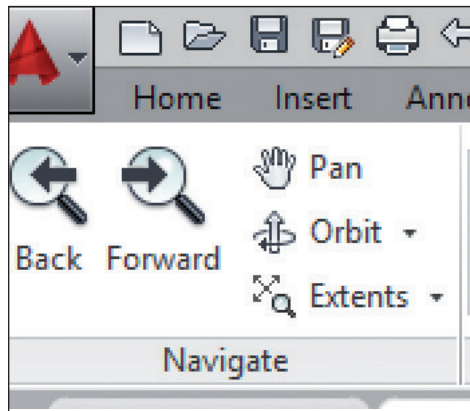
Figura 31
Presentación de vistas



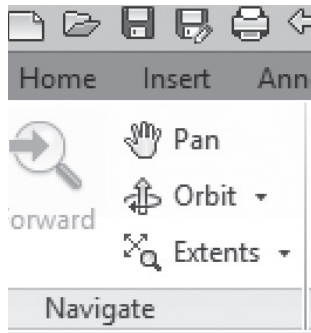
Visión interactiva en 3D (comando 3DO)

Para realizar una visión interactiva en 3D, se tiene en el panel Navigate del Tab View varios iconos que facilitan la interacción (Figura 32).

Figura 32
Panel Navigate y sus íconos




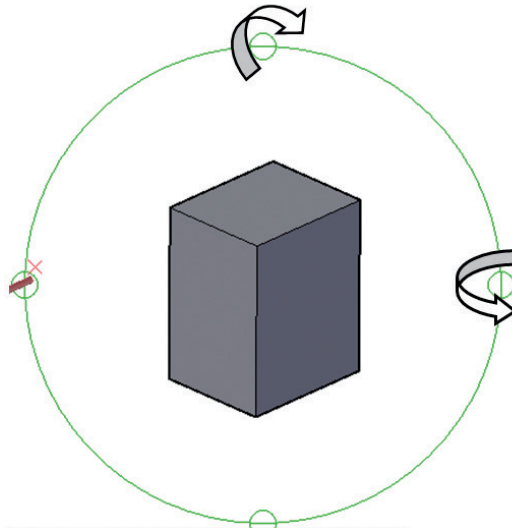
Los botones Pan y Extents, desplazan la figura y la amplían o disminuyen respectivamente.





En el ícono de Orbit se encuentran las herramientas Free Orbit y Continuos Orbit además de la misma Orbit.


El Orbit al ser activado presenta al cursor como una pequeña nube ☁, donde al presionar el botón izquierdo del mouse permite rotar el objeto.


El ícono Free Orbit , muestra un círculo dividido en cuatro cuadrantes con círculos más pequeños. Al ubicarse en cada círculo pequeño, la rotación se restringe a una sola dirección.




Cuando el cursor se ubica en el interior, aparece el ícono de Orbit , con las mismas aplicaciones o sea se puede rotar libremente al objeto.

Cuando el cursor se ubica en el exterior,  se observa una flecha circular alrededor de una esfera. Haciendo clic y arrastrando el cursor, la vista fuerza su movimiento entorno al eje que pasa por el centro y es perpendicular a la pantalla.

Cuando el cursor se ubica en uno de los círculos laterales,  se observa una elipse horizontal alrededor de una esfera pequeña. Cuando se hace clic y se arrastra el puntero, solo rota la vista alrededor de la vertical o el eje Y.

Cuando el cursor se ubica en uno de los círculos superior o inferior  aparece una elipse vertical alrededor de una esfera pequeña. Cuando se presiona el mouse y se arrastra el cursor, solamente rota la vista alrededor de la horizontal o el eje X.

El ícono Continuos Orbit  permite al objeto rotar libre y continuamente, una vez seleccionada y dada un impulso con el mouse (en la dirección que se dio el impulso).

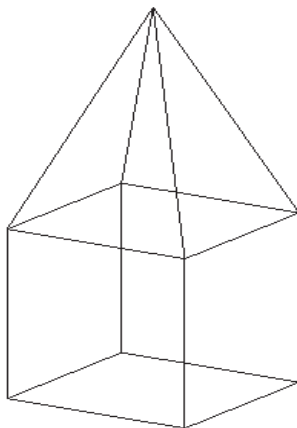
Para salir de este comando, se presiona Enter, Esc, o se hace clic en Exit del menú contextual (clic derecho).

Tipos de dibujo en 3D

En AutoCAD es posible graficar tres tipos de modelación, aunque no es recomendable mezclar esos sistemas de edición, para no causar confusión.

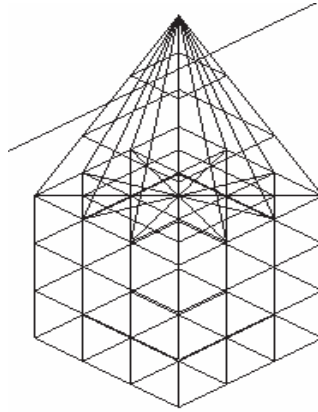
Wireframe (red de alambres), se refiere a un esqueleto, que define la estructura del elemento, está determinado por líneas y puntos (no superficies).

Para realizar un dibujo alámbrico se requiere aplicar las coordenadas X, Y y Z, porque si se lo realiza con el cursor, se crea una imagen visual que aparenta estar en tres dimensiones, pero el momento de verificar con ORBIT, se observa que está en 2D, ya que AutoCAD solo trabaja en el plano XY.

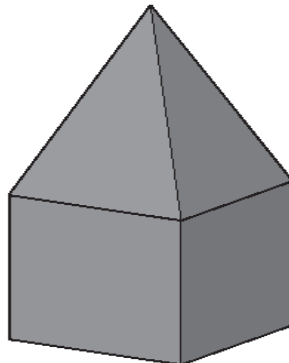


Surface (superficies), aquí además de la estructura del elemento, se encuentran también superficies, las mismas que pueden ser definidas en facetas con el uso de mallas poligonales.

En principio se denomina mallas (meshes) a las superficies creadas con facetas.



Solid (sólidos). Son cuerpos llenos, generados a partir superficies o bien de sólidos primitivos (cajas, conos cilindros, esferas, cuñas, etc.), y con la interacción de las operaciones booleanas u otras técnicas de trabajo.



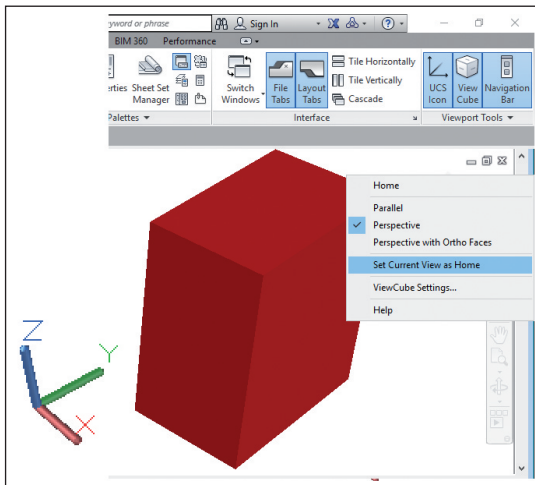
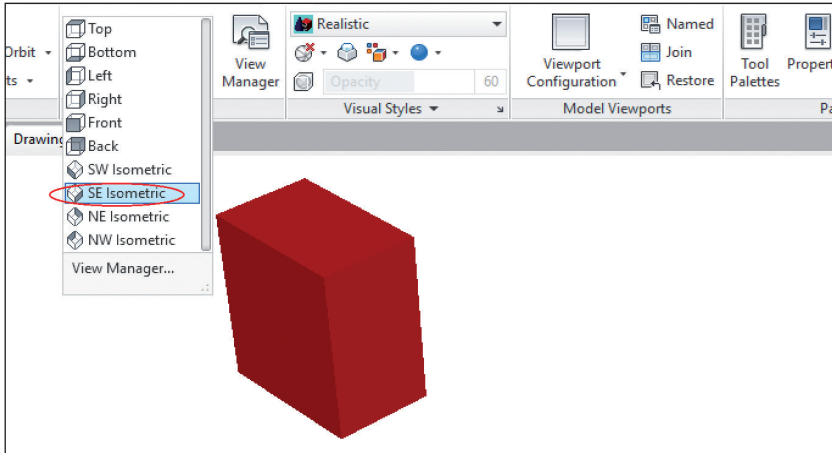
Práctica N° 4

Esta práctica tiene por objetivo aplicar los UCS y la ejecución de un dibujo Wireframe, para ello, realice el gráfico indicado y escriba un texto en cada cara del elemento, además verifique con las órbitas, si es verdad que su dibujo está en tres dimensiones.



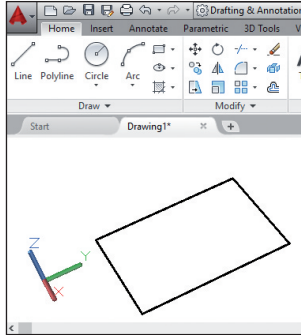
Tutorial práctica N^o 4

1. Con el Panel View, oriente la hoja en SE isometric

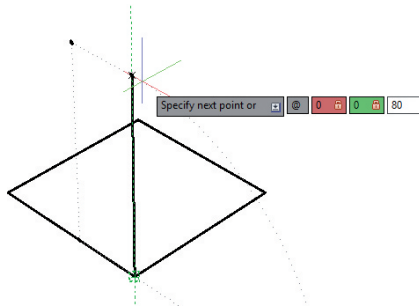


2. En la casa graficada junto al View Cube haga clic derecho y fije como Set Current View as Home.

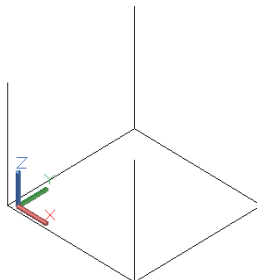
3. Realice un cuadrado de 100 x 100.



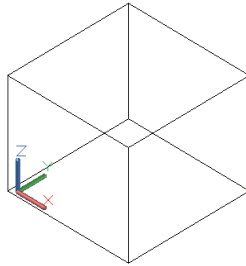
4. Orden línea, pique en una esquina del cuadrado y escriba @0,0,80, para construir una línea perpendicular.



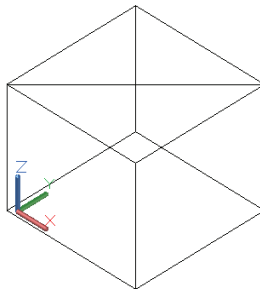
5. Repita el proceso en las esquinas restantes.



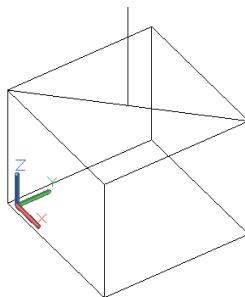
6. Una los extremos superiores de las líneas graficadas.



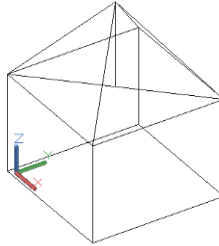
7. Trace una diagonal en la parte superior (línea auxiliar de referencia).



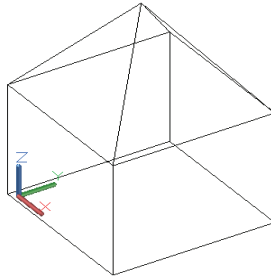
8. En el punto medio de la diagonal construya otra línea vertical de 70 mm de altura (indique tres coordenadas @0,0,70).



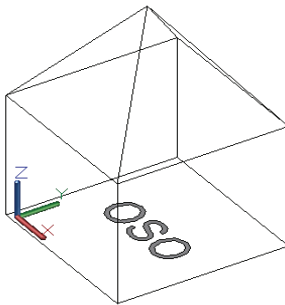
9. Una los vértices con el extremo superior de la última línea.



10. Borre la diagonal y la vertical de referencia.

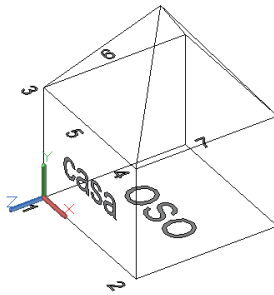


11. Escriba el texto OSO, centrado en el cuadro base con letra tamaño 20.

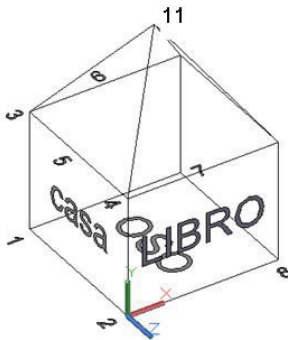


12. Para escribir la palabra **Casa** aplique el siguiente proceso.

- Teclee UCS y confirme con Enter.
- Escriba N (new).
- Digite 3p.
- Seleccione el punto (1) que será su nuevo origen de coordenadas.
- Precise la dirección positiva de X en el punto (2) y
- Seleccione la dirección positiva del eje Y en el punto (3).



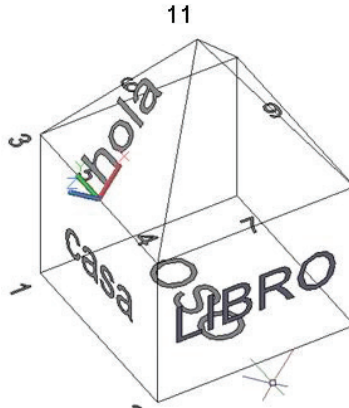
13. Repetir el proceso anterior con la variación que el origen es en el punto (2), dirección de X en el punto (8) y dirección de Y en el punto (4) y escriba LIBRO.



14. Repetir el proceso anterior en las dos caras laterales restantes.

15. Para las caras inclinadas, se van a tomar como referencia los puntos medios de las líneas y el vértice superior. Se indica el proceso para una cara y para las demás se lo repite.

- Teclee UCS y confirme con doble Enter, para que el UCS vuelva al origen.
- Teclee nuevamente UCS y confirme con Enter.
- Escriba N (new).
- Digite 3p.
- Seleccione el punto (5) que será su nuevo origen de coordenadas.
- Precise la dirección positiva de X en el punto (11) y
- Seleccione la dirección positiva del eje Y en el punto (3).
- Escriba el texto hola.

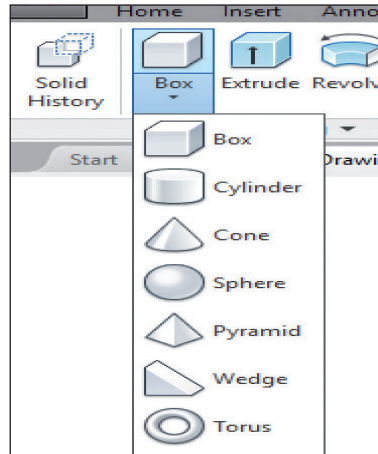


16. Teclee UCS y confirme con doble Enter, para que el UCS vuelva al origen.

Sólidos primitivos

En el tab 3D Tools, panel Modeling y en la pestaña desplegable de Box (Figura 33) encontrará a estos elementos.

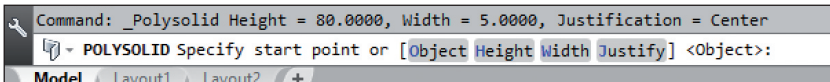
Figura 33
Sólidos primitivos



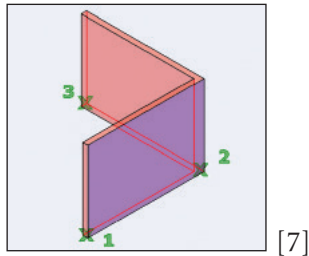
Polysolid

Crea paredes, permitiendo seleccionar la altura y espesor de las mismas, las cuales permanecen constantes durante el trazado, como se observa en el siguiente ejemplo.

1. Una vez que escriba polysolid en la barra de comandos o que seleccione el ícono respectivo, le aparecerá la siguiente pantalla.

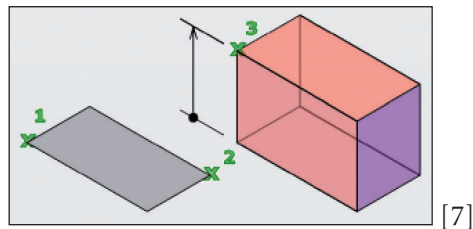


2. Por defecto la pared tendrá 80 unidades de altura y 5 de espesor, entonces si se desea, se puede variar esos valores digitando H y W, respectivamente.
3. Seleccione el punto de inicio y trace libremente el objeto que requiera.



4. Recuerde que para tener una visualización apropiada debe estar activada la opción *SE* en la barra View y *Realistic* en la barra de Visual Styles.

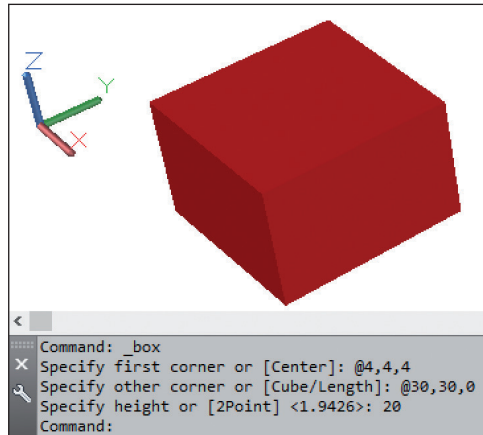
Caja (box)



Con esta herramienta se puede construir cubos o prismas rectangulares a partir de una base (definida por dos puntos diagonales) y una altura especificada por el usuario. Estos puntos se los puede describir mediante coordenadas o con el cursor.

Ejemplo.

1. Command: box.
2. Specify corner of box or [Center] <0,0,0>: 4,4.
3. Specify corner or [Cube/Length]: @30,30.
4. Esto dibuja una caja que tiene 26 unidades en el eje X, 26 unidades en el eje Y y una altura de 20 unidades en el eje Z, con una esquina ubicada en 4,4.

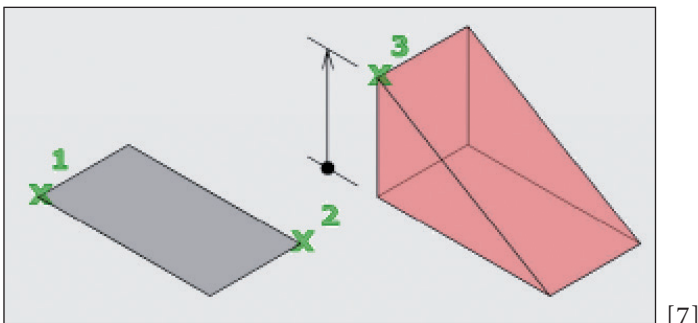


Otra forma de trazar la caja es seleccionando la opción Center.

1. Command: BOX.
2. Specify corner of box or [Center]: C.
3. Center of box <0,0,0>: <ENTER> or <ELIJA UN PUNTO>.
4. Specify corner or [Cube/Length]: @2,3.
5. Specify height: 40.

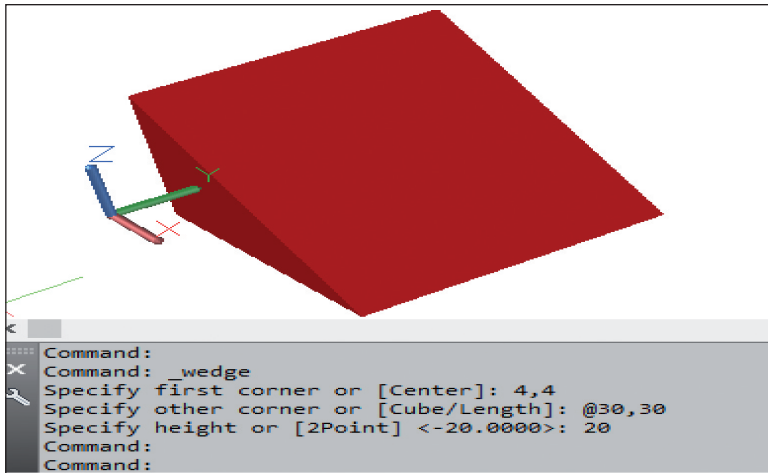
Cuña (wedge)

Crea una cuña triangular definida por dos puntos opuestos.



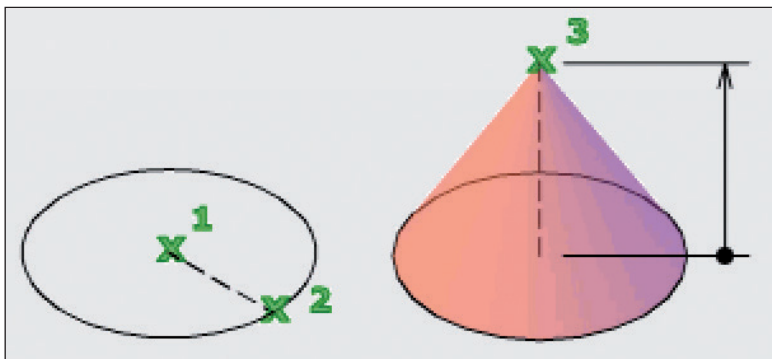
[7]

Como se puede observar en la gráfica, se deben definir 3 puntos, dos (diagonales) en el plano XY y uno en el plano Z, como lo ilustra el ejemplo.

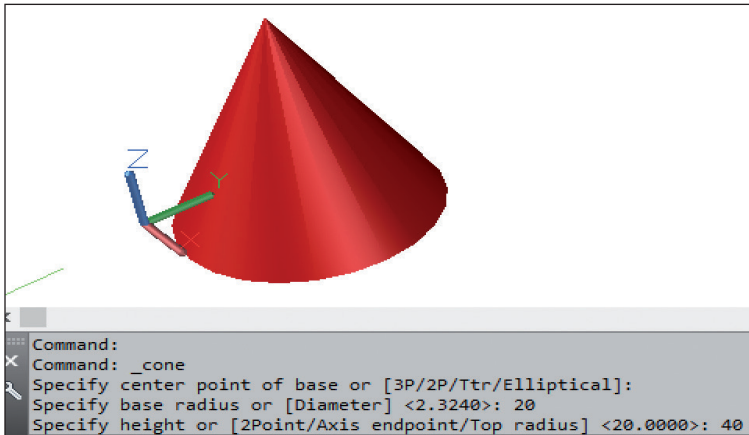


Cono (cone)

Grafica un cono partiendo de su centro, radio y altura.

