

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN COMPUTACIONAL PARA  
LA AUTOMATIZACIÓN DE PLANOS Y DIBUJOS EN 3D PARA EL  
DISEÑO DE RECIPIENTES A PRESIÓN BAJO EL CODIGO ASME  
SEC. VIII Div. 1”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO**

**DANIEL ESTUARDO NARVÁEZ MORENO**

**DIRECTOR: ING. LUIS ECHEVERRÍA**

**CODIRECTOR: ING. JUAN PABLO ALCÓSER**

**Sangolquí, 2008-10-20**



## **CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto “DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN COMPUTACIONAL PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE PLANOS Y DIBUJOS EN 3D PARA EL DISEÑO DE RECIPIENTES A PRESIÓN BAJO EL CODIGO ASME SEC. VIII Div. 1” fue realizado en su totalidad por Daniel Estuardo Narváez Moreno, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

---

**Ing. Luis Echeverría**  
**DIRECTOR**

---

**Ing. Juan Pablo Alcóser**  
**CODIRECTOR**

**Sangolquí, 2008-10-20**



## **LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO**

“DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN COMPUTACIONAL PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE PLANOS Y DIBUJOS EN 3D PARA EL DISEÑO DE RECIPIENTES A PRESIÓN BAJO EL CODIGO ASME SEC. VIII Div. 1”

**ELABORADO POR:**

---

**Daniel Estuardo Narváez Moreno**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

---

**DIRECTOR DE CARRERA**

**Sangolquí, 2008-10-20**



## **DEDICATORIA**

Este proyecto dedico a los jóvenes estudiantes de ingeniería que empiezan su carrera con ganas de cambiar el país, para que se levanten cuando tropiecen y para que empiecen su vida profesional con el mismo ímpetu con el que empezaron sus estudios.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, que invirtieron mucho sacrificio y tiempo en mi formación y supieron darme el aliento necesario y los consejos oportunos para que continúe con mis estudios y trabajo. A mis hermanos que siempre estuvieron atentos al desarrollo de mi carrera. A mi amigos y compañeros que supieron escucharme en los momentos de diversión y los momentos de pesar. A aquellos profesores que causan inspiración en los estudiantes y que hacen un gran trabajo por la docencia.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO .....	III
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XII
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	XII
RESUMEN.....	XV
<b>PARTE 1: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1 GENERALIDADES .....</b>	<b>3</b>
1.1 ANTECEDENTES .....	3
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	4
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	5
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	5
1.5 ALCANCE.....	6
<b>PARTE 2: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 RECIPIENTES A PRESIÓN.....</b>	<b>11</b>
2.1 GENERALIDADES.....	11
2.1.1 <i>Clasificación</i> .....	11
2.1.2 <i>Componentes</i> .....	14
2.2 CÓDIGO ASME SECCIÓN VIII .....	15
2.2.1 <i>Historia y organización</i> .....	15
2.2.2 <i>Alcance de la Sección VIII División 1</i> .....	22
2.2.3 <i>Responsables de la Sección</i> .....	23
2.2.4 <i>Métodos de Fabricación</i> .....	24
2.2.5 <i>Requisitos y tipos de servicio</i> .....	25
2.2.6 <i>Requisitos generales de diseño</i> .....	25
2.3 OTRAS NORMAS DE APLICACIÓN.....	30
2.3.1 <i>Códigos estructurales adicionales</i> .....	30
2.3.2 <i>Estándares y normas de dibujo</i> .....	32
2.3.3 <i>Diseño de soportes</i> .....	33
2.3.4 <i>Elementos de izaje</i> .....	34
<b>3 SISTEMAS CAD (COMPUTER AIDED DESIGN) .....</b>	<b>35</b>
3.1 HISTORIA DEL DIBUJO EN LA INGENIERÍA .....	35
3.2 SISTEMAS DE DIBUJO ASISTIDO POR COMPUTADORA .....	36
3.3 SISTEMAS CAD ESPECIALIZADOS .....	38
3.3.1 <i>Compress de CODEWARE</i> .....	39
3.3.2 <i>Vessel Drafting CODEWARE</i> .....	40
3.3.3 <i>PVElite de COADE</i> .....	40
3.3.4 <i>CADWorx (Equipment) de COADE</i> .....	41
3.3.5 <i>Advanced Pressure Vessel de Computer Engineering Inc.</i> .....	42
<b>4 DISEÑO DE RECIPIENTES A PRESIÓN.....</b>	<b>43</b>
4.1 REQUISITOS GEOMÉTRICOS .....	43