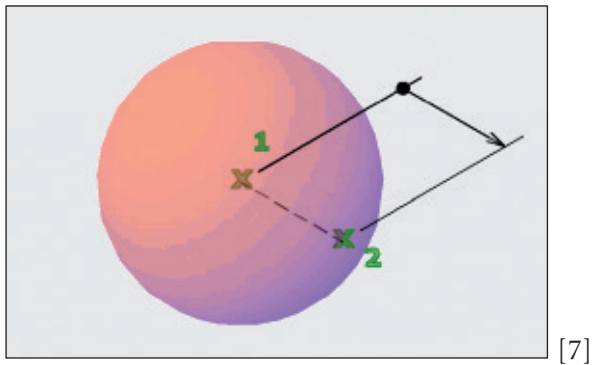


[7]



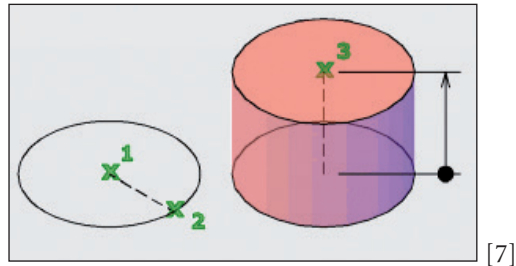
Esfera (sphere)

Grafica una esfera sólida especificando el centro y un punto sobre el radio.



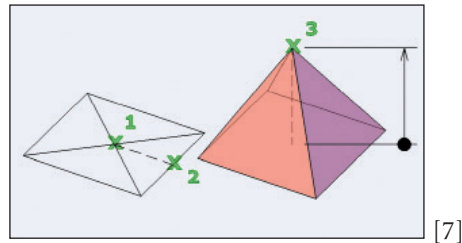
Cilindro (cylinder)

Define un cilindro sólido partiendo del centro (1), radio (2) y altura (3).



Pirámide (pyramid)

Construye un elemento similar y con el mismo procedimiento que el cono, o sea por defecto, el punto cuyas coordenadas se escriban en el área de dibujo, representará al centro de la base cuadrada de la pirámide, luego se debe definir la longitud de la mitad de la base y por último la altura, como se observa a continuación.



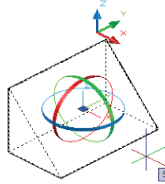
Rotar objetos (3Drotate)

Este es un comando muy útil, pues permite la rotación de objetos en tres dimensiones de manera que se pueden orientar de acuerdo a la necesidad del dibujante.

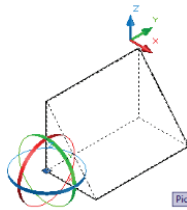
Para aplicarlo debe seguir los siguientes pasos.

1. 3Drotate.
2. Seleccionar el objeto a rotar.

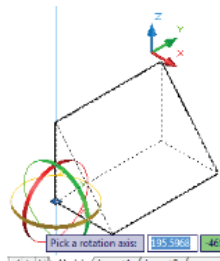
3. Observará que el símbolo del ícono se coloca sobre la figura y le solicita que seleccione el punto origen.



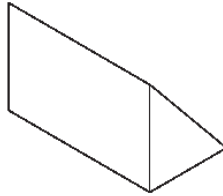
4. Seleccione el punto que servirá como base y hacia allá se desplaza el símbolo.



5. Observe que el símbolo tiene tres cintas de colores diferentes y el programa le solicita que escoja el eje de rotación.
6. Aproxime el cursor sobre una de las cintas y aparecerá una línea que representa al eje de rotación.



7. Una vez que pica sobre esa cinta, en este caso se seleccionó el eje z, debe ingresar el ángulo al cual va a rotar el objeto.



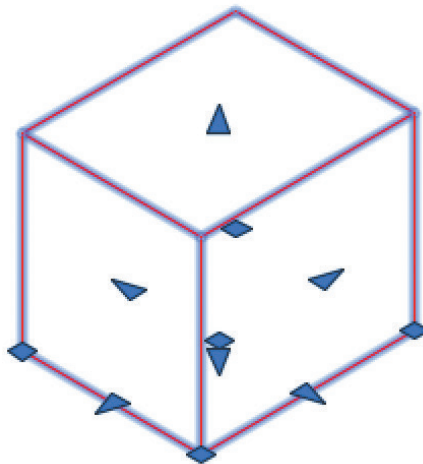
Pinzamientos

Aparecen como cuadrados en las esquinas y triángulos de color azul en los puntos medios de la figura cuando se selecciona un objeto sin haber ejecutado un comando antes (Figura 34).

Estos elementos permiten modificar la figura cuando se los selecciona y se los arrastra con el mouse, así se puede alargar una línea, agrandar o disminuir un arco, transportar un elemento de un sitio a otro, etc.

Estos pinzamientos desaparecen cuando se pulsa la tecla “Esc”.

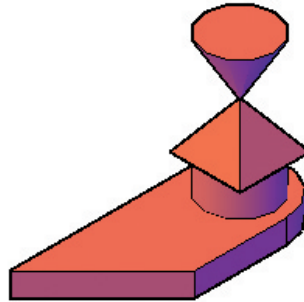
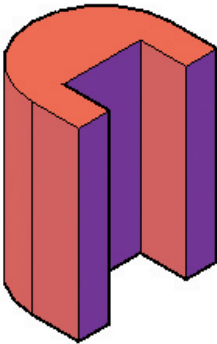
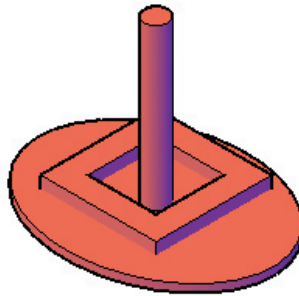
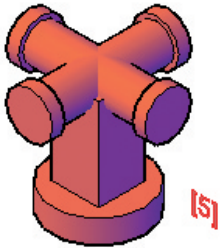
Figura 34
Representación de pinzamientos



Práctica N° 5

Aplicando sólidos primitivos, operaciones booleanas, rotación en 3 dimensiones y pinzamientos si es necesario, realice los siguientes ejercicios.

Recuerde que a veces es necesario crear líneas auxiliares, para utilizarlas como referencia en caso de movimientos o desplazamientos.



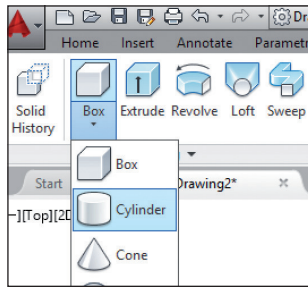
[5]

Tutorial práctica N^o 5

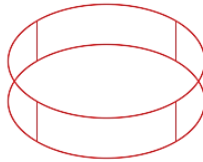
1. Repita los dos primeros pasos del tutorial de la práctica N^o 4.

TUTORIAL PRÁCTICA N^o 5.- FIGURA 1

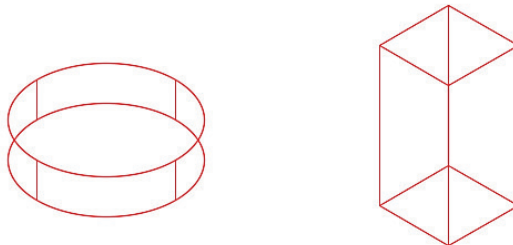
2. En el Tab 3D tools, panel Modeling, de la barra Box, seleccione Cylinder.



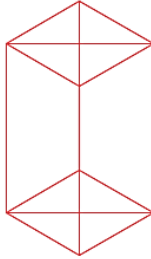
3. Activando la capa de color rojo realice un cilindro de diámetro 40 mm y 10 mm de altura, en el visual Styles Wireframe.



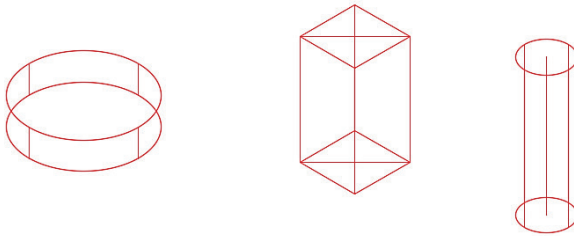
4. Grafique un prisma rectangular de base 20 mm y altura 40 mm.



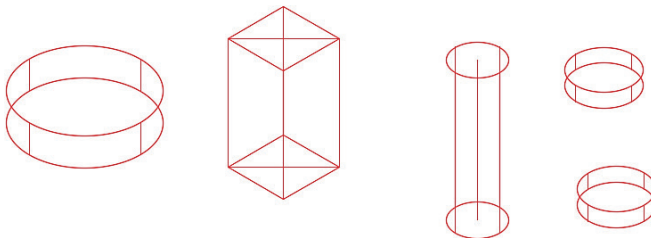
5. Cree líneas diagonales en las bases del prisma.



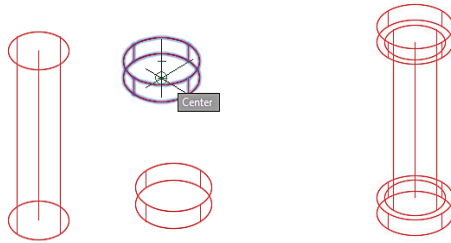
6. Grafique un cilindro de radio 8 mm y 50 mm de longitud y trace una línea en el eje.



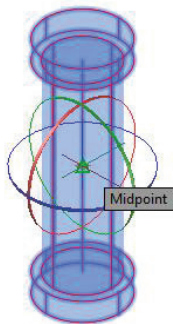
7. Grafique dos cilindros de radio 10 mm y 5 mm de longitud.



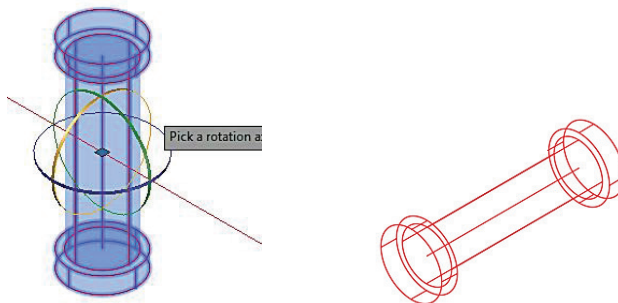
8. Aplique el comando Move, seleccione el centro de los últimos cilindros, ubíquelos en los extremos del cilindro de diámetro 16 y aplique la operación booleana Union.



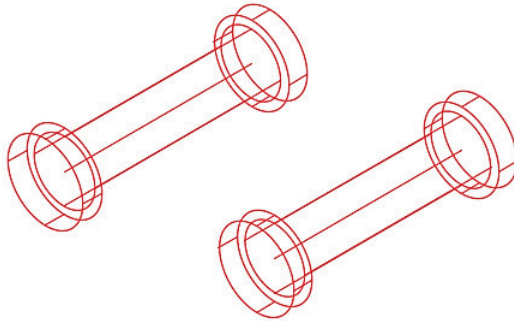
9. Escriba 3Drotate y ubique como punto de origen el centro de la línea de eje del cilindro.



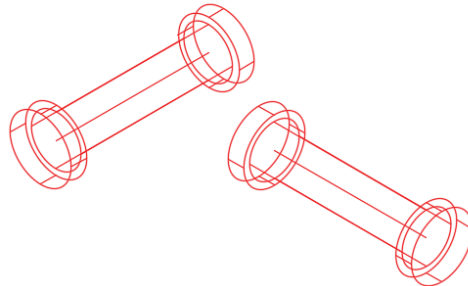
10. Como eje de rotación seleccione la línea roja (eje X) y digite 90, para ponerlo horizontal.



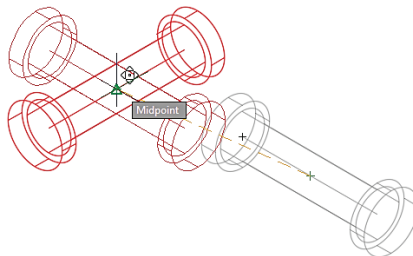
11. Copie el cilindro rotado.



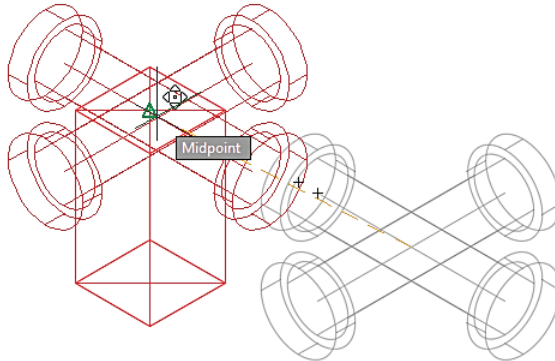
12. Aplique rotate 2D  y digite 90, para que se cruce con el anterior.



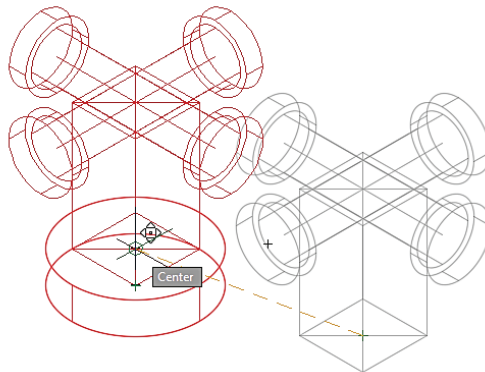
13. Con el comando Move y tomando como punto base la mitad de la línea de eje, desplace e interseque los dos cilindros.



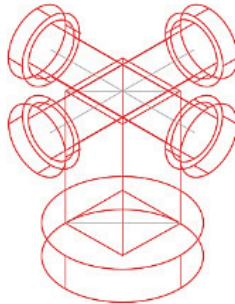
14. Con el comando Move y tomando como punto base la mitad de la línea de eje, desplace los dos cilindros hasta el centro de la diagonal del prisma.



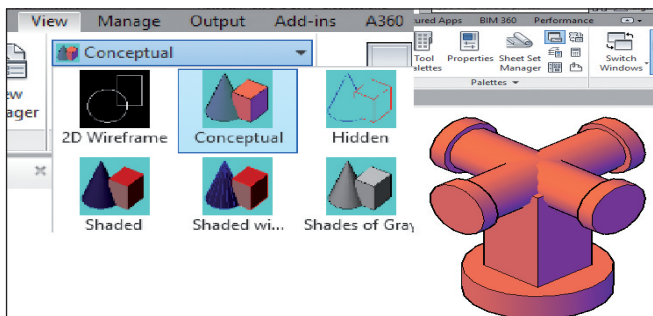
15. Con el comando Move y tomando como punto base la mitad de la diagonal inferior del prisma, desplace el conjunto hasta el centro del cilindro de diámetro 30 mm.



16. Borre las líneas auxiliares (diagonales y ejes) y aplique la operación booleana de Union.

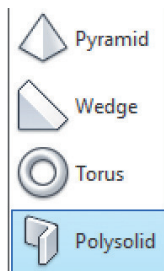


17. Para concluir, del Tab View, Panel Visual Styles, active Conceptual para verificar si el resultado es el deseado.

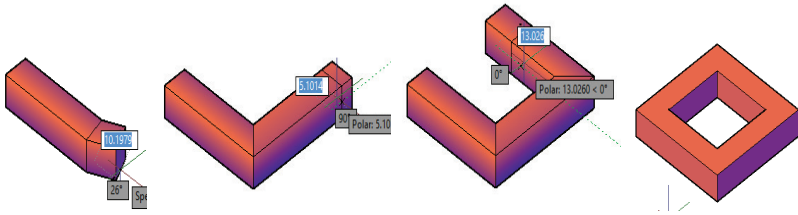


Tutorial práctica nº 5.- Figura 2

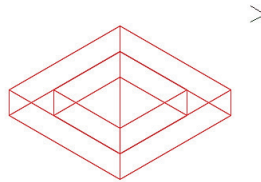
18. Active Polysolid.



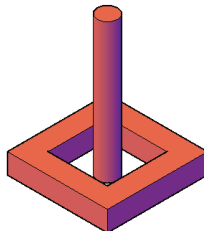
19. Seleccione H (height) y escriba 10, seleccione W (wide) y escriba 10.
20. Escoja un punto inicial cualesquiera.
21. Digite @40,0; @0,40; @-40,0 y al final C para que se cierre el contorno.



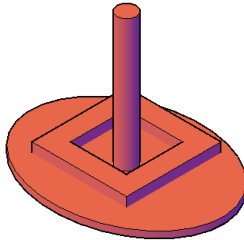
22. Utilice el estilo visual Wireframe y trace una diagonal.



23. Realice un cilindro de diámetro 10 mm y 70 mm de altura en la mitad de la diagonal.

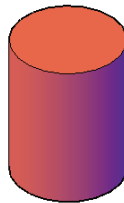
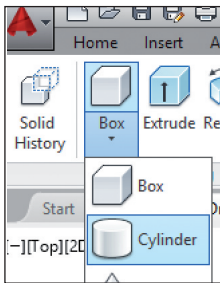


24. Grafique una elipse adimensional que contenga a la figura anterior (tome como centro el origen inferior del cilindro), conviértala en región y extrúyala 5 mm.

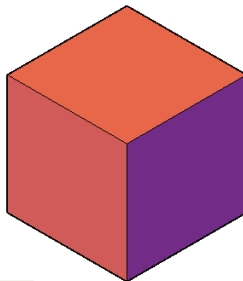


Tutorial práctica nº 5.- Figura 3

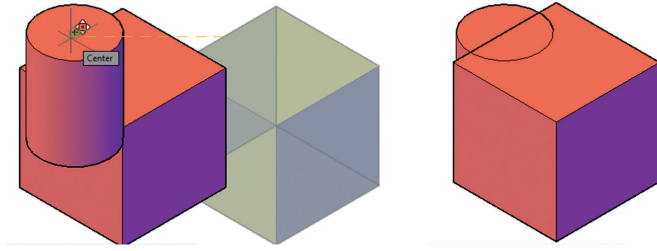
25. Construya un cilindro de diámetro 60 mm y 80 mm de altura.



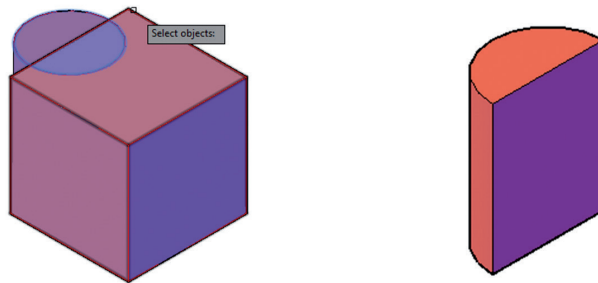
26. Dibuje un prisma de 90 mm de base y 85 mm de altura.



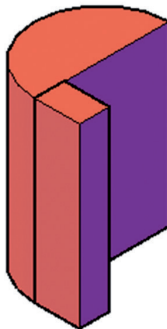
27. Mueva el prisma usando como base el punto medio de un lado y hágalo coincidir con el centro del cilindro.



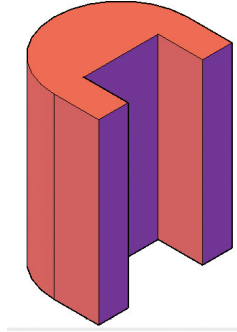
28. Aplique Subtract (seleccione el cilindro y Enter, luego seleccione el prisma y Enter).



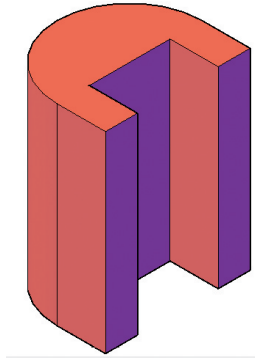
29. Construya un prisma de 20 mm de largo, 10 mm de ancho y 80 mm de altura, utilizando como punto inicial la base cortada del cilindro.



30. Copie el prisma recién dibujado y ubíquelo en el otro extremo del cilindro.



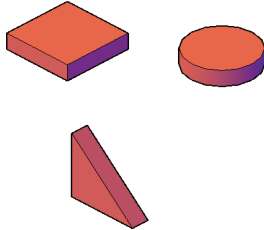
31. Aplique Union, para convertir los elementos en uno solo.



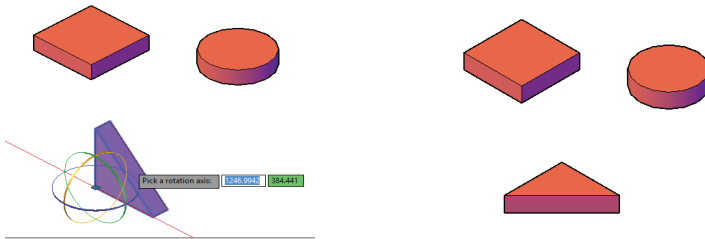
Tutorial práctica n° 5.- Figura 4

32. Grafique:

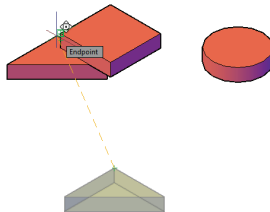
- Un prisma rectangular de 40 mm de largo, 40 mm de ancho y 10 mm de altura.
- Un cilindro de 40 mm de diámetro y 10 mm de altura.
- Una cuña de 40 mm de longitud, 10 mm de ancho y 40 mm de altura.



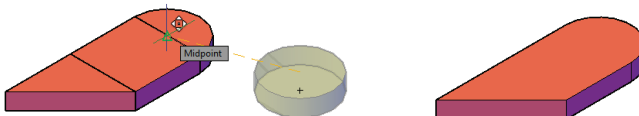
33. Utilice 3DROTATE y gire la cuña a 90°, seleccionando el eje rojo (X).



34. Desplace la cuña hacia el prisma y haga coincidir sus aristas.

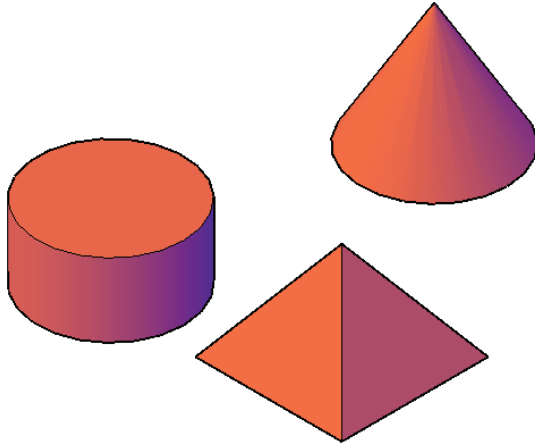


35. Desplace el cilindro hacia el prisma y haga coincidir el centro del primero con el punto medio del segundo y aplique Union para convertirlo en un solo objeto.

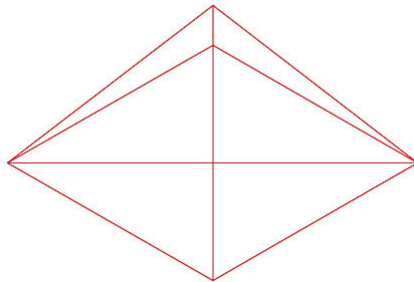


36. Grafique:

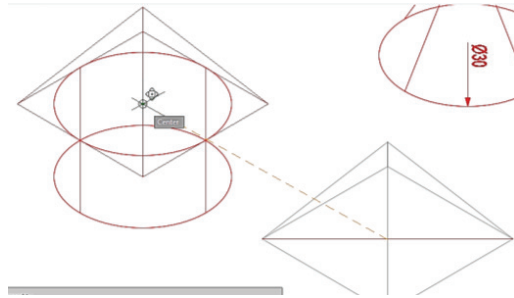
- Una pirámide de 30 mm de base y 20 mm de altura.
- Un cilindro de 30 mm de diámetro y 20 mm de altura.
- Un cono de 30 mm de diámetro y 20 mm de altura.



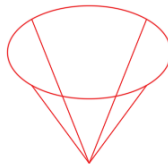
37. Utilice el estilo visual Wireframe y trace una línea diagonal auxiliar en el centro de la pirámide.



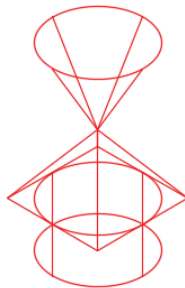
38. Mueva la pirámide usando como referencia el centro de su base, ubíquela en el centro del cilindro y borre la línea auxiliar.



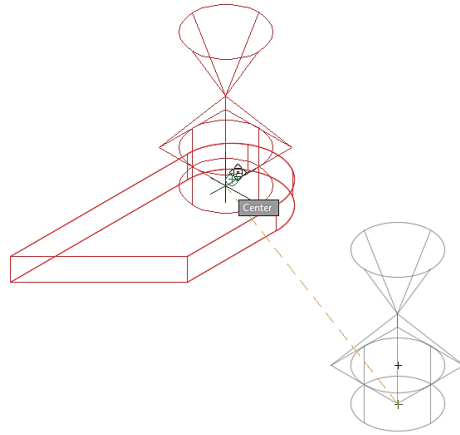
39. Rote el cono a 180° usando como referencia la línea roja (eje X) y base la punta del mismo.



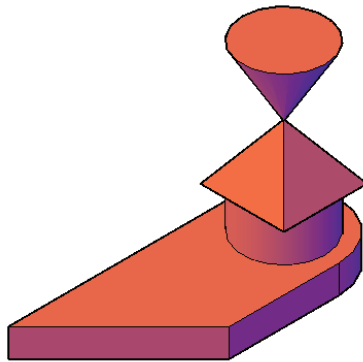
40. Junte el cono y la pirámide, haciendo coincidir sus puntas.



41. Seleccione todos los elementos unidos en el paso anterior, muévalos usando como base el centro inferior del cilindro y haga coincidir con el centro circular de la base creada anteriormente.



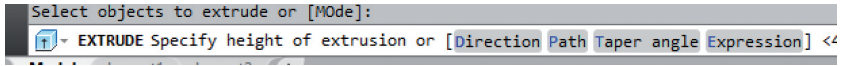
42. Aplique el estilo visual Conceptual.



Creación de sólidos con extrusión (extrude)

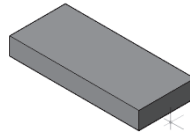
Extruir consiste en definir un espesor a un elemento, pero la consideración fundamental, es que este elemento debe ser una región, de lo contrario no es posible.

Existen cuatro alternativas para Extruir. Una fuera del paréntesis (define la altura del objeto) y tres en el interior (Direction, Path y Taper angle).



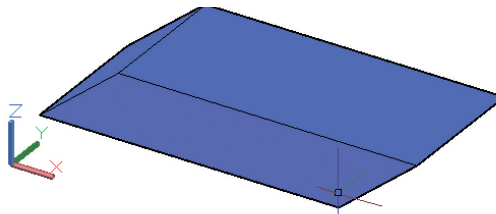
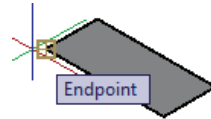
Definiendo la altura

1. Cree una región rectangular (como se mencionó en la Figura 26).
2. De la orden Extrude
3. Seleccione el objeto.
4. Defina su altura y listo.



Definiendo la dirección

1. Cree una región rectangular.
2. De la orden extrude.
3. Seleccione el objeto.
4. Presione la tecla D (direction).
5. Seleccione un punto base.
6. Especifique el punto final (tres coordenadas con el símbolo @).



```
<
Specify height of extrusion or [Direction/Path/Taper angle/Expression] <-19.2182>: d
Specify start point of direction:
Specify end point of direction: @15,15,10
Command:
```

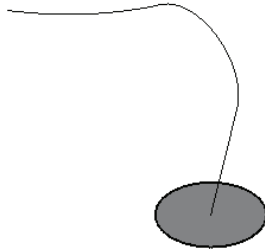
Observará que la base se mantiene en las coordenadas que se establecieron y la elevación toma la dirección referida.

Definiendo un camino (Path)

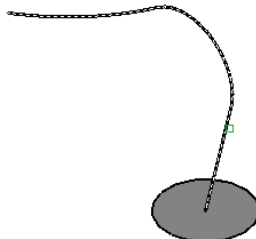
1. Cree una región.



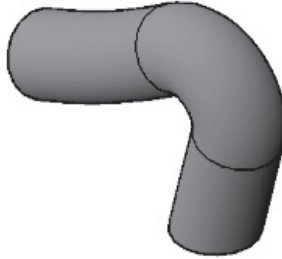
2. Estableciendo un UCS perpendicular a la base (digite UCS en la barra de comandos, seleccione X y luego ingrese 90, para que el eje X quede anclado y el eje Y ocupe el lugar dejado por Z).
3. Con polyline o spline, trace una trayectoria.



4. Defina el comando Extrude.
5. Seleccione la región.
6. Teclee P (Path) y seleccione el camino.




7. Observe que como resultado se crea el sólido.

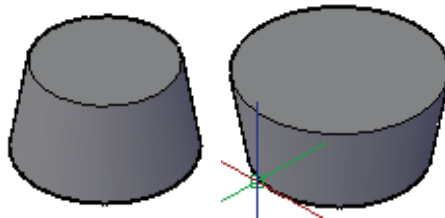


NOTA: Es importante tomar en cuenta que las curvas existentes en la trayectoria deben ser menores al espacio existente entre el centro de la pieza y su contorno, para que se pueda crear la curva, caso contrario se crea conflicto con el software.

Definiendo un ángulo de inclinación (Taper angle)

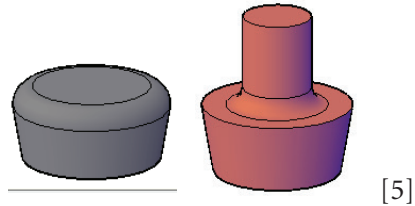
1. Cree una región. 
2. Defina el comando Extrude.
3. Seleccione la región.
4. Teclee T (taper angle).
5. Defina un ángulo ej. 10° .
6. Defina una altura ej. 20.

Si el ángulo que selecciona es positivo, el sólido resultante será el que se presenta en el lado izquierdo, en cambio si el valor es negativo entonces se graficará el cono derecho.



Filete (fillet)

Consiste en hacer curvas a las aristas vivas de los elementos como se muestra en la figura.



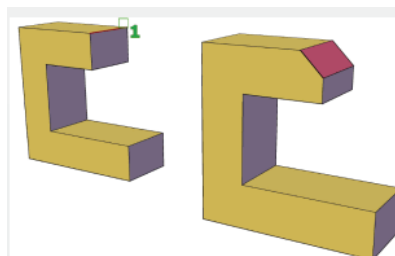
[5]

En la figura de la izquierda se observa una curva convexa, mientras en la derecha cóncava. Cabe resaltar que para obtener la curva cóncava, el cuerpo debe ser único o sea sí creó dos cuerpos y los juntó, antes de hacer Fillet debe aplicar Union.

Para ejecutar este comando debe seguir los pasos indicados a continuación.

1. Seleccione Fillet.
2. Defina T para seleccionar el modo trim (eliminar arista) o No trim (arista viva).
3. Teclee R y escriba el radio deseado.
4. Seleccione la línea a modificar.
5. Vuelva a picar la línea a modificar y Enter.

Chaflán (chamfer)



[7]

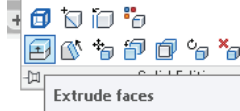
Consiste en hacer inclinaciones o chaflanes a las aristas vivas de los elementos

Para aplicar este comando debe seguir los pasos indicados a continuación.

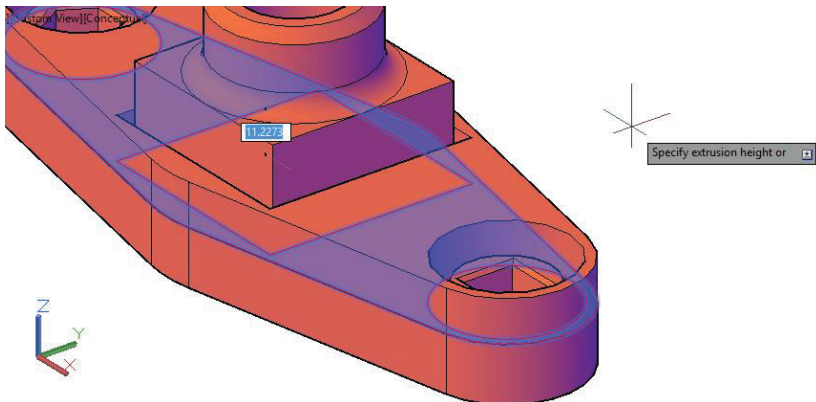
1. Seleccione Chamfer.
2. Escriba D y defina la primera distancia.
3. Defina la segunda distancia.
4. Seleccione la línea a modificar.
5. De tres veces Enter.
6. Seleccione nuevamente la línea a modificar.
7. Aplique nuevamente Enter.

Modificar una cara extruida

A veces es necesario modificar una cara que ya se extruyó, para ello se accede al Panel Solid Editing y se selecciona Extrude Faces

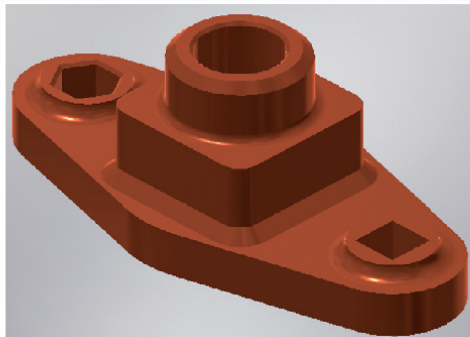
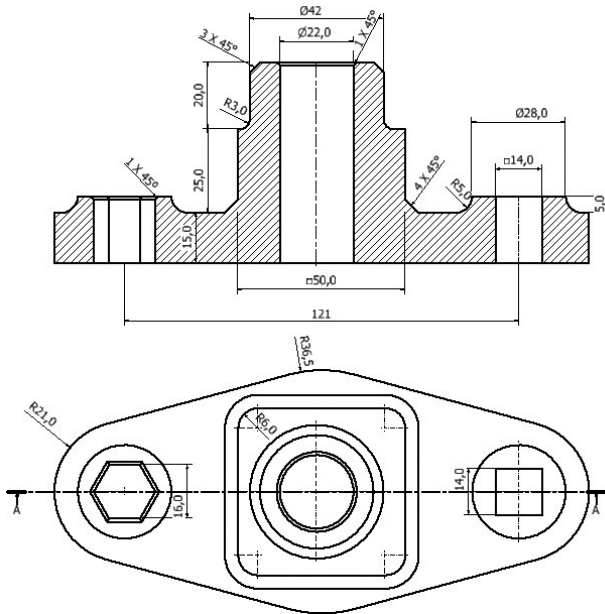


, entonces se pica sobre la cara a modificar y con ayuda del mouse se la amplía o recorta.



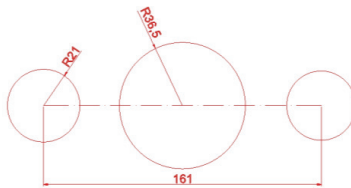
Práctica N° 6

Del plano en dos dimensiones presentado, realice la figura en 3 dimensiones, aplicando regiones, operaciones booleanas, extrude, sólidos primitivos, fillet, chamfer, además aplicando sistemas de coordenadas personales.

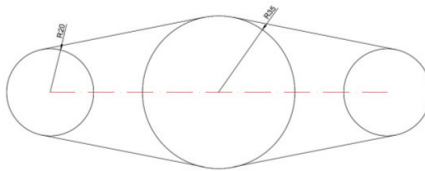


Tutorial práctica N^o 6

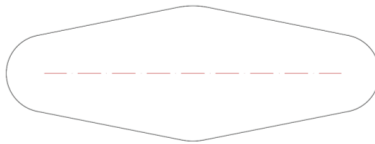
1. En la vista top, trace una línea de eje de color rojo cuya medida sea 121 mm, en sus extremos grafique círculos de radio 21 mm y en el centro uno de radio 36.5.



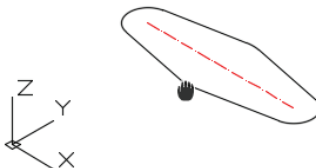
2. Trace líneas tangentes a los círculos (seleccione Line, Tan pique un círculo luego escriba Tan y pique el otro círculo).



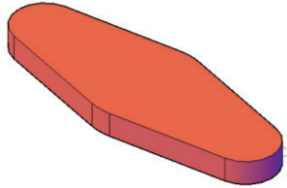
3. Aplique TRIM.



4. Active la vista isométrica SE y fijela como actual en la casa del View Cube.

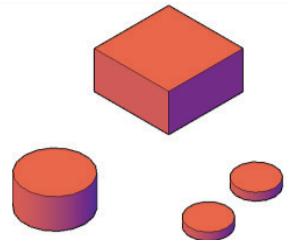


5. Convierta en Región el área creada, active el estilo visual Conceptual y aplique un Extrude de 15 mm de altura.

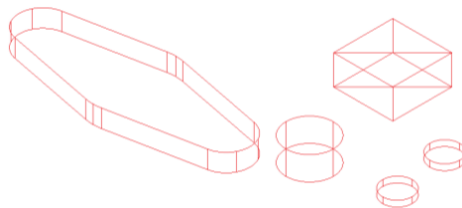


6. Grafique:

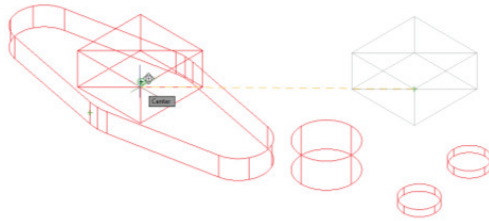
- Dos cilindros de diámetro 28 mm y 5 mm de altura.
- Un cilindro de diámetro 42 mm y 20 mm de altura.
- Un prisma rectangular de 50 mm de base y 25 mm de altura.



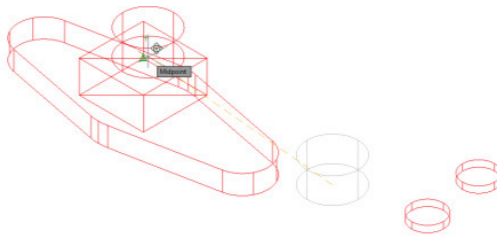
7. Aplique Wireframe, borre la línea de eje y trace líneas diagonales en la base superior e inferior del prisma.



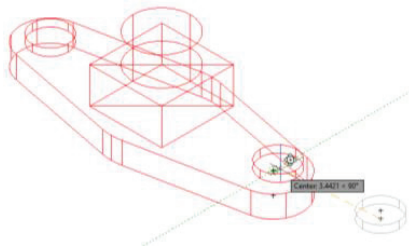
8. Mueva el prisma tomando como referencia el punto medio de la diagonal de la base del prisma y ubíquelo sobre el centro de la base.



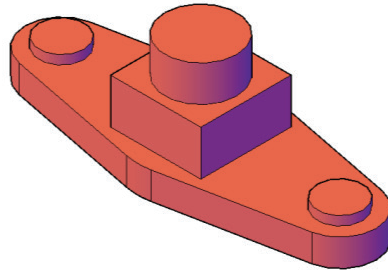
9. Mueva el cilindro de diámetro 40 mm tomando como referencia el punto central y ubíquelo sobre el punto medio de la diagonal de la base superior del prisma.



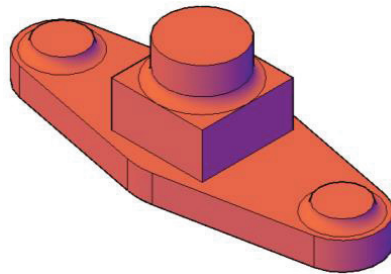
10. Mueva los cilindros restantes tomando como referencia sus puntos centrales y ubíquelos sobre los centros de los semicírculos exteriores de la figura.



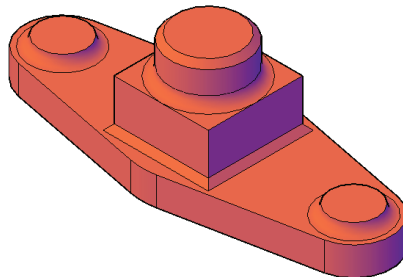
11. Aplique Realistic y luego la operación booleana de Union, para convertir todos los elementos en uno solo y así poder realizar chamfers y fillets.



12. Revise los pasos indicados en la página referente a la ejecución de fillets y realice uno de 5 y otro de 3 mm, respectivamente.

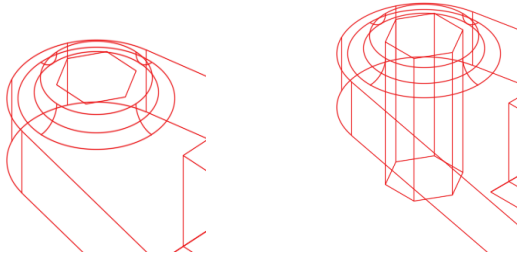


13. Revise los pasos indicados en la página 66 y realice los chamfers de 4 y 3 mm respectivamente.



14. Aplique Wireframe y grafique un prisma hexagonal en uno de los extremos de la figura, para ello:

- Grafique un hexágono en un círculo circunscrito de 8 mm de radio.
- Aplique REG y conviértalo en región.
- Aplique Extrude de 40 mm.

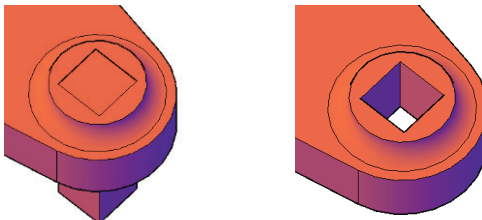


15. Aplique REALISTIC y realice un agujero hexagonal, para ello:

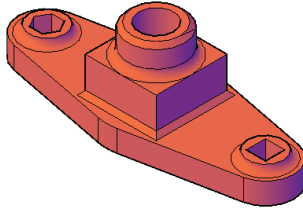
- Aplique la operación booleana de Subtract.
- Seleccione el cuerpo y Enter.
- Seleccione el hexágono y Enter.



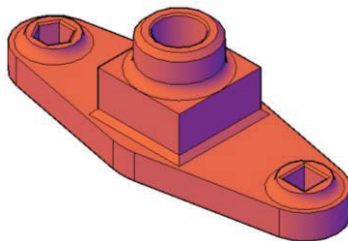
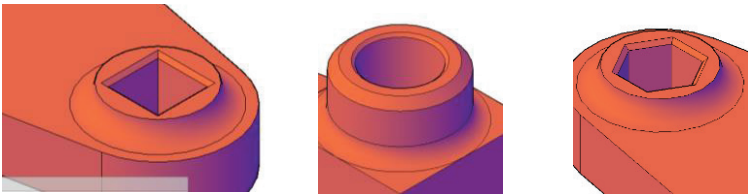
16. En el otro extremo de la figura, repita los pasos 14 y 15, con la diferencia de que va a graficar un cuadrado en un círculo inscrito de 7 mm de radio.



17. Para el agujero central, grafique un cilindro de diámetro 22 mm por 100 mm de altura utilizando como referencia el centro de la cara superior de la figura y aplique Subtract.



18. Revise los pasos indicados en la página 66 y realice los chamfers de 1 mm en los agujeros.



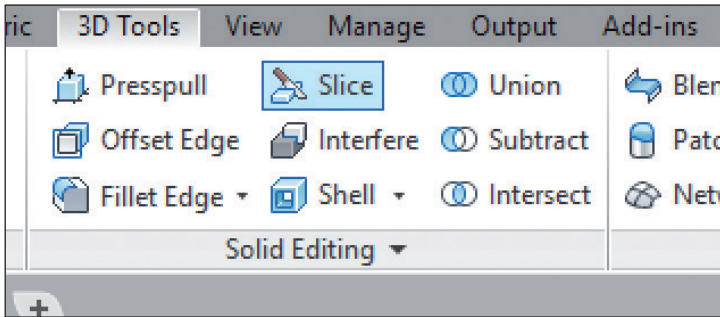
Realizar cortes en tres dimensiones

Para realizar un corte en 3D, se tienen dos posibilidades, la primera conocida es la aplicación de operaciones booleanas, la cual permite hacer cortes pero solo respetando la forma de la figura insertada, mien-

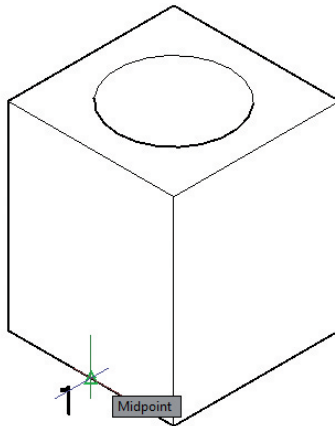
tras que si se requiere realizar una separación diferente es conveniente utilizar el comando Slice.