4.1.1	Cuerpo.....	43
4.1.2	Cabezas.....	43
4.2	BRIDAS, ACCESORIOS Y TUBERÍA .....	48
4.2.1	Tubería.....	49
4.2.2	Bridas.....	51
4.2.3	Tes.....	54
4.2.4	Codos .....	54
4.3	CONEXIONES Y JUNTAS SOLDADAS .....	56
4.3.1	Soldadura y simbología.....	57
4.3.2	Juntas soldadas.....	60
4.3.3	Conexiones soldadas.....	62
4.4	ACCESORIOS A NO PRESIÓN .....	74
4.4.1	Diseño de soportes para recipientes verticales.....	74
4.4.2	Diseño de soportes para recipientes horizontales .....	77
4.4.3	Orejas de izaje.....	78
4.5	REQUERIMIENTOS PARA LA PRESENTACIÓN DE PLANOS TÉCNICOS .....	79
4.5.1	Datos de diseño .....	84
4.5.2	Lista de materiales.....	85
4.5.3	Listado de Conexiones .....	86
<b>PARTE 3: DESARROLLO.....</b>		<b>87</b>
<b>5</b>	<b>MÉTODO PARA DIBUJAR RECIPIENTES A PRESIÓN .....</b>	<b>89</b>
5.1	CUERPO .....	89
5.1.1	Cuerpo Cilíndrico.....	89
5.1.2	Cuerpo Esférico.....	91
5.2	CABEZAS.....	91
5.2.1	Cabeza Hemisférica .....	91
5.2.2	Cabeza Elipsoidal .....	92
5.2.3	Cabeza Torisférica (ASME Flanged and Dished) .....	92
5.3	CONEXIONES .....	96
5.3.1	Bridas.....	96
5.3.2	Tubería.....	97
5.3.3	Codos .....	98
5.4	REPRESENTACIÓN DE JUNTAS SOLDADAS Y CONEXIONES .....	99
5.5	ACCESORIOS A NO PRESIÓN .....	102
5.5.1	Diseño de soportes para recipientes verticales.....	102
5.5.2	Diseño de soportes para recipientes horizontales .....	106
5.5.3	Orejas de izaje.....	110
5.6	REQUERIMIENTOS PARA LA PRESENTACIÓN DE PLANOS TÉCNICOS .....	113
5.6.1	Datos de diseño .....	115
5.6.2	Lista de materiales.....	115
5.6.3	Listado de Conexiones .....	116
<b>6</b>	<b>DESARROLLO DEL PROGRAMA.....</b>	<b>117</b>
6.1	CONCEPTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA .....	117
6.2	AMBIENTE DE OPERACIÓN .....	119
6.3	PERSONALIZACIÓN DEL MENU EN AUTOCAD.....	119
6.4	FLUJOGRAMAS .....	121
6.4.1	Bridas.....	124
6.4.2	Tubería.....	124
6.4.3	Codos .....	125
6.4.4	Cuerpo.....	125

6.4.5	Cabeza Hemisférica .....	126
6.4.6	Cabeza Elipsoidal .....	127
6.4.7	Cabeza Torisférica.....	128
6.4.8	Detalle de Aberturas.....	129
6.4.9	Orejas.....	130
6.4.10	Patatas .....	131
6.4.11	Faldón .....	132
6.4.12	Sillas .....	132
6.4.13	Datos de Diseño .....	133
6.4.14	Materiales.....	133
6.4.15	Listado de conexiones .....	133
6.4.16	Plano .....	134
6.4.17	Margen .....	134
6.5	BASES DE DATOS.....	134
6.6	CÓDIGO FUENTE.....	136
6.6.1	Module1 - Project Piping .....	136
6.6.2	Bridas.....	136
6.6.3	Tubería.....	139
6.6.4	Codos .....	142
6.6.5	Module1 - Project PressureVessel.....	146
6.6.6	Cuerpo.....	153
6.6.7	Cabeza Hemisférica .....	154
6.6.8	Cabeza Elipsoidal .....	156
6.6.9	Cabeza Torisférica.....	159
6.6.10	Detalle de Aberturas .....	163
6.6.11	Orejas.....	165
6.6.12	Patatas .....	170
6.6.13	Faldón .....	174
6.6.14	Sillas .....	176
<b>7</b>	<b>VERIFICACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>184</b>
7.1	RECIPIENTE HORIZONTAL .....	184
7.1.1	Cuerpo.....	184
7.1.2	Cabeza Torisférica.....	185
7.1.3	Boca #1 .....	189
7.1.4	Boca #2 .....	191
7.1.5	Manhole.....	191
7.1.6	Sillas.....	193
7.1.7	Boca # 3 .....	195
7.1.8	Orejas de izaje.....	198
7.1.9	Generación del Plano.....	199
7.2	RECIPIENTE VERTICAL #1 .....	199
7.2.1	Cuerpo Vertical .....	199
7.2.2	Cabezas elipsoidales .....	201
7.2.3	Boca #1 .....	203
7.2.4	Boca #2 .....	205
7.2.5	Boca #3 .....	207
7.2.6	Boca #4 .....	209
7.2.7	Manhole.....	211
7.2.8	Patatas .....	213
7.2.9	Orejas de izaje.....	214
7.2.10	Generación del plano .....	215
7.3	RECIPIENTE VERTICAL #2 .....	216

7.3.1	<i>Cuerpo Vertical</i> .....	217
7.3.2	<i>Cabezas Hemisféricas</i> .....	218
7.3.3	<i>Boca #1</i> .....	220
7.3.4	<i>Boca #2</i> .....	222
7.3.5	<i>Boca #3</i> .....	224
7.3.6	<i>Boca #4</i> .....	226
7.3.7	<i>Boca #5</i> .....	228
7.3.8	<i>Manhole #1 y #2</i> .....	232
7.3.9	<i>Faldón</i> .....	235
7.3.10	<i>Generación del plano</i> .....	236
<b>8</b>	<b>ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO</b> .....	<b>238</b>
8.1	ESTUDIO DE MERCADO .....	238
8.1.1	<i>Análisis de precios</i> .....	238
8.2	ESTUDIO TÉCNICO .....	239
8.2.1	<i>Proceso de producción</i> .....	239
8.3	INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	239
8.3.1	<i>Proceso de producción</i> .....	239
8.4	ESTUDIO ECONÓMICO .....	240
8.4.1	<i>Determinación de los costos de Inversión y Producción</i> .....	240
8.4.2	<i>Financiamiento del Proyecto</i> .....	241
8.4.3	<i>Cronograma de Desembolsos del Proyecto</i> .....	241
8.4.4	<i>Depreciación</i> .....	241
8.4.5	<i>Capital de trabajo</i> .....	242
8.4.6	<i>Fijación de precio y punto de equilibrio</i> .....	242
8.4.7	<i>Determinación del precio del producto</i> .....	243
8.4.8	<i>Estimación de Ventas</i> .....	243
8.4.9	<i>Flujo de Efectivo</i> .....	243
8.5	ESTUDIO FINANCIERO .....	244
8.5.1	<i>Estimación del VAN (Valor Actual Neto)</i> .....	244
8.5.2	<i>Estimación del TIR (Tasa Interna de Retorno)</i> .....	244
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>245</b>
<b>10</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>246</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>.....</b>	<b>249</b>
	ANEXO 1: PROCESO DE PRODUCCIÓN .....	251
	ANEXO 2: CRONOGRAMA DE DESEMBOLSOS DEL PROYECTO .....	253
	ANEXO 3: FLUJO DE EFECTIVO .....	255
	ANEXO 4: ESTIMACIÓN DEL VAN.....	257
	ANEXO 5: ESTIMACIÓN DEL TIR.....	259
	ANEXO 6: PLANOS DE RECIPIENTES .....	261
	ANEXO 7: MANUAL DEL USUARIO.....	263
<b>REFERENCIAS</b>	<b>.....</b>	<b>265</b>
	BIBLIOGRAFÍA .....	265