Para aplicar este comando:

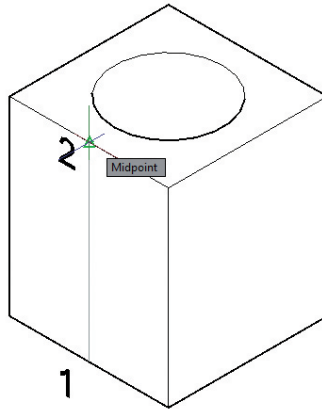
1. En el Tab 3DTOOLS y el panel Solid Editing se encuentra el ícono Slice o se escribe su nombre en la barra de comandos.



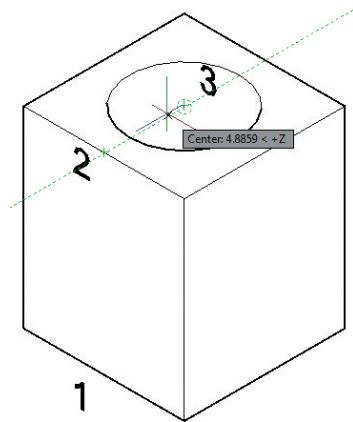
2. Seleccione el objeto a cortar.
3. Por comodidad seleccione la opción 3P (con ello creará un plano de corte).
4. Seleccione un punto inicial (1).



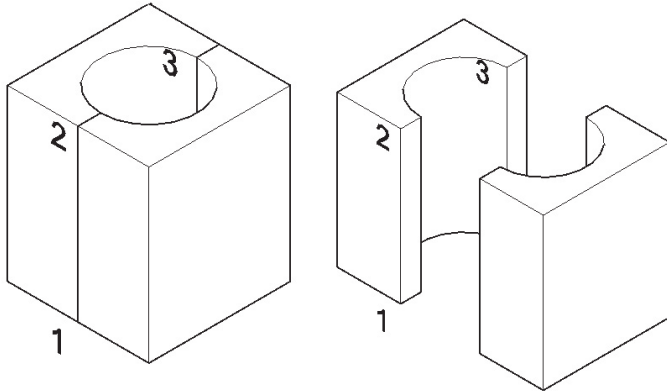
5. Seleccione un segundo punto (2).



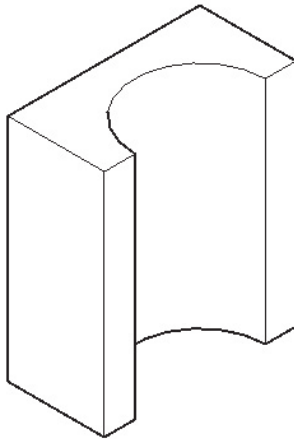
6. Por último, el tercero (3).



7. Observe que en la barra de comandos, se solicita *picar un punto* para seleccionar un lado o Both, para seleccionar los dos. Si selecciona Both, observará que se dibuja un plano por los puntos seleccionados y la figura queda dividida.

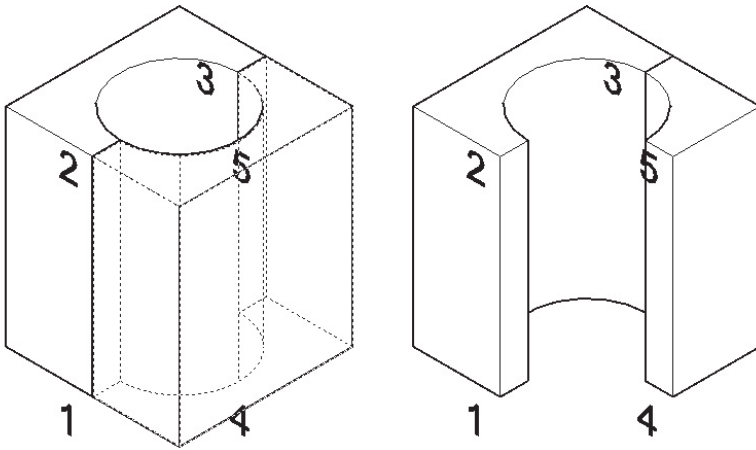


En cambio si pica en uno de los lados, el otro se elimina.

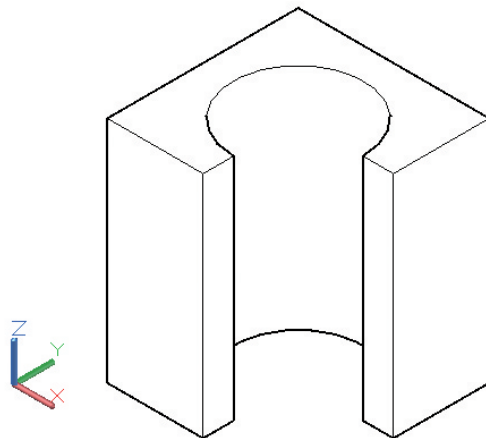


Es importante resaltar que en este esquema, solo se puede realizar cortes en un solo plano, si se requiere tener una figura angular se debe repetir el proceso.

Para realizar un corte angular, repita los pasos anteriores seleccionando el lado a cortar y picando en los puntos 4, 5 y 3.

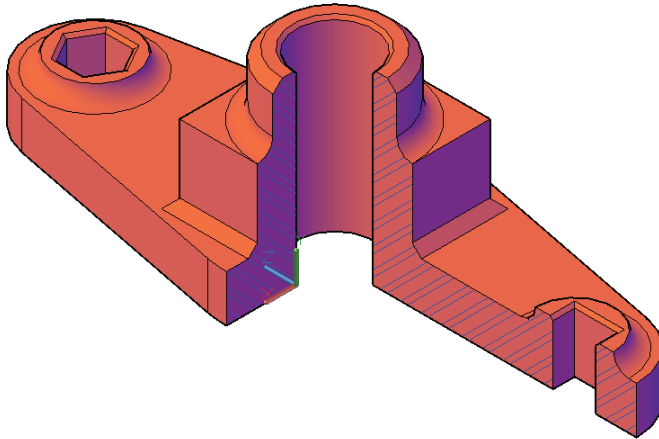


Si se fija observará que, como resultado se tienen dos figuras, por lo cual es necesario aplicar la operación booleana Union.



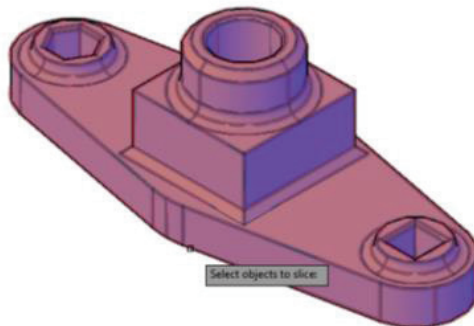
Práctica N° 7

Utilizando como referencia la figura de la práctica N° 7, realice un corte parcial aplicando el comando Slice.

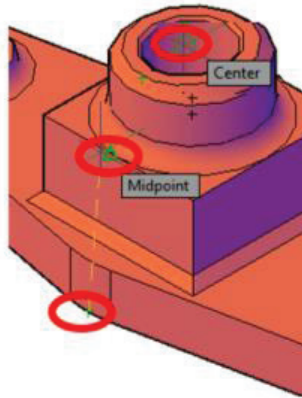


Tutorial práctica N° 7

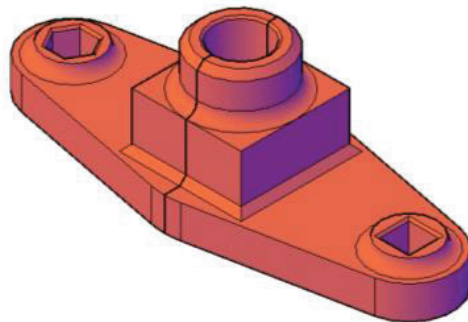
1. Del tab 3DTOOLS y el panel Solid Editing, seleccione el ícono Slice. o en su defecto digítelo en la barra de comandos.
2. Como respuesta a la petición Select Objects, haga clic sobre la figura.



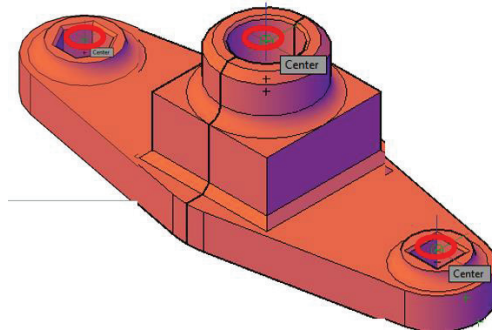
3. Escriba 3P y como primer punto seleccione el punto medio de la base.
4. Como segundo punto seleccione la mitad de la arista del prisma.
5. Y como tercer punto, el centro del agujero.



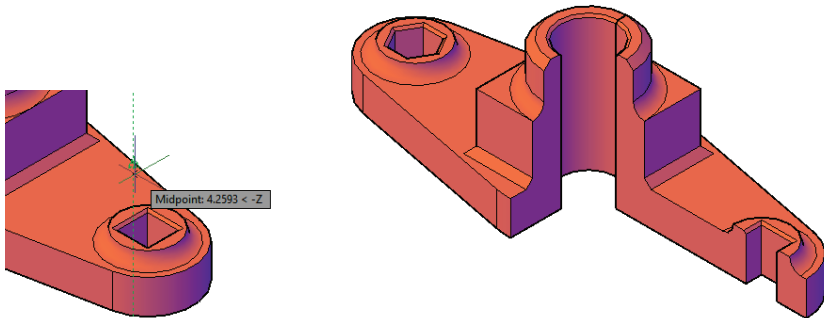
6. Teclee B (Both) para que se divida la figura, pero no se borre ninguno de sus lados.



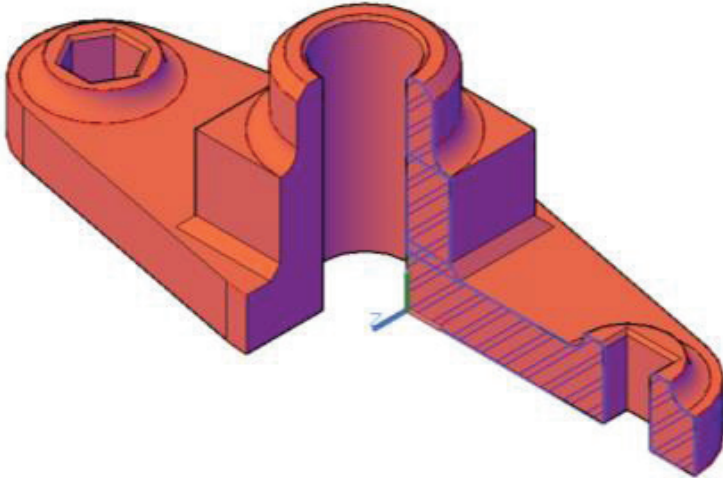
7. Repita los pasos 1 al 5, pero ahora seleccione solo el medio cuerpo de adelante. Los puntos son los centros de los arcos extremos y el centro del agujero anterior.



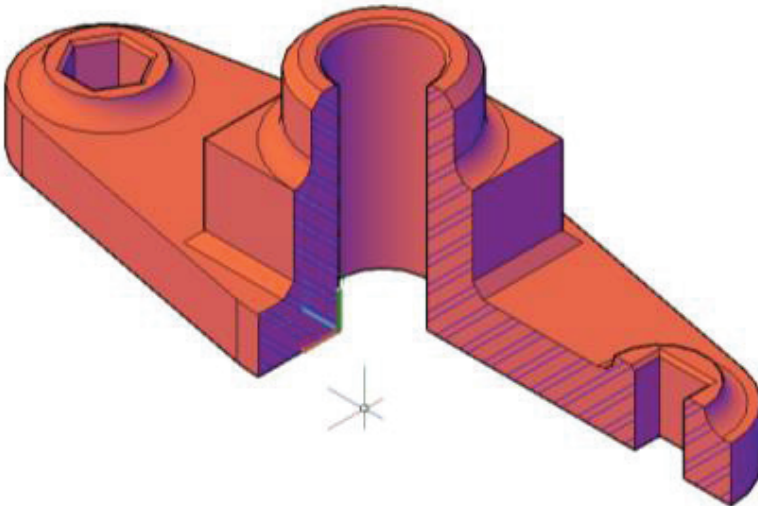
8. Ahora en lugar de seleccionar Both haga clic en la parte posterior del semicuerpo, para que ese segmento no se elimine y sí la parte de adelante.



9. Aplique la operación booleana Union, para convertir en un solo cuerpo.
10. Achure las caras cortadas, para ello:
- Cargue un Layer de color azul.
 - Modifique el UCS (UCS, N, 3P, origen la intersección inferior, dirección en X, la horizontal y dirección en Y la vertical) ubicando el plano XY paralelo a la cara cortada.
 - Comando Hatch con tipo de achurado ANSI32.
 - Haga clic sobre la superficie y Enter.



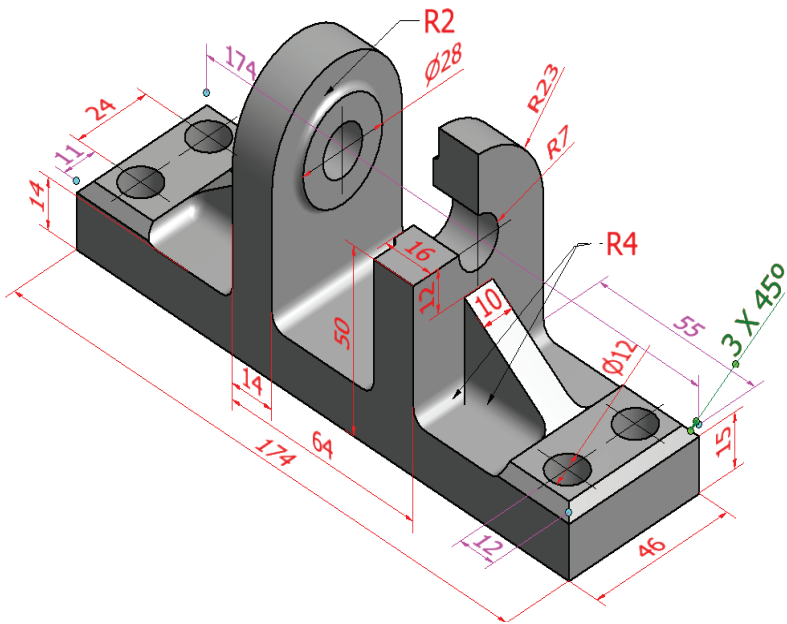
11. Repita el proceso anterior con la otra cara.



Práctica N° 8^[5]

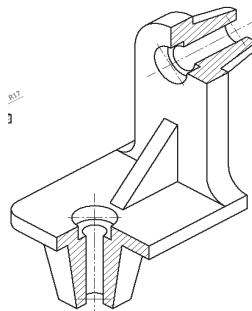
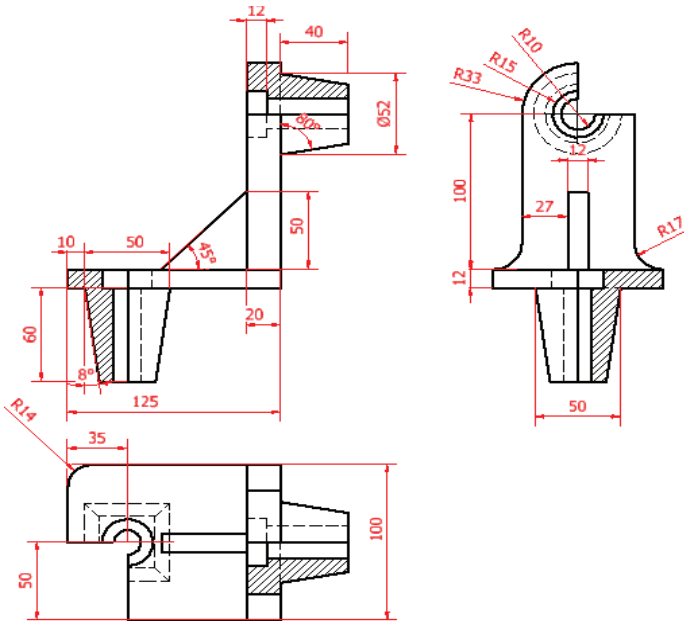
Realice la figura en 3 dimensiones, aplicando regiones, operaciones booleanas, extrude, sólidos primitivos, fillet, chamfer, además aplicando sistemas de coordenadas personales.

El corte realícelo aplicando UCS y operaciones booleanas. Además achure (coloque líneas de corte) las caras cortadas.



Práctica N° 9^[5]

Aplice los conocimientos adquiridos y realice la figura en 3 dimensiones. Tome en cuenta que en la parte superior se tiene un cono y en la inferior una pirámide.



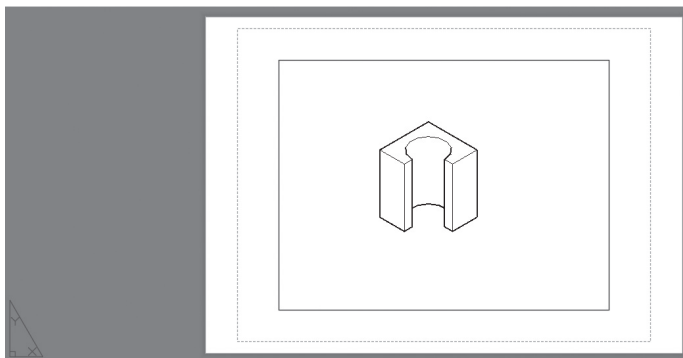
Obtención de vistas en AutoCAD 3D

Hasta el momento, el trabajo se ha limitado a la ejecución de dibujos en el espacio modelo, pero a veces es necesario, obtener las vistas de los elementos, principalmente para conocer sus dimensiones. Entonces para ello se debe recurrir a los Layouts o espacio papel (Paper Space), donde los gráficos se representan en dos dimensiones.

Layouts

Un layout es una página auxiliar, utilizada para hacer presentaciones o configurar los formatos. Es posible crear diferentes vistas, en las cuales se puede visualizar el objeto bidimensionalmente, hacer planos de conjunto o despiece, imprimir, acotar, entre otras. Es fácil diferenciarla pues si observa la figura 35, el compás de 3D, se presenta ahora como una escuadra.

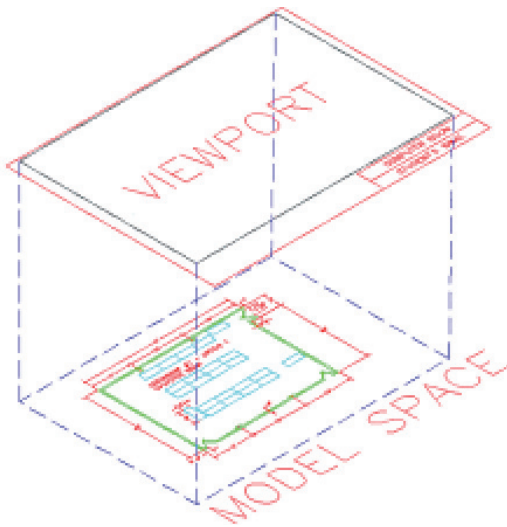
Figura 35
Layout



Para acceder a esa página basta con picar en la pestaña correspondiente (junto a modelo).

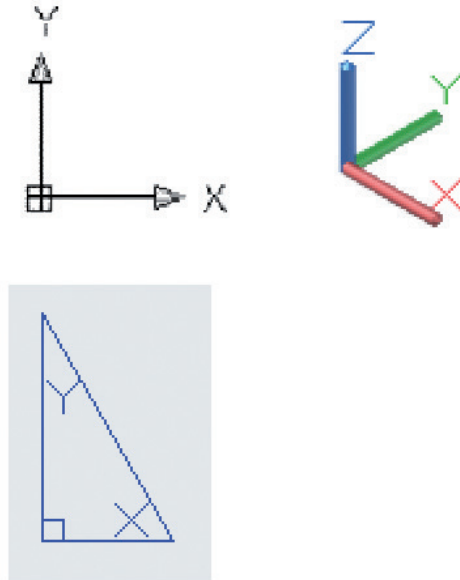
Para tener una idea clara, se puede hacer una referencia con un cuaderno de trabajo y su respectivo forro plástico. El espacio modelo será la pasta del cuaderno, en el cual se pondrá el membrete y se escribirá el nombre del propietario, en cambio en layout, será el mismo cuaderno pero ya con el forro plástico, donde lo que se escriba ahí no afectará a la parte interna.

Esta imagen conceptual ilustra la relación existente entre el Espacio Modelo y un Layout. Imagine que el Espacio Papel está sobre el Espacio Modelo.

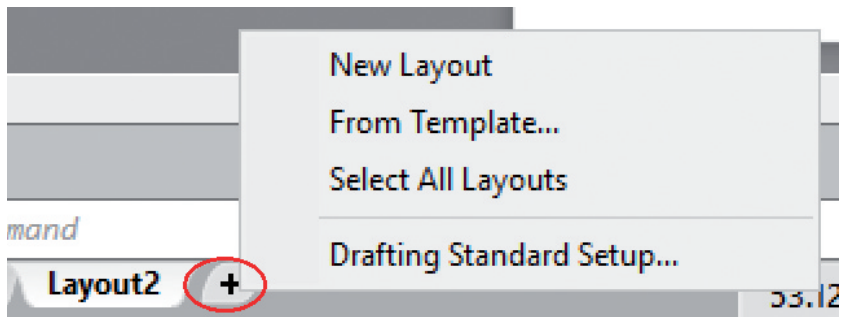


[8]

Para identificar los dos espacios, observe la representación del UCS ICON, en el espacio modelo se observará un compás con tres puntas (3D) o 2 de ellas (2D) mientras en papel aparece un triángulo.



Se pueden crear más pestañas de Layout haciendo clic con el botón secundario del ratón sobre una pestaña existente y eligiendo la opción New Layout.