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 AUTO-TANQUE PARA TRANSPORTAR GLP .....	12
FIGURA 2.2 RECIPIENTE CILÍNDRICO HORIZONTAL .....	13
FIGURA 2.3 RECIPIENTE CILÍNDRICO VERTICAL .....	13
FIGURA 2.4 RECIPIENTE CILÍNDRICO HORIZONTAL .....	15
FIGURA 2.5 SILLAS PARA RECIPIENTES HORIZONTALES .....	33
FIGURA 2.6 SOPORTES PARA RECIPIENTES VERTICALES.....	34
FIGURA 4.1. SECCIÓN TRANSVERSAL DE UNA CABEZA HEMISFÉRICA .....	45
FIGURA 4.2. SECCIÓN TRANSVERSAL DE UNA CABEZA ELIPSOIDAL .....	45
FIGURA 4.3. SECCIÓN TRANSVERSAL DE UNA CABEZA TORIESFÉRICA .....	46
FIGURA 4.4. SECCIÓN TRANSVERSAL DE UNA CABEZA CÓNICA .....	47
FIGURA 4.3. SECCIÓN TRANSVERSAL DE UNA CABEZA TORICÓNICA .....	48
FIGURA 4.4. TIPOS DE BRIDAS.....	51
FIGURA 4.5. TIPOS DE CARAS EN LAS BRIDAS.....	52
FIGURA 4.6. DIMENSIONES PARA BRIDAS CLASE 150. ASME B16.5 .....	53
FIGURA 4.7. DIMENSIONES DE LOS CODOS A 90º Y 45º. ASME B16.9.....	56
FIGURA 4.8. SECCIONES TRANSVERSALES DE LOS TIPOS DE SOLDADURA EN JUNTAS A TOPE .....	58
FIGURA 4.9. SÍMBOLOS BÁSICOS DE SOLDADURA.....	59
FIGURA 4.10. SÍMBOLO DE SOLDAR Y LOCALIZACIÓN ESTÁNDAR DE SUS ELEMENTOS. ....	60
FIGURA 4.11. LOCALIZACIÓN DE JUNTAS SOLDADAS.....	60
FIGURA 4.12. CABEZAS UNIDAS AL CUERPO.....	64
FIGURA 4.12. CABEZAS UNIDAS AL CUERPO (CONTINUACIÓN) .....	65
FIGURA 4.13. TIPOS DE BOQUILLAS Y OTRAS CONEXIONES SOLDADAS AL CUERPO Y CABEZAS. ....	66
FIGURA 4.14. ALGUNOS TIPOS DE CONEXIONES ACEPTADAS DE ACCESORIOS PEQUEÑOS. ....	73
FIGURA 4.15. FALDÓN PARA RECIPIENTES VERTICALES. ....	75
FIGURA 4.16. DETALLES DE UNIÓN EN FALDONES. ....	75
FIGURA 4.17. SOPORTES PARA RECIPIENTES VERTICALES.....	76
FIGURA 4.18. PROYECCIÓN DE LOS CUATRO SOPORTES.....	76
FIGURA 4.19. DETALLE DE LAS SILLAS PARA RECIPIENTES HORIZONTALES .....	77
FIGURA 4.20. UBICACIÓN DE LAS OREJAS DE IZAJE .....	78
FIGURA 4.21. GEOMETRÍA DE LA OREJA .....	78
FIGURA 4.22. FORMATO CARACTERÍSTICO PARA PLANOS DE RECIPIENTES HORIZONTALES. ....	80
FIGURA 4.23. FORMATO CARACTERÍSTICO PARA PLANOS DE RECIPIENTES VERICALES. ....	81

FIGURA 4.24. PLANO DE ORIENTACIÓN.....	83
FIGURA 4.25. ORIENTACIONES .....	84
FIGURA 5.1. CILINDROS.....	90
FIGURA 5.2. MÉTODO GRÁFICO PARA DIBUJAR UNA SECCIÓN TORISFÉRICA. ....	93
FIGURA 5.3. PARÁMETROS PARA DIBUJAR LA SECCIÓN TORISFÉRICA.....	94
FIGURA 5.4. PERFIL DE LA SECCIÓN LONGITUDINAL DE LA BRIDA .....	96
FIGURA 5.5. NOMENCLATURA DE LAS DIMENSIONES DE BRIDAS SEGÚN PRESSURE VESSEL HANDBOOK .....	97
FIGURA 5.6. PERFIL DEL CODO .....	98
FIGURA 5.7. UW-16(A)      FIGURA 5.8. UW-16(B) .....	99
FIGURA 5.9. UW-16(C)      FIGURA 5.10. UW-16(D).....	100
FIGURA 5.11. UW-16(E)      FIGURA 5.12. UW-16(I) .....	100
FIGURA 5.13. UW-16(J)      FIGURA 5.14. UW-16(L) .....	100
FIGURA 5.15. UW-16(P)      FIGURA 5.16. UW-16(Q).....	101
FIGURA 5.17. UW-16(R)      FIGURA 5.18. UW-16(S) .....	101
FIGURA 5.19. UW-16(X-1)      FIGURA 5.19. UW-16(X-2).....	101
FIGURA 5.21. UW-16(Y-1)      FIGURA 5.22. UW-16(Y-2).....	102
FIGURA 5.23. UW-16(Z-1)      FIGURA 5.24. UW-16(Z-2) .....	102
FIGURA 5.25. SOPORTES PARA RECIPIENTES VERTICALES.....	104
FIGURA 5.26. PROCESO DE DIBUJO DEL PERFIL EN L.....	104
FIGURA 5.27. PROYECCIÓN DE LOS CUATRO SOPORTES.....	104
FIGURA 5.28. COORDENADAS DEL CENTRO DEL RECIPIENTE CON RESPECTO A LA SECCIÓN DE LA PATA. ....	105
FIGURA 5.29. DETALLE DE LAS SILLAS PARA RECIPIENTES HORIZONTALES .....	106
FIGURA 5.30. COORDENADAS PARA DIBUJAR LAS SILLAS VISTA SUPERIOR.....	107
FIGURA 5.31. COORDENADAS PARA DIBUJAR LAS SILLAS VISTA LATERAL .....	107
FIGURA 5.32. ALTURA DE LAS COSTILLAS DE LA SILLA .....	108
FIGURA 5.33. DIBUJO DEL PERFIL DE LA PLACA DE REFUERZO.....	109
FIGURA 5.34. DISTANCIA ENTRE SILLAS.....	110
FIGURA 5.35. GEOMETRÍA DE LA OREJA .....	111
FIGURA 5.36. COORDENADAS DEL PERFIL TRANSVERSAL DE LA OREJA DE IZAJE .....	111
FIGURA 5.37. PROCESO DE DIBUJO DEL PERFIL TRANSVERSAL DE LA OREJA DE IZAJE .....	112
FIGURA 5.38. UBICACIÓN DE LOS “VIEWPORTS” EN EL PLANO PARA RECIPIENTES HORIZONTALES .....	114
FIGURA 5.39. UBICACIÓN DE LOS “VIEWPORTS” EN EL PLANO PARA RECIPIENTES VERTICALES.....	114
FIGURA 5.40. DATOS PARA LAS CONDICIONES DE DISEÑO EN EL PLANO .....	115
FIGURA 5.41. TABLA DE PRESENTACIÓN DE LOS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN .....	116