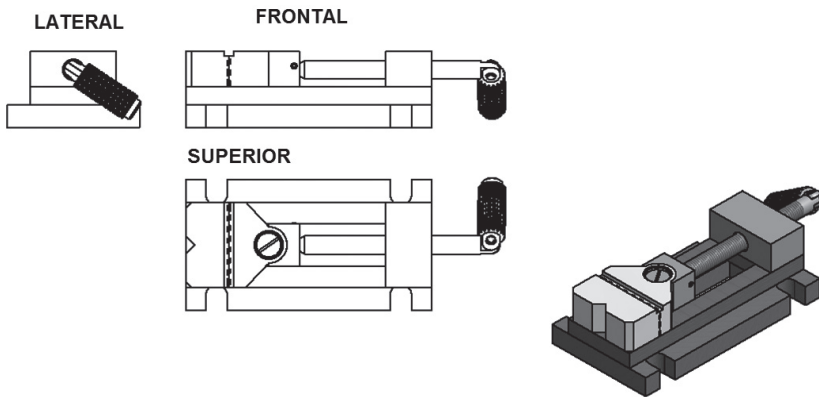


Es posible cambiar el nombre de una pestaña haciendo clic secundario sobre ella y escogiendo la opción Rename o eliminarle con Delete.

Configuración de los layouts

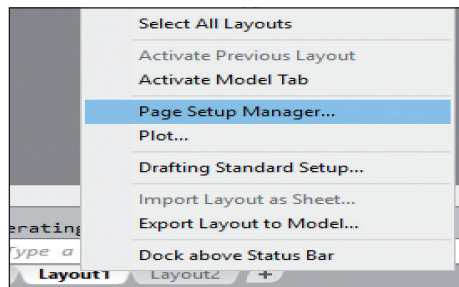
En la Figura 36, se observa una representación de una antena tanto en 3D, como con sus respectivas vistas.

Figura 36
Representación de vistas de una antena

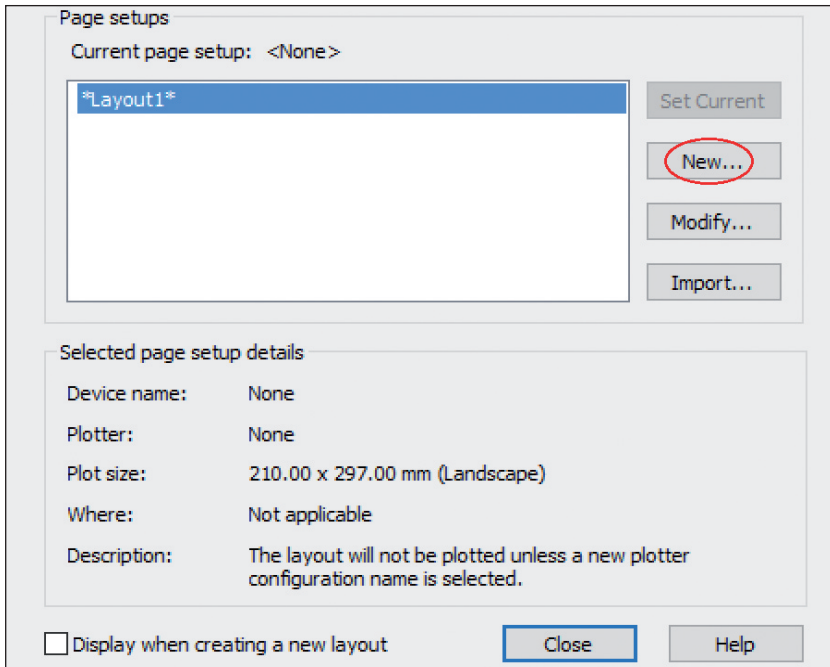


Procedimiento para configurar los layouts

- Con el botón izquierdo del mouse, presione en la pestaña del layout en el que va a trabajar.
- Una vez activa la hoja, haga clic derecho y habilite page setup manager (para seleccionar el formato de hoja a aplicar).



- Seleccione NEW, en la ventana que aparece.

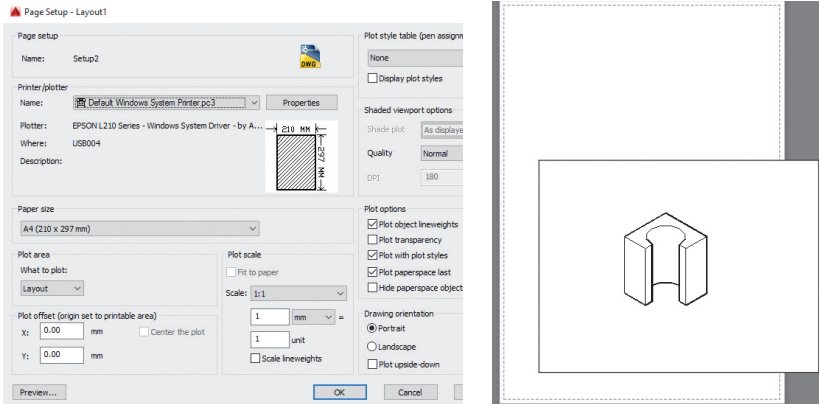


- En la nueva ventana seleccione las siguientes opciones:
 - a) En printer plotter Default Windows System Printer.
 - b) En paper size A3 o A4 según el dibujo.
 - c) En scale Seleccione la escala que le convenga.
 - d) En drawing orientation Portrait (para ver la hoja vertical).

NOTA: Si requiere publicar su trabajo en formato PDF, en la venta de impresoras debe seleccionar DWG TO PDF. Pc3

De esta manera se ha configurado el formato de trabajo.

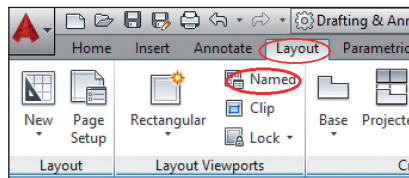
Figura 37
Configuración de formato en espacio papel



Una vez configurada la hoja se puede proceder de dos formas para crear las vistas en el espacio papel.

Ventanas gráficas: primera forma de crear

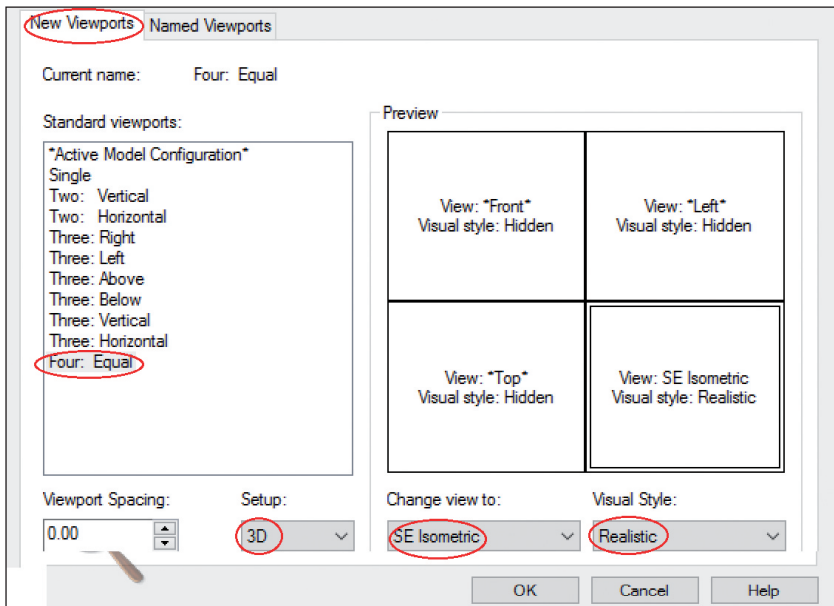
- Seleccione el Tab LAYOUT.



- Ubíquese en el panel Layout Viewports y pique en Named, entonces se abre la ventana de la Figura 38.
- En la parte superior seleccione New Viewports, en el costado izquierdo four: equal.
- En la parte inferior (setup) verifique que esté 3D.
- Seleccione cada uno de los cuadros de la pre visualización y verifique que en el recuadro Change View, corresponda:

- a. Inferior derecho SE isometric
 - b. Inferior izquierdo top
 - c. Superior izquierdo front
 - d. Superior derecho left
 - e. Por último en Visual style realistic
- De clic en OK

Figura 38
Ventana de ViewPorts

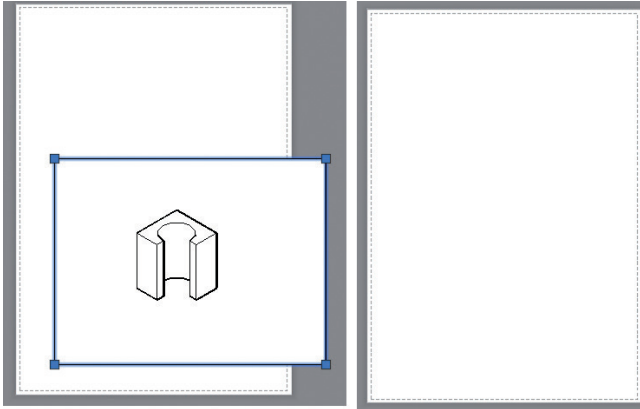


- A continuación vaya al layout, observará que aparece el gráfico completo y en una sola ventana. Para obtener la selección que se procesó anteriormente, se debe seleccionar el marco externo de esa ventana y borrarlo (Figura 39A), entonces la hoja quedará completamente en blanco (Figura 39B).

Figura 39A

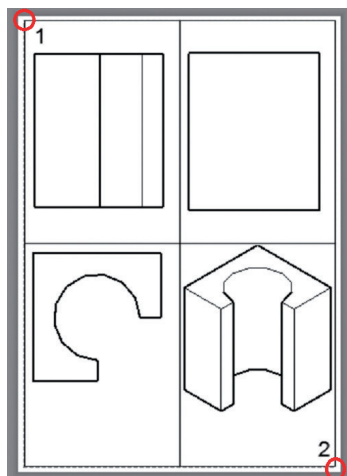
Layout con marco B

Layout en blanco



- Abra una ventana, desde la esquina superior izquierda (1) hasta la inferior derecha (2) y tendrá como resultado una distribución parecida a la Figura 40.

Figura 40
Ventanas gráficas

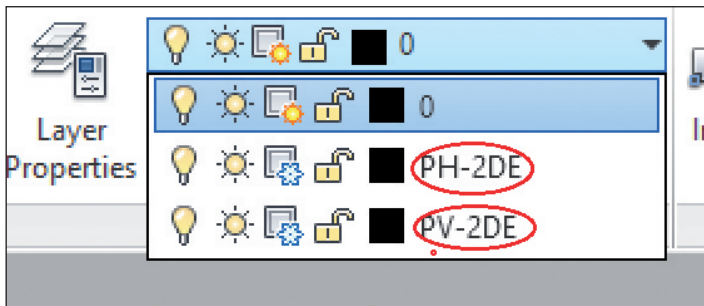


Pero si recuerda, AutoCAD es la aplicación del Dibujo Técnico en computador y por lo tanto debe regirse a las normas de Dibujo y una de ellas menciona que no se puede presentar un plano con colores o con fondo, sino solamente en líneas. Entonces para ello es conveniente crear una imagen de las figuras con el comando SOLPROF.

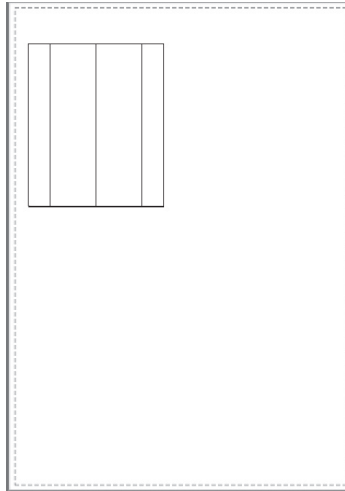
Solprof

Este comando permite crear una imagen del objeto en la hoja de layout y para ello:

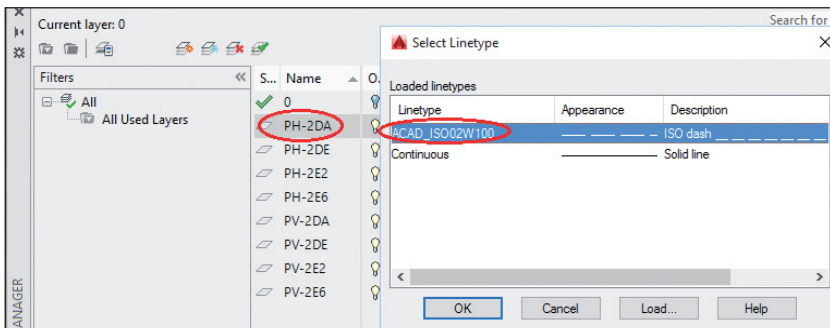
1. Ubique las vistas de manera que se correspondan entre ellas tanto en tamaño como en posición (norma de Dibujo Técnico) ver Figura 40.
2. Teclee MS (model space) para ingresar al espacio modelo o haga doble clic en una de las ventanas.
3. Escriba Solprof.
4. Seleccione el objeto de la ventana activa (la que tiene el recuadro más marcado).
5. Pulse varias veces Enter, hasta cuando aparezca nuevamente Comand, en la barra de comandos.
6. Si abre la ventana layer properties manager, descubrirá que se crearon dos nuevas capas, una PH (se refiere a líneas ocultas) y una PV (se refiere a líneas visibles).



7. Apague la luz de la capa principal y notará que las figuras con color se ocultan y en el lugar de la que aplicó Solprof, se creó una imagen de ella.

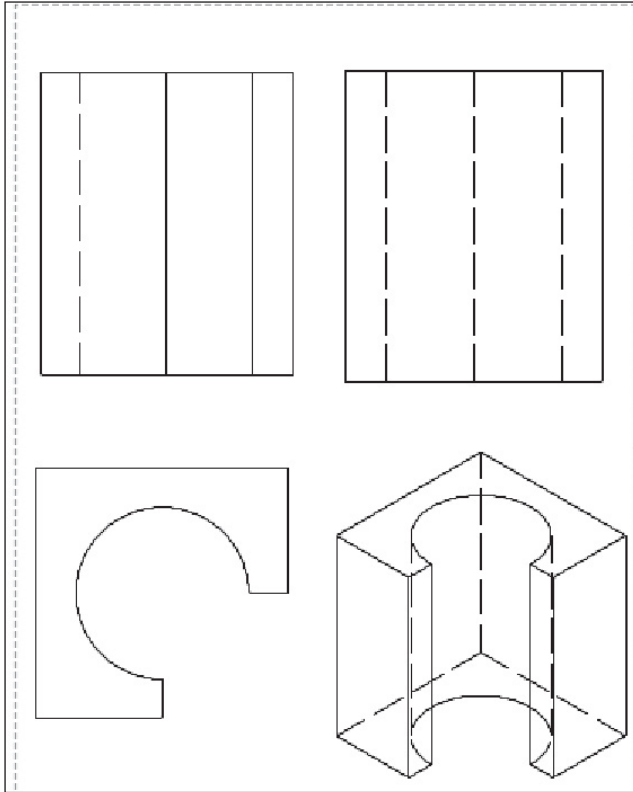


8. Haga activas a las ventanas restantes, de una en una y repita los pasos 3, 4, 5,6 y 7.
9. A todas las capas PH, asígneles la capa Iso Dash (líneas ocultas).



10. El resultado final será el que se muestra en la siguiente Figura 41.

Figura 41
Ventanas gráficas con Solprof

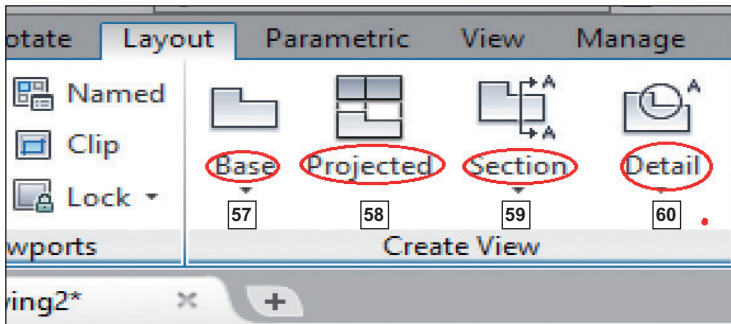


NOTA: Si se desea acotar las vistas, entonces tendrá que regresar al espacio papel digitando PS o haciendo doble clic en la parte externa de cualquier ventana y allí poner las medidas correspondientes, en vista que si acota en el espacio modelo MS, las medidas asignadas a una cara, afectarán a todas las demás y se tendrá un gráfico invadido de líneas que no se entenderán.

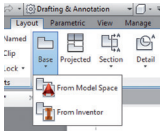
En caso de querer achurar, deberá trazar el perfil referido con poli línea antes de ejecutar el comando.

Ventanas gráficas: segunda forma de crear

- En el Tab Layout y en el panel Create View, se encuentran 4 íconos que permiten emplazar (57), proyectar (58), seccionar (59) y detallar (60) vistas directamente de una forma más fácil y cómoda que con SOLPROF.

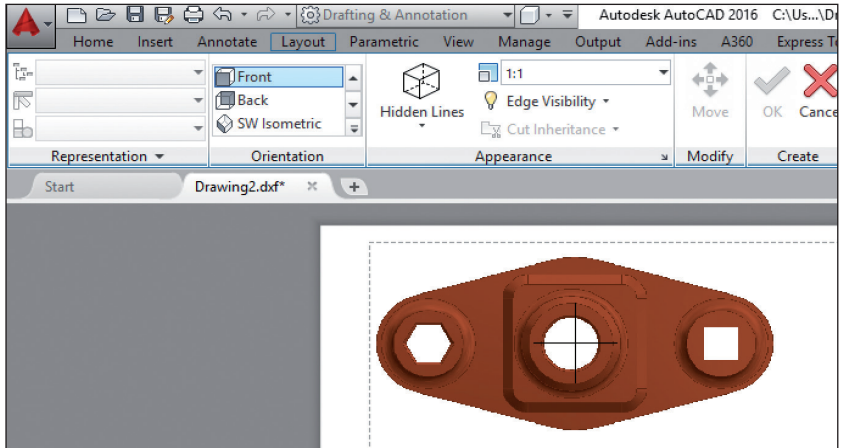


- Una vez abierto el Tab Layout, seleccione el ícono Base

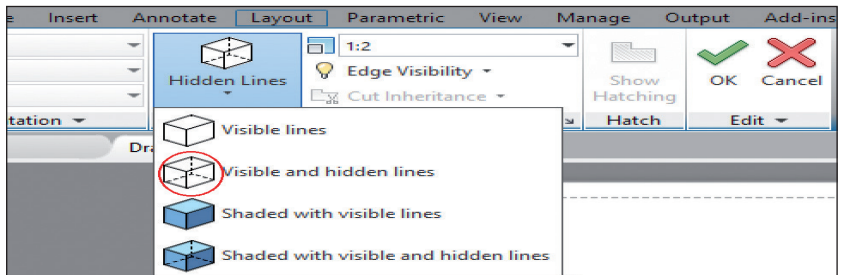


, al hacer clic en el mismo se tienen dos opciones y se debe seleccionar From Model Space.

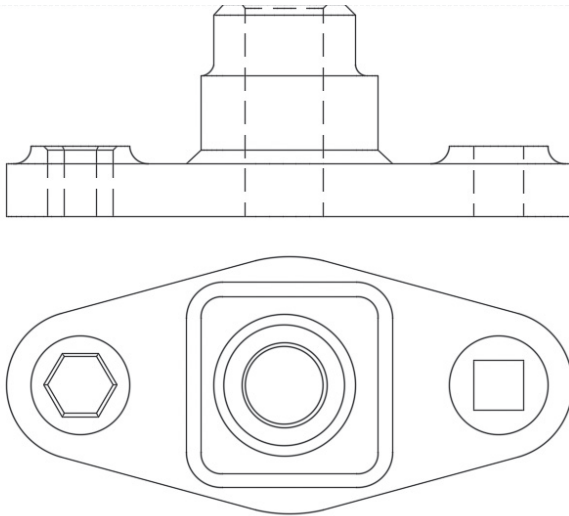
- Seleccionado el ícono, aparece la ventana adjunta con cuatro panels de selección y una pre visualización de una de las vistas del modelo.



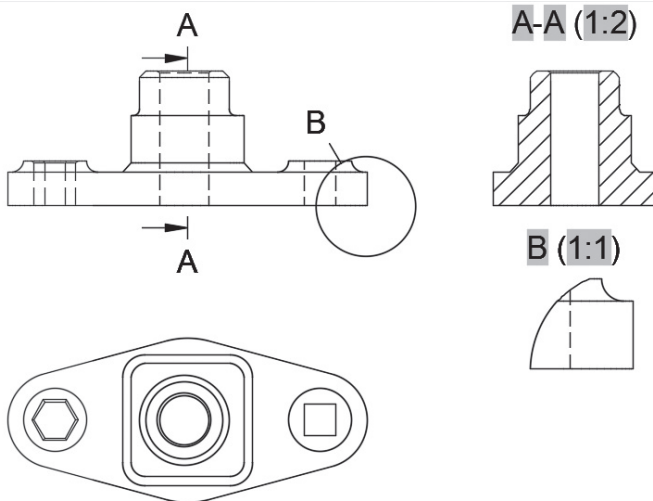
- Select**, que permite escoger un modelo.
- Orientation**, permite escoger una de las seis vistas o las cuatro orientaciones isométricas existentes para ubicar el objeto en la hoja.
- En appearance** se puede seleccionar la opción de representación del gráfico, ya sea con líneas entrecortadas, sólo las caras visibles, sombreada con líneas visibles o sombreada con líneas invisibles como se puede observar, además del factor de escala.



- Una vez configurado, se pulsa Enter o clic derecho y Enter para ubicar la vista seleccionada y automáticamente se tiene la opción de ubicar otra vista.



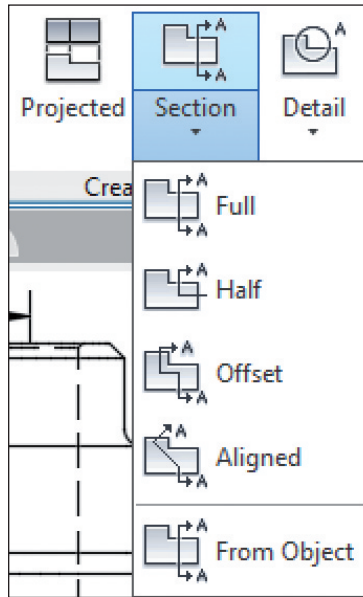
- e. Para aceptar la opción dada se pulsa Enter.
- f. Una vez ubicadas las vistas se puede proceder a acotarlas o crear cortes y detalles.



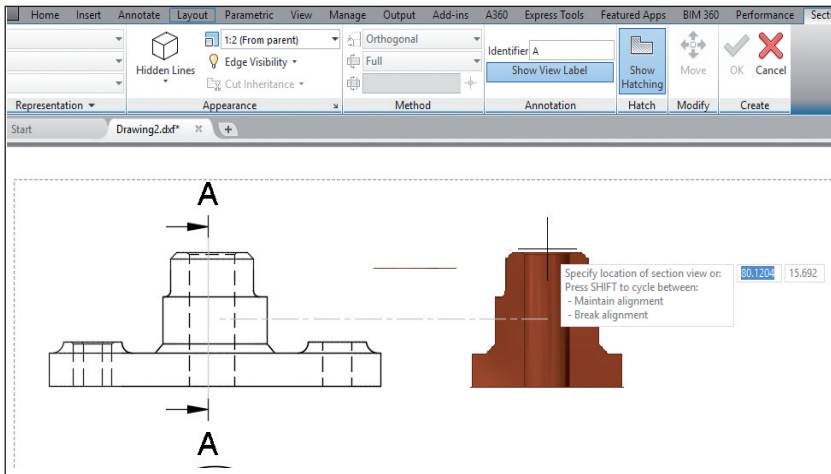
Se debe tomar en cuenta que los cambios realizados en espacio papel no afectan al modelo.

Para realizar **cortes en el Layout**.

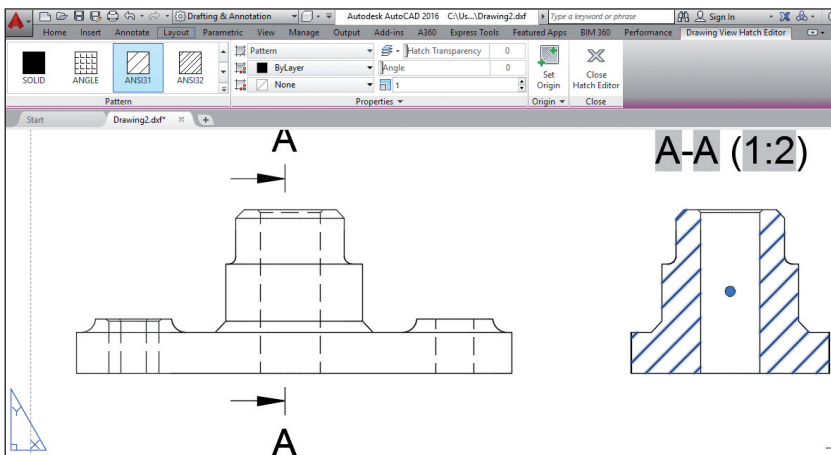
- Haga clic en la opción Section del Panel Create View y se desplegarán varias opciones.



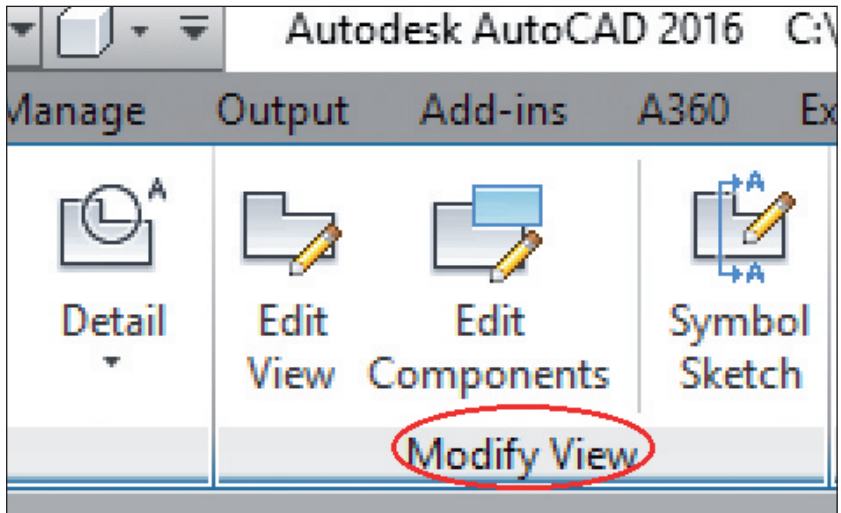
- Escoja un de ellas.
- Haga clic sobre la vista que va a cortar.
- Pique un punto inicial para la línea de sección.
- Pique un punto final.
- Clic derecho.
- Pique donde quiere que se ubique el resultado del corte.
- En show hatching, seleccione si quiere que el corte esté achurado o no y dé Enter.



En caso de querer variar el achurado, se hace doble clic en el mismo y aparece la ventana que permite modificar tipo, escala y propiedades.



En caso de querer modificar el dibujo, se accede al panel Modify View.



Práctica N° 10

Obtenga las vistas superior, frontal y lateral derecha de la práctica 8 y acótelas, aplicando el primer método de obtención de vistas (Solprof).

Utilice el formato con el rotulado previamente configurado.

Práctica N° 11

Obtenga las vistas superior, frontal y lateral derecha de la práctica 9 y acótelas, aplicando el segundo método de obtención de vistas.

Utilice el formato con el rotulado previamente configurado.

Creación de sólidos mediante revolución

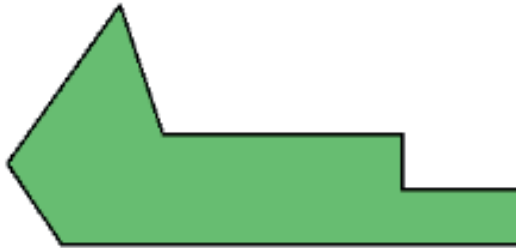
Con el comando Revolve, es posible crear sólidos rotando un objeto alrededor de los ejes X o Y, en forma total o con un ángulo específico.

Es aconsejable que el objeto a girar sea una región, en vista que si no se lo hace se crean superficies y no sólidos.

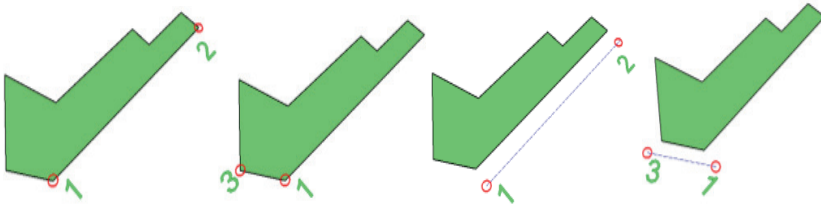
Se puede usar como eje de rotación a una arista del elemento o también una línea o dos puntos definidos.

Para ejecutar debe realizar el siguiente procedimiento.

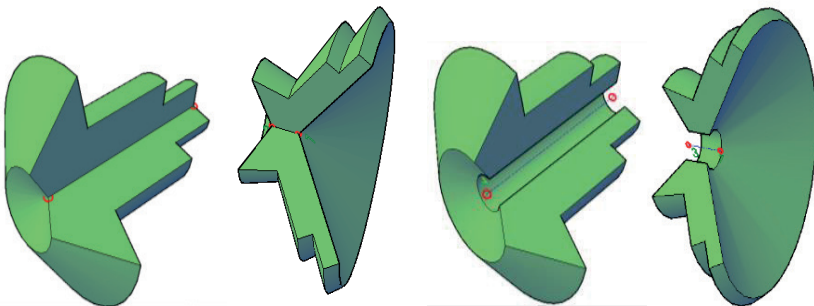
1. Cree una región



2. Digite *REV* o revolve.
3. Seleccione el objeto.
4. Defina una línea o dos puntos como eje de rotación (en el lado izquierdo se tienen los puntos 1 y 2, en la segunda se mantiene la misma región pero el eje de rotación está definido por los puntos 1 y 3. En las tercera y cuarta regiones, el eje es una línea fuera del área).



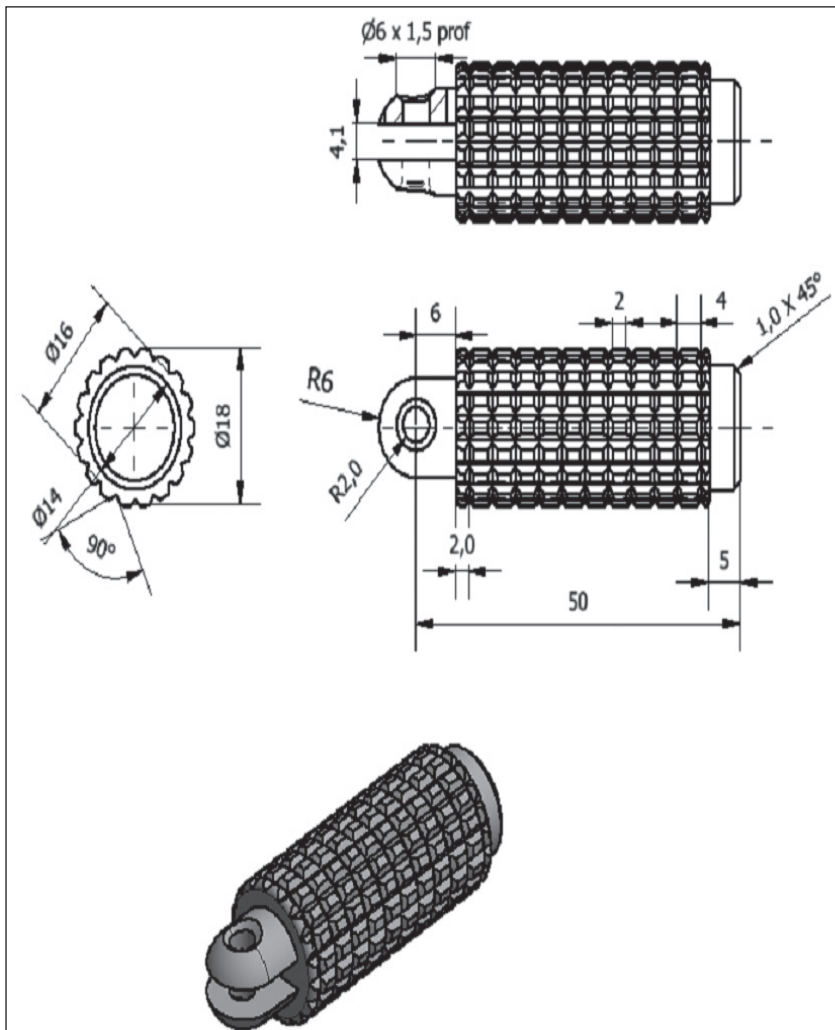
5. Especifique el ángulo de rotación (por defecto se tiene 360°), pero en este caso se digitará 270° y se obtiene como resultado un sólido (a la izquierda completos y a la derecha con agujero central).



Si se visualiza las figuras dos y cuatro, a pesar de ser la misma región, tienen diferente forma por la posición de su eje.

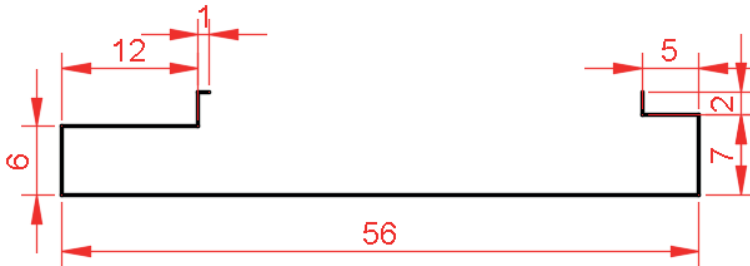
Práctica N° 12

Aplicando Revolve dibuje en tres dimensiones la siguiente figura, saque las vistas y acótelas.

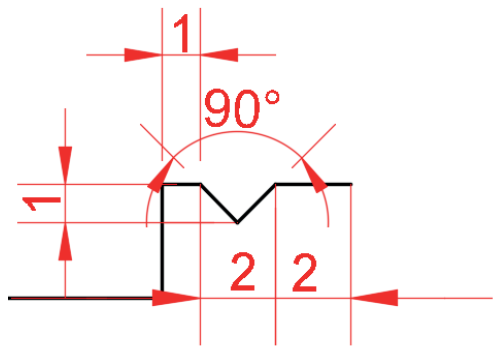


Tutorial práctica N^o 12

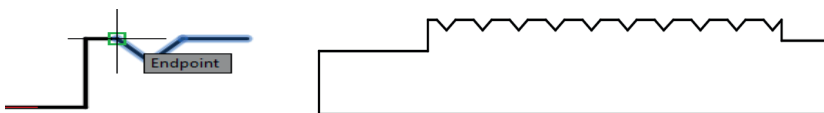
1. Dibuje el perfil indicado en la figura en la vista superior (TOP).



2. Grafique una ranura.



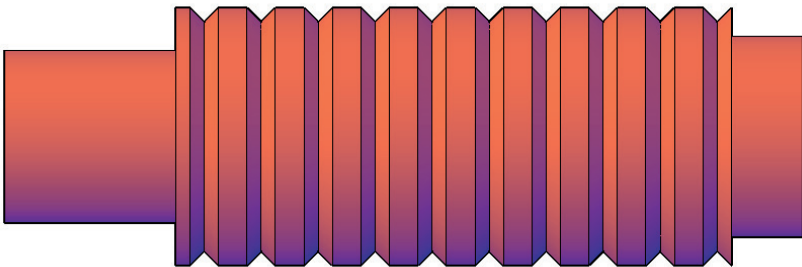
3. Copie sucesivamente la ranura creada tomando como punto de referencia el punto indicado en la gráfica hasta cerrar el perfil.



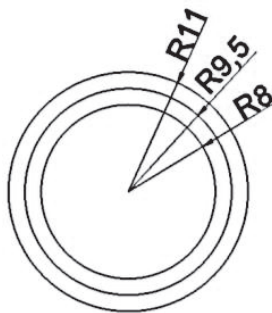
4. Convierta la figura en región.



5. Aplique *REV* tomando como eje de giro la base de la región creada.



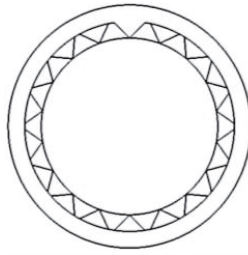
6. Utilice Wireframe, haga actual la vista Left; cambie el UCS, (digite UCS y la opción View para que el UCS se ubique paralelo a la vista) y trace un círculos de radio 8, 9.5 y 11 mm.



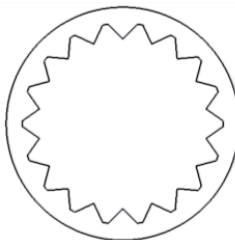
7. Dibuje un ángulo de 90° .



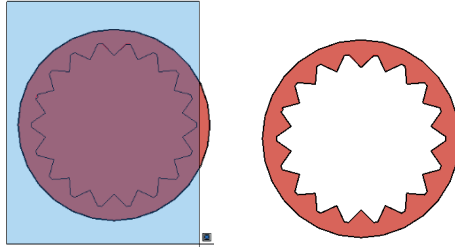
8. Haga Trim según el gráfico y aplique Array Polar al ángulo usando como centro de giro el punto origen del círculo y 18 como número de copias.



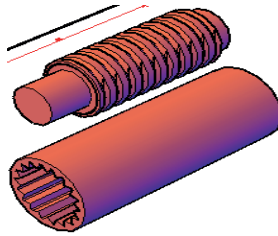
9. Borre el círculo de radio 8 y convierta en regiones a las figuras, si por alguna razón la parte interior no se hace región, entonces utilice polilínea y repase el contorno para obtener una figura cerrada.



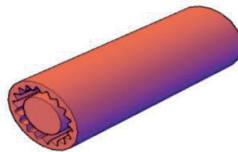
10. A continuación aplique Subtract, seleccionando primero el contorno exterior y para facilidad con ventana no total la parte inferior como se muestra.



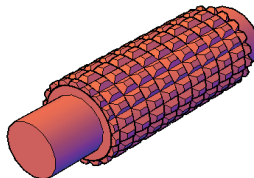
11. Aplique UCS Enter, Enter, luego por comodidad la vista isométrica SW y extruya 60 mm.



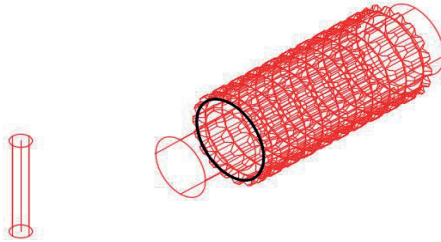
12. Desplace el cilindro hueco sobre el eje de manera que estén concéntricos (haga intersectar los centros de cada eje).



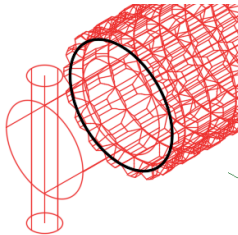
13. Realice la operación booleana de Subtract y obtendrá el resultado deseado.



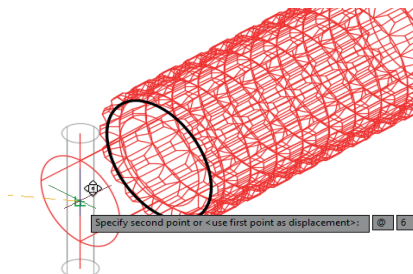
14. Utilice el estilo visual Wireframe y dibuje un cilindro de 4 mm de diámetro y 20 mm de longitud, además trace una línea de referencia en el centro del mismo.



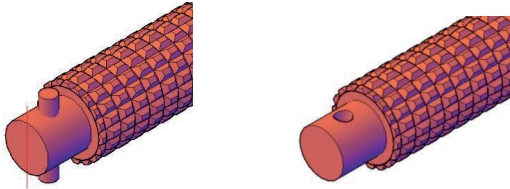
15. Ahora usando como referencia el punto medio de la línea de referencia y el centro del eje, hágalos intersectar.



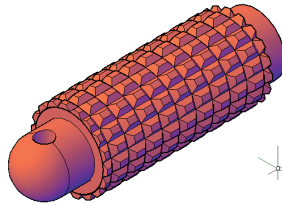
16. Mueva el cilindro ayudándose de coordenadas incrementales, digite @6,0,0 y use como punto de referencia el punto medio de la línea auxiliar.



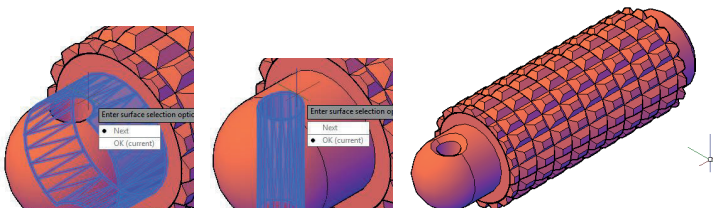
17. Utilice el estilo visual Conceptual y observará de forma más clara la intersección de los dos elementos para que aplique Subtract.



18. Seleccione Fillet y con un radio de 6 mm redondee la punta del eje.



19. En el siguiente paso se va a aplicar el Chamfer, con la observación de que como es una cara curva, aparecen varias caras como referencia, entonces si observa el momento que selecciona la cara le sale un mensaje en un recuadro pidiéndole que confirme esa cara (OK) o escoja la siguiente (Next). Escoja next hasta que la cara resaltada sea la del agujero y siga el procedimiento para realizar el chamfer picando en los semicírculos que se forman.



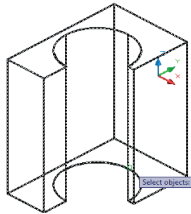
Modificación de sólidos

3D Mirror

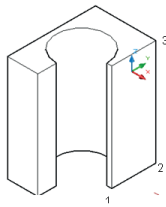
De manera similar que en 2D, se refiere a la reflexión de un objeto, pero con la variación que en esta ocasión se requiere de un plano base y no de una línea. Dicho plano, puede ser, uno creado por el usuario con tres puntos coplanares o uno referente a los planos XY , YZ , o XZ .

Para aplicar MIRROR 3D debe

1. Escribir el comando MIRROR 3D.
2. Se selecciona el objeto a reflejar.

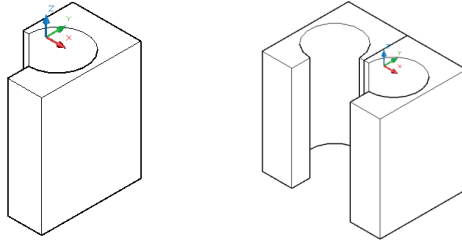


3. Se define el proceso para determinar el plano, es aconsejable usar 3 puntos.
4. Se especifican tres puntos que definan el plano de reflexión.



5. A la pregunta de

`Delete source objects? [Yes/No] <N>:` , responda Y si desea borrar el objeto original (figura izquierda) y N no si desea conservar los dos (figura derecha).

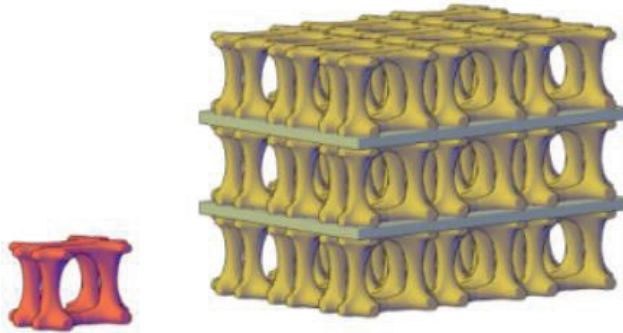


3D Array

Con este comando, es posible crear matrices rectangulares o polares de objetos en el espacio 3D. Para ello es necesario especificar la cantidad de columnas (dirección X), filas (dirección Y), así como de niveles (dirección Z).

Matrix rectangular

1. Escriba 3D Array.
2. Se seleccionan los objetos que formarán parte del arreglo.
3. Definir Rectangular.
4. Especificar la cantidad de filas.
5. Especificar la cantidad de columnas.
6. Especificar la cantidad de niveles.
7. Determinar la distancia entre filas.
8. Determinar la distancia entre columnas.
9. Determinar la distancia entre niveles.
10. Se obtiene el resultado indicado a continuación.