FIGURA 5.42. TABLA PARA LA PRESENTACIÓN DEL LISTADO DE CONEXIONES. ....	116
FIGURA 6.1. MENÚ PRINCIPAL EN LA BARRA DE COMANDOS DE AUTOCAD .....	120
FIGURA 6.2. SUBMENÚ “TUBERÍA” .....	120
FIGURA 6.3. SUBMENÚ “RECIPIENTE” .....	120
FIGURA 6.4. SUBMENÚ “SOPORTES” .....	120
FIGURA 6.5. SUBMENÚ “INFORMACIÓN DE DETALLE” .....	121
FIGURA 6.6. FORM PARA LAS BRIDAS .....	124
FIGURA 6.7. FORM PARA LA TUBERÍA .....	124
FIGURA 6.8. FORM PARA LOS CODOS .....	125
FIGURA 6.9. FORM PARA EL CUERPO CILÍNDRICO .....	125
FIGURA 6.10. FORM PARA LA CABEZA HEMISFÉRICA .....	126
FIGURA 6.11. FORM PARA LA CABEZA ELIPSOIDAL.....	127
FIGURA 6.12. FORM PARA LA CABEZA TORISFÉRICA .....	128
FIGURA 6.13. FORM PARA LOS DETALLES DE SOLDADURA.....	129
FIGURA 6.14. FORM PARA LAS OREJES DE IZAJE.....	130
FIGURA 6.15. FORM PARA LAS PATAS DE SOPORTE .....	131
FIGURA 6.16. FORM PARA EL FALDÓN .....	132
FIGURA 6.17. FORM PARA LAS SILLAS .....	132
FIGURA 7.1. INGRESO DE DATOS PARA CUERPO HORIZONTAL.....	184
FIGURA 7.2. CUERPO HORIZONTAL .....	185
FIGURA 7.3. INGRESO DE DATOS DE LA PRIMERA CABEZA TORISFÉRICA ASME.....	185
FIGURA 7.4. MODIFICACIÓN DE VALORES DEL RADIO DE CORONA Y REBORDEO.....	186
FIGURA 7.5. PRIMERA CABEZA TORISFÉRICA.....	187
FIGURA 7.6. INGRESO DE DATOS DE LA PRIMERA CABEZA TORISFÉRICA ASME.....	188
FIGURA 7.6. SEGUNDA CABEZA TORISFÉRICA.....	188
FIGURA 7.7. INGRESO DE DATOS DE TUBERÍA BOCA 1 .....	189
FIGURA 7.8. TUBERÍA DE LA BOCA 1.....	189
FIGURA 7.9. INGRESO DATOS DE BRIDA DE BOCA 1 .....	190
FIGURA 7.10. BRIDA EN BOCA #1 .....	190
FIGURA 7.11. BOCA # 2 .....	191
FIGURA 7.12. INGRESO DE DATOS DE TUBERÍA PARA MANHOLE .....	191
FIGURA 7.13. TUBERIA PARA MANHOLE .....	192
FIGURA 7.14. INGRESO DE DATOS PARA LA BRIDA DEL MANHOLE.....	192
FIGURA 7.15. BRIDA DEL MANHOLE .....	193
FIGURA 7.16. INGRESO DE DATOS PARA SILLAS .....	194