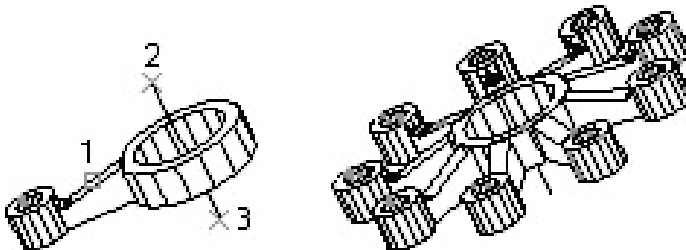


[9]

Matriz polar

En este caso es necesario tener un eje tridimensional de rotación, o sea que sea perpendicular al plano XY.

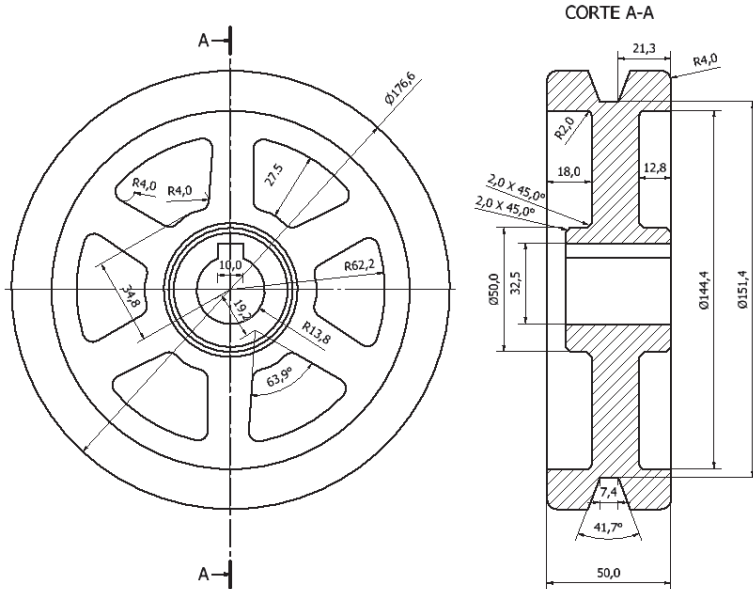
1. Escriba 3D Array.
2. Se seleccionan los objetos que formarán parte del arreglo (1).
3. Se especifica Polar.
4. Se indica la cantidad de veces que se repetirá el objeto.
5. Se indica el ángulo que cubrirán los objetos en el arreglo.
6. Se digita Enter para rotar los objetos a medida que varía su ángulo en el arreglo.
7. Se especifican los dos puntos del eje (2 y 3) alrededor del que serán rotados los objetos.



[10]

Práctica N° 13

Aplique matriz polar (Array Polar) obtenga la siguiente figura tanto en 3D como en espacio papel, acotándola.



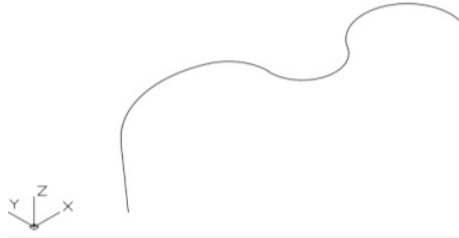
NOTA: Al aplicar el Array Polar 3D, AutoCAD no lo reconoce como sólido y por ende no se puede aplicar operación booleana. Por ello es recomendable, dibujar la figura en 2D sobre la superficie a trabajar, hacer Array Polar 2D, luego con polilínea repasar el perfil de cada distribución polar y ahí sí Extruir y aplicar SUBTRACT.

Extruir a través de un camino (sweep)

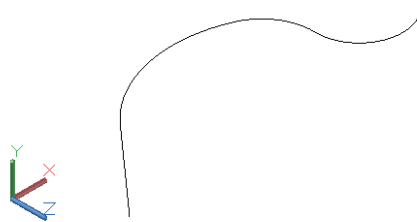
Este comando se lo utiliza para crear cuerpos sólidos a través de un camino previamente trazado, puede ser este una polilínea, un arco o sucesión de arcos, espirales, etc., para ello es primordial tomar en cuenta que el camino a seguir y el objeto a extruir deben ser perpendiculares entre sí, entonces se requiere una aplicación de UCS.

Para dibujar un objeto con Sweep:

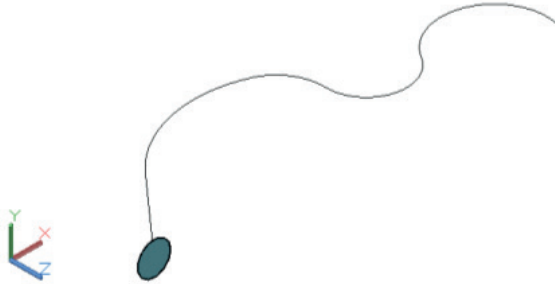
1. Dibuje con polilínea, arco u otra herramienta como camino.



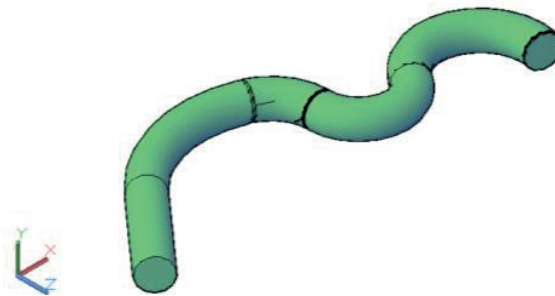
2. Cambie de UCS y ponga el plano XY perpendicular al camino (teclea UCS, escoja el eje X introduzca 90).



3. Grafique un círculo y conviértalo en región.



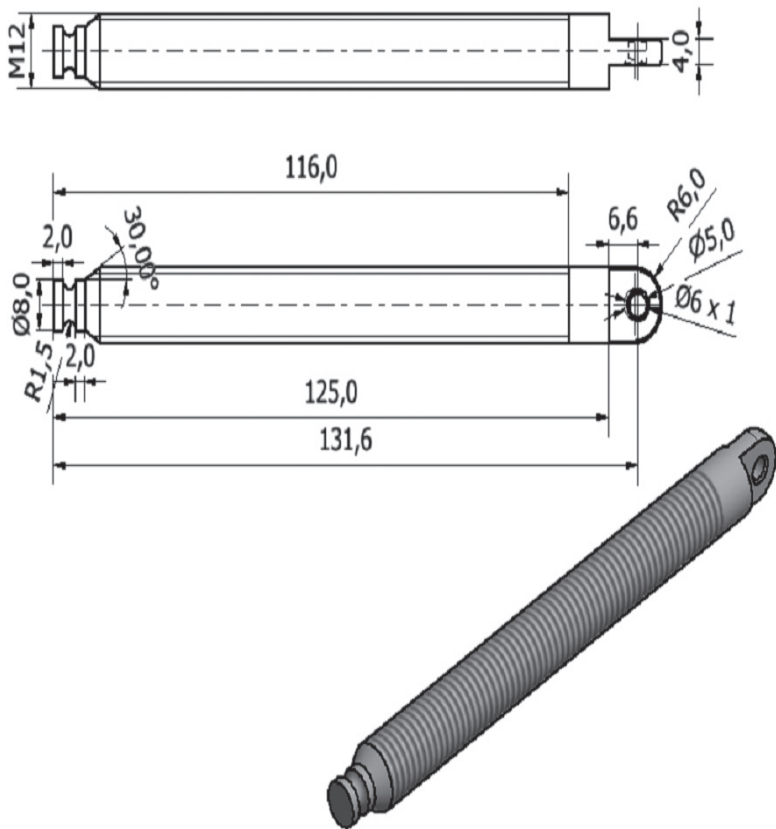
4. Digite o seleccione el ícono Sweep, le solicita que escoja el objeto, entonces pique en el círculo y Enter; como respuesta a seleccione Path, haga clic sobre el camino.



Práctica N° 14

Aplicando los conocimientos adquiridos grafique el siguiente elemento, utilice Sweep, hélices y operaciones booleanas.

Realice una rosca ficticia de forma redonda.



Tutorial práctica N^o 14

1. Grafique el perfil según las medidas dadas en el plano en la vista Top.



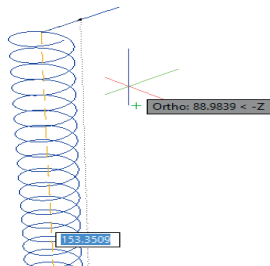
2. Aplique el comando Revolve.



3. Realice una línea de referencia de 20 mm.

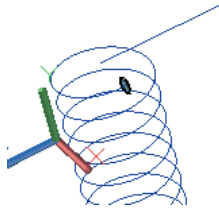


4. Digite Helix y tome como referencia el punto base de la línea de referencia cuando le soliciten el centro de la hélice, como radio de inicio digite el valor de 6 y como radio final también 6.

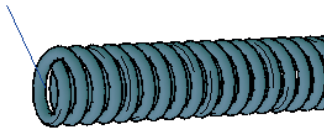


5. Ante la pregunta de altura de la hélice, seleccione H para definir el paso de 1.5 mm y luego 120 para definir la altura.

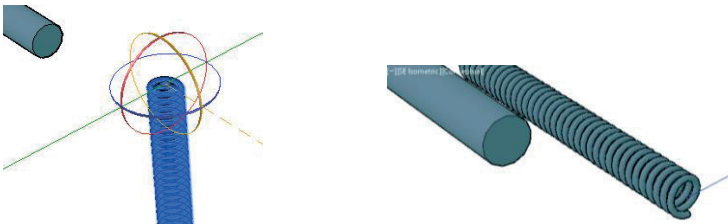
6. Cambie de UCS y ponga el plano XY perpendicular al camino (teclea UCS, escoja el eje X introduzca 90) y grafique un círculo en el extremo de radio 0.5 mm.



7. Digite SWEEP, escoja como objeto el círculo y como Path a la hélice.



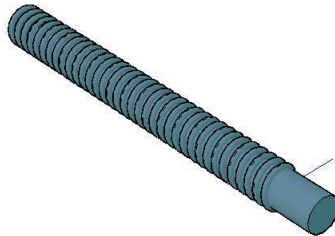
8. Retorne al UCS original digitando UCS y doble Enter.
9. Cambie de UCS y ponga el plano XY perpendicular al camino (teclea UCS, escoja el eje (Y) introduzca 90).
10. Digite 3DROTATE y escoja como punto de apoyo el extremo de la línea de referencia y como eje de rotación el (Y) (línea verde) y como ángulo -90 para que la hélice quede paralela al eje.



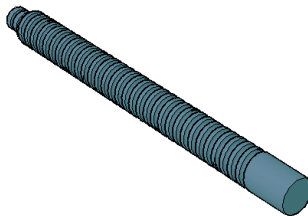
11. Utilice como apoyos el extremo de la línea de referencia y el centro del eje para ubicar concéntricos los dos elementos.



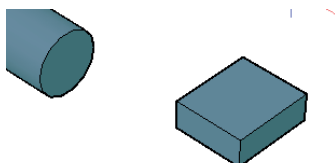
12. Ahora desplace la hélice 16 mm hacia el interior del eje digite @-16,0,0.



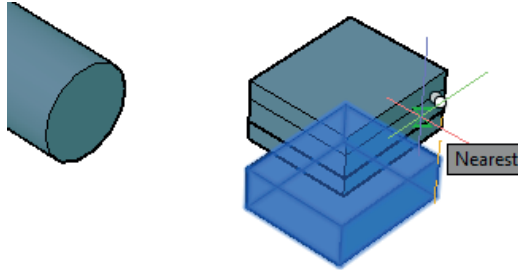
13. Borre la línea auxiliar y aplique Subtract.



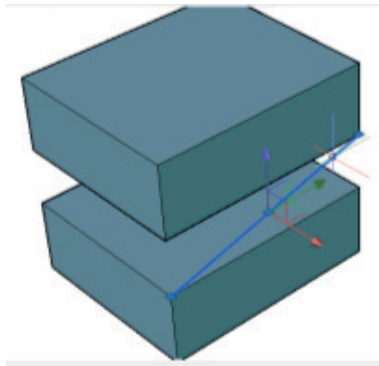
14. Trace un prisma rectangular de 15 mm de ancho, 12.6 mm de profundidad y 5 mm de altura.



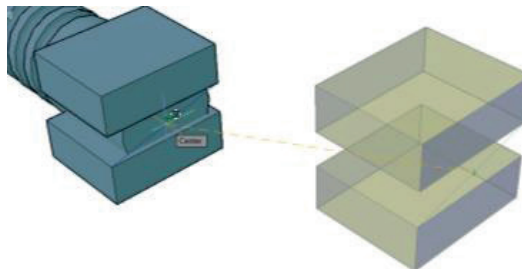
15. Copie ese prisma a una distancia en Z de 9 mm, tomando como referencia un punto de la base inferior.



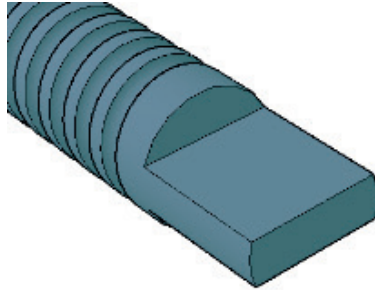
16. Trace una línea diagonal en el espacio vacío.



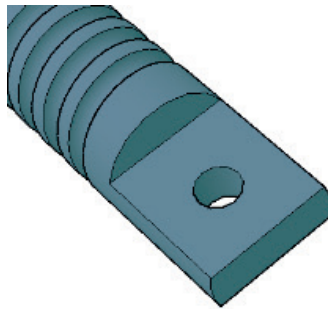
17. Ubique sobre el eje a los dos prismas, tome como referencia el centro de la línea diagonal y el centro del eje.



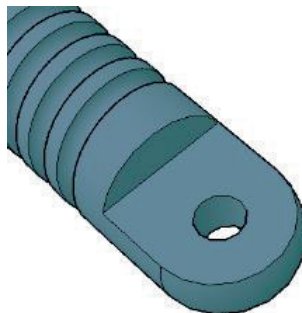
18. Aplique Subtract conservando el eje.



19. Haga la perforación repitiendo los pasos 14, 15, 16 y 17 del tutorial de la práctica 12.



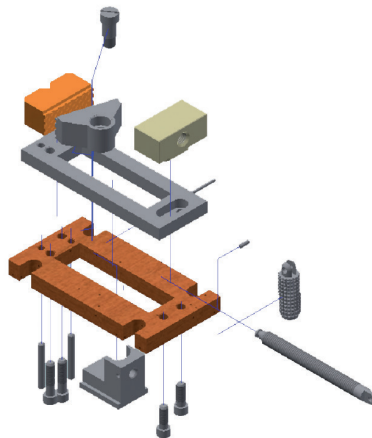
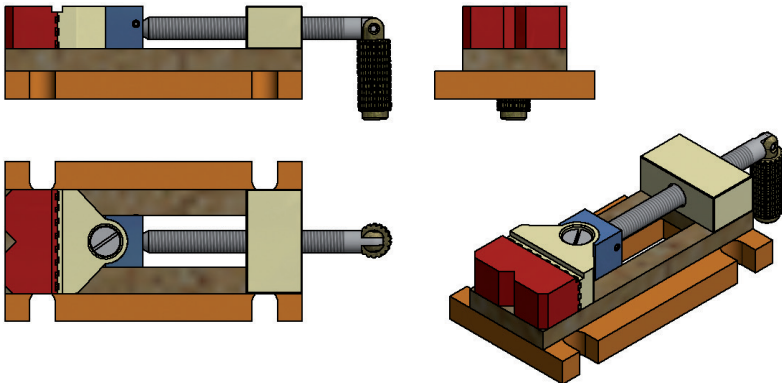
20. Aplique fillet de 6 mm.

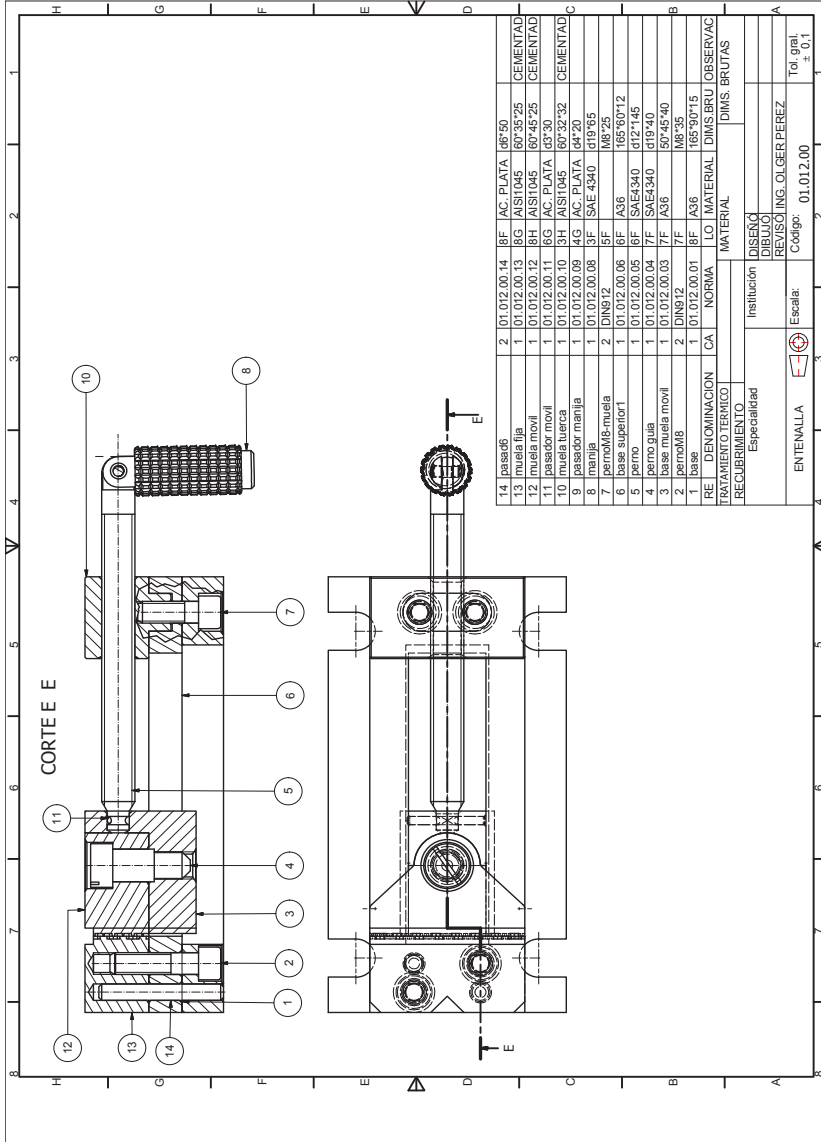


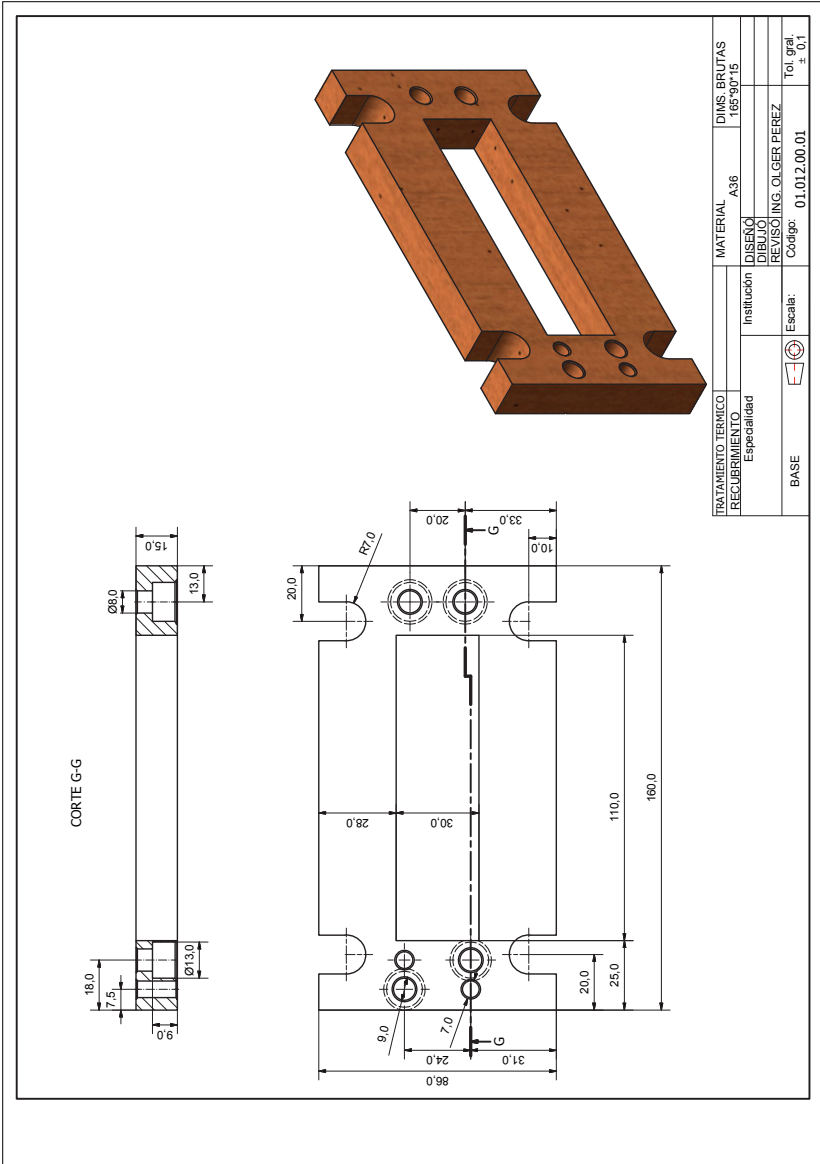
Práctica N° 15

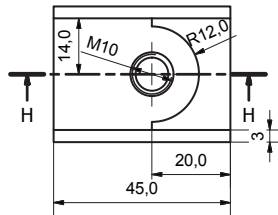
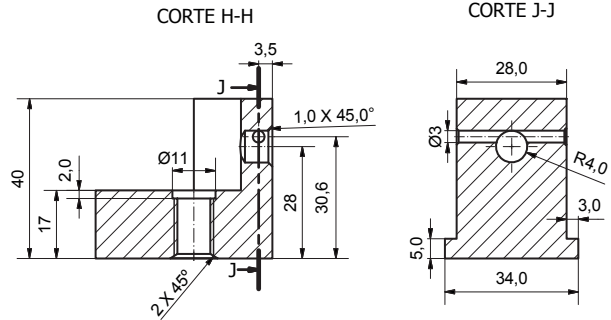
Elaboración de un conjunto mecánico


En este espacio se va a dibujar en el interior de un formato A3 o A4 (con el rotulado previamente configurado), según corresponda tanto los elementos constitutivos como el conjunto de una prensa mecánica, para lo cual se adjunta los planos tanto en dos como tres dimensiones.

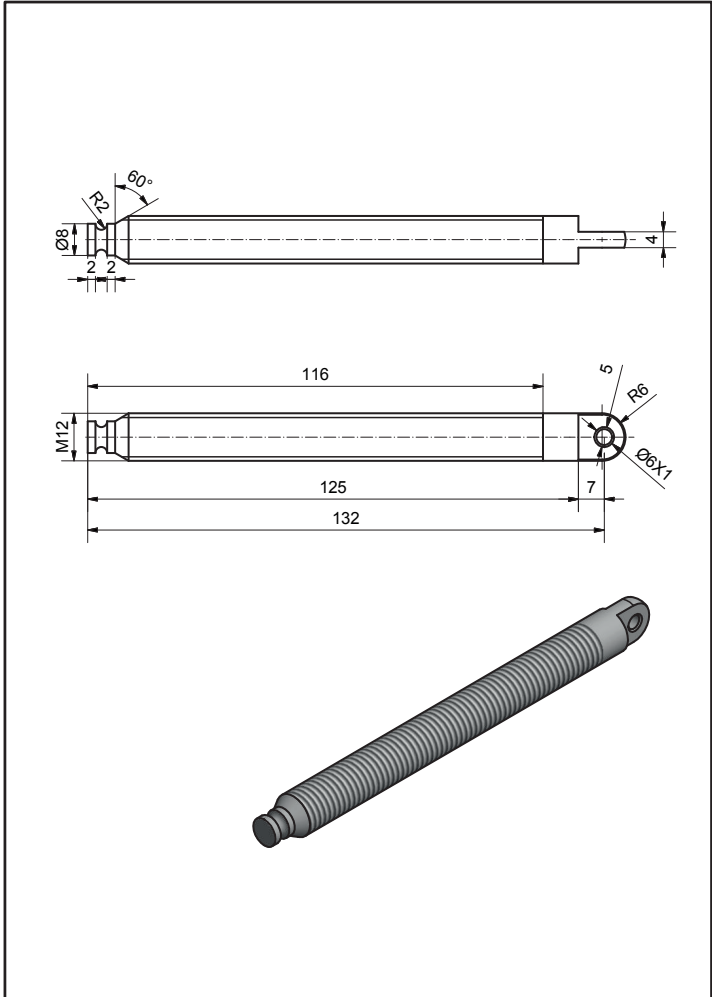




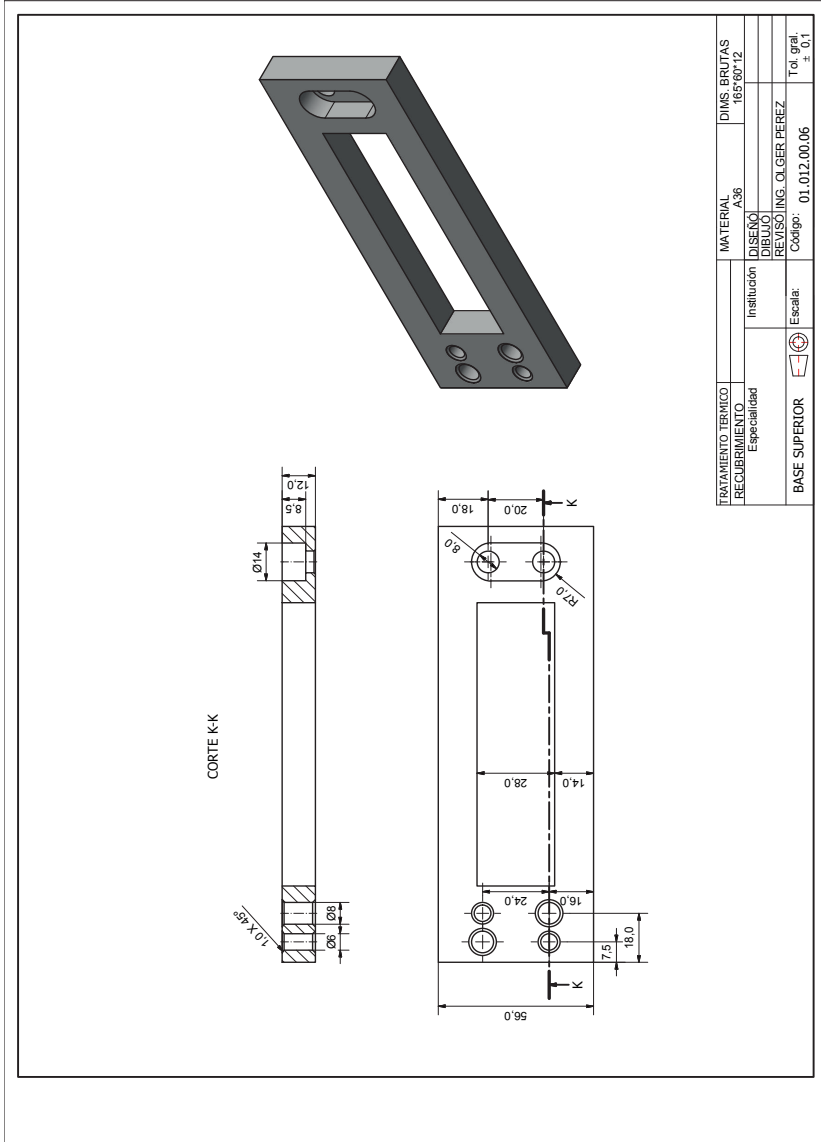


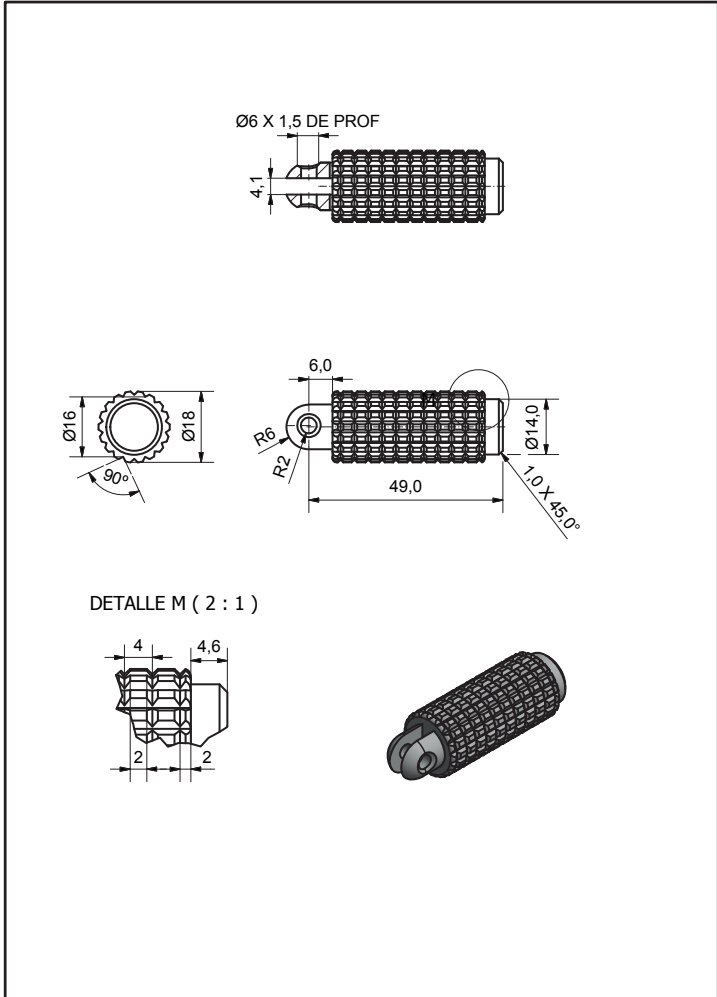


TRATAMIENTO TERMICO		MATERIAL		DIMS. BRUTAS	
RECUBRIMIENTO		A36		50°45°40	
Especialidad		Institución		DISEÑO	
				DIBUJO	
				REVISÓ ING. OLGER PEREZ	
BASE MUELA MÓVIL 		Escala:		Código: 01.012.00.03	
				Tol. gral. ± 0,1	

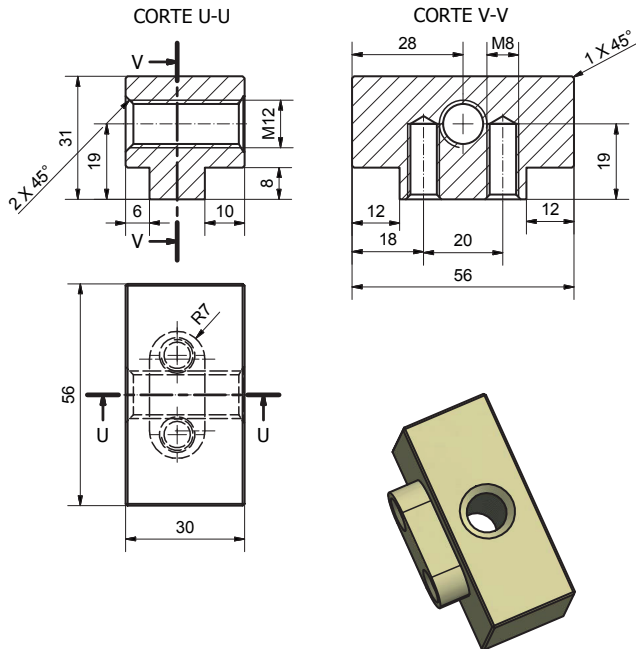


TRATAMIENTO TERMICO		MATERIAL	DIMS. BRUTAS
RECUBRIMIENTO		SAE 4340	Ø12*145
Especialidad	Institución	DISEÑO	
		DIBUJO	
		REVISÓ	ING. OLGHER PEREZ
PERNO	Escala:	Código:	Tol. gral.
		01.012.00.05	± 0,1

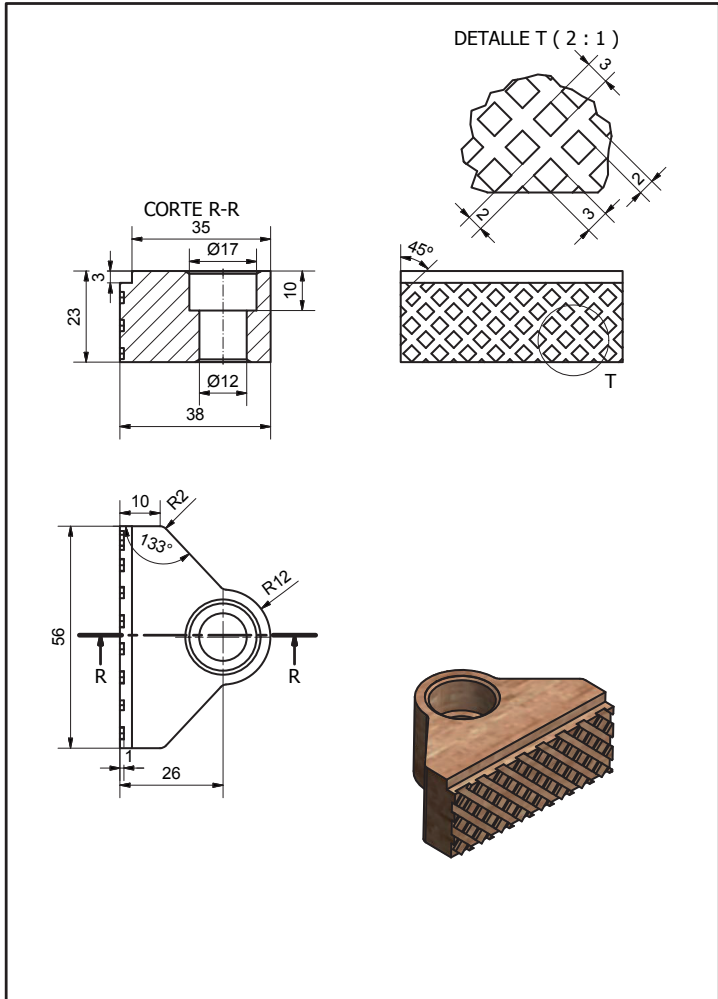




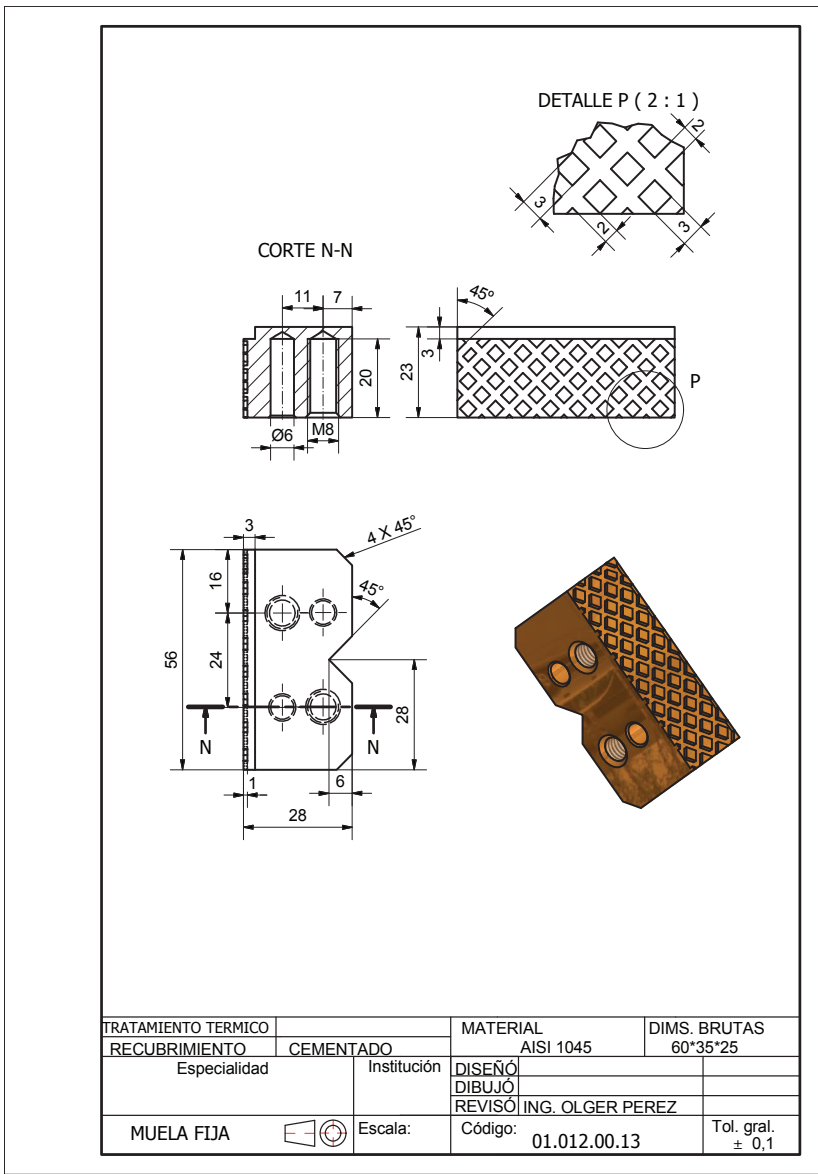
TRATAMIENTO TERMICO		MATERIAL	DIMS. BRUTAS
RECUBRIMIENTO		SAE4340	$\text{Ø}19^{\circ}65$
Especialidad	Institución	DISENÓ	
		DIBUJO	
		REVISÓ	ING. OLGHER PEREZ
MANIJA	Escala:	Código:	Tol. gral.
		01.012.00.08	$\pm 0,1$



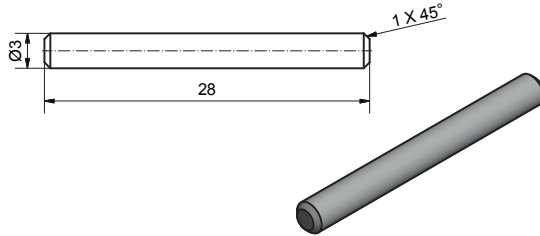
TRATAMIENTO TERMICO		MATERIAL	DIMS. BRUTAS
RECUBRIMIENTO	CEMENTADO	AISI 1045	60*32*32
Especialidad	Institución	DISEÑO	
		DIBUJO	
		REVISÓ	ING. OLGHER PEREZ
MUELA TUERCA	Escala:	Código:	Tol. gral.
		01.012.00.10	± 0,1



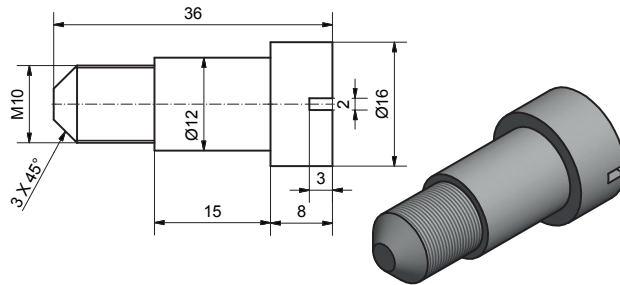
TRATAMIENTO TERMICO		MATERIAL	DIMS. BRUTAS
RECUBRIMIENTO	CEMENTADO	AISI 1045	60*45*25
Especialidad	Institución	DISEÑO	
		DIBUJO	
		REVISÓ	ING. OLGHER PEREZ
MUELA MOVIL	Escala:	Código:	Tol. gral. ± 0,1



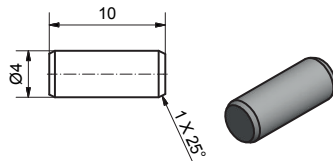
PASADOR MUELA MÓVIL



PERNO MUELA MÓVIL

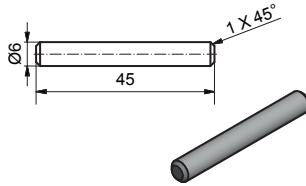


PASADOR MANIJA

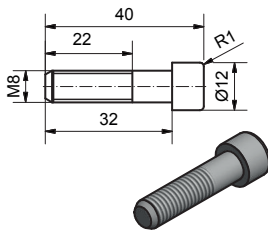


TRATAMIENTO TERMICO		MATERIAL	DIMS. BRUTAS
RECUBRIMIENTO			
Especialidad	Institución	DISEÑO	
		DIBUJO	
		REVISÓ	ING. OLGER PEREZ
ELEMENTOS VARIOS	Escala:	Código:	Tol. gral. ± 0,1

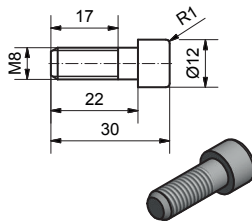
PASADOR MUELA FIJA




PERNO MUELA FIJA



PERNO MUELA TUERCA



TRATAMIENTO TERMICO		MATERIAL	DIMS. BRUTAS
RECUBRIMIENTO			
Especialidad	Institución	DISEÑO	
		DIBUJO	
		REVISÓ	ING. OLGER PEREZ
ELEMENTOS VARIOS	 Escala:	Código:	Tol. grat. ± 0,1

Notas

- [1] «www.dibujotecnico.com,» [En línea]. Available: <http://www.dibujotecnico.com/lineas-normalizadas/>. [Último acceso: 10. 12. 2015].
- [2] «www.dibujotecnico.com,» [En línea]. Available: <http://www.dibujotecnico.com/generalidades-elementos-y-clasificacion-de-las-cotas/>. [Último acceso: 15. 12. 2015].
- [3] Christgau-Schmatz (1984). *Dibujo Técnico Metal 1*. Hamburgo: GTZ.
- [4] INEN.
- [5] D. Izquierdo, «www.hispacad.com,» [En línea]. Available: <http://www.hispacad.com/foro/viewtopic.php?t=11856>. [Último acceso: 23. 12. 2015].
- [6] «www.arquitexs.com,» [En línea]. Available: <http://www.arquitexs.com/2011/01/curso-autocad-3d-online-gratis-capitulo.html>. [Último acceso: 20. 12. 2015].
- [7] Software AutoCAD 2016.
- [8] «encrypted-tbn2.gstatic.com,» [En línea]. Available: <https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRWVqmUukGMKBVJ7CxXJ6S7HWc7d4pcO5FDDeN3ieMtBcLDlw5W>. [Último acceso: 10. 12. 2015].
- [9] «knowledge.autodesk.com,» [En línea]. Available: <https://knowledge.autodesk.com/support/autocad-for-mac/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/AutoCAD-MAC-Core/files/GUID-BB3DA888-0C3A-4C68-A3ED-E0E528781205-htm.html>. [Último acceso: 16. 12. 2015].
- [10] «lh4.ggpht.com,» [En línea]. Available: http://lh4.ggpht.com/_IYsp8HPPw1s/TU_sxUPXToI/AAAAAAAAAFp0/2l3qcA8riaU/image_thumb%5B14%5D.png?imgmax=800. [Último acceso: 15. 11. 2015].
- [11] «mmlopez.wikispaces.com,» [En línea]. Available: <https://mmlopez.wikispaces.com/CAD+II+%285MI%29>. [Último acceso: 02. 12. 2015].

Bibliografía de referencia

- Carranza, O. (2015). *AutoCAD 2015*. Lima: Macro.
- Cebolla, C. (2014). *AutoCAD 2014: Curso Práctico*. Bogotá: Ediciones de la U.
- López, J.; Tajadura, J.A. (2009). *AutoCAD 2009 Avanzado*. Madrid: Mc Graw Hill.
- MEDIAactive, Aprender (2014). *AutoCAD 2014 con 100 ejercicios prácticos*. México: Alfaomega.
- Rodríguez, A. M. R. (2010). *AutoCAD 2010*. Madrid: Anaya.

Páginas web

- www.lomoapolinario.org. [En línea] EJERCICIOS DE AUTOCAD. www.lomoapolinario.org/.../autocad/laminas.htm - [Último acceso: 12 12 2015].
- www.tutorialesautocad.net. [En línea]. TUTORIALES AUTOCAD. <http://www.tutorialesautocad.net/2012/04/basico.html> [Último acceso: 5 12 2015].
- Software Autodesk AutoCAD 2016 (licencia adquirida por la Universidad Politécnica Salesiana).