FIGURA 7.17. SILLAS PARA RECIPIENTE HORIZONTAL.....	194
FIGURA 7.18. INGRESO DE DATOS PARA LA TUBERÍA DE LA BOCA #3 .....	195
FIGURA 7.19. TUBERÍA PARA BOCA #3 .....	195
FIGURA 7.20. INGRESO DE DATOS PARA EL CODO DE BOCA # 3 .....	196
FIGURA 7.21. CODO DE BOCA # 3 .....	196
FIGURA 7.22. INGRESO DE DATOS PARA LA BRIDA DE LA BOCA #3 .....	197
FIGURA 7.23. BRIDA DE LA BOCA #3.....	197
FIGURA 7.24. INGRESO DE DATOS DE LAS OREJAS .....	198
FIGURA 7.25. OREJAS DE IZAJE .....	198
FIGURA 7.26. LAYOUT FINAL CON VISTAS DEL RECIPIENTE.....	199
FIGURA 7.27. INGRESO DE DATOS DEL CUERPO VERTICAL .....	200
FIGURA 7.28. CUERPO VERTICAL.....	200
FIGURA 7.30. INGRESO DE DATOS DE LA CABEZA ELIPSOIDAL SUPERIOR.....	201
FIGURA 7.31. CABEZA ELIPSOIDAL SUPERIOR.....	201
FIGURA 7.32. INGRESO DE DATOS DE LA CABEZA ELIPSOIDAL INFERIOR.....	202
FIGURA 7.33. CABEZA ELIPSOIDAL INFERIOR.....	202
FIGURA 7.34. INGRESO DE DATOS PARA LA TUBERÍA DE LA BOCA #1 .....	203
FIGURA 7.35. TUBERÍA DE LA BOCA #1.....	203
FIGURA 7.36. INGRESO DE DATOS DE LA BRIDA DE LA BOCA #1.....	204
FIGURA 7.37. BRIDA DE LA BOCA #1.....	204
FIGURA 7.38. INGRESO DE DATOS DE LA TUBERÍA DE LA BOCA #2 .....	205
FIGURA 7.39. TUBERÍA DE LA BOCA #2.....	205
FIGURA 7.40. INGRESO DE DATOS DE LA BRIDA DE LA BOCA #2.....	206
FIGURA 7.41. BRIDA DE LA BOCA #2.....	206
FIGURA 7.42. INGRESO DE DATOS DE LA TUBERÍA DE LA BOCA #3 .....	207
FIGURA 7.43. TUBERÍA DE LA BOCA #3.....	207
FIGURA 7.44. INGRESO DE DATOS DE LA BRIDA DE LA BOCA #3.....	208
FIGURA 7.45. INGRESO DE DATOS DE LA BRIDA DE LA BOCA #3.....	208
FIGURA 7.46. INGRESO DE DATOS DE LA TUBERÍA DE LA BOCA #4 .....	209
FIGURA 7.46. INGRESO DE DATOS DE LA TUBERÍA DE LA BOCA #4 .....	209
FIGURA 7.47. INGRESO DE DATOS DE LA BRIDA DE LA BOCA #4.....	210
FIGURA 7.48. BRIDA DE LA BOCA #4.....	210
FIGURA 7.49. INGRESO DE DATOS DE LA TUBERÍA DEL MANHOLE .....	211
FIGURA 7.50. TUBERÍA DEL MANHOLE .....	211
FIGURA 7.51. INGRESO DE DATOS PARA LA BRIDA DEL MANHOLE.....	212

FIGURA 7.52. BRIDA DEL MANHOLE.....	212
FIGURA 7.53. INGRESO DE DATOS DE LAS PATAS DE SOPORTE .....	213
FIGURA 7.54. PATAS DE SOPORTE.....	213
FIGURA 7.55. INGRESO DE DATOS DE LAS OREJAS DE IZAJE .....	214
FIGURA 7.56. OREJAS DE IZAJE DEL REPIENTE VERTICAL .....	214
FIGURA 7.57. INGRESO DE DATOS DE SOLDADURA.....	215
FIGURA 7.58. PLANO DEL RECIPIENTE VERTICAL.....	216
FIGURA 7.59. INGRESO DE DATOS DEL CUERPO VERTICAL .....	217
FIGURA 7.60. CUERPO CILÍNDRICO VERTICAL.....	217
FIGURA 7.61. INGRESO DE DATOS DE LA CABEZA HEMISFÉRICA SUPERIOR.....	218
FIGURA 7.62. CABEZA HEMISFÉRICA SUPERIOR .....	219
FIGURA 7.63. INGRESO DE DATOS DE LA CABEZA HEMISFÉRICA INFERIOR.....	219
FIGURA 7.64. CABEZA HEMISFÉRICA INFERIOR .....	220
FIGURA 7.65. INGRESO DE DATOS DE LA TUBERÍA DE LA BOCA #1 .....	220
FIGURA 7.66. TUBERÍA DE LA BOCA #1.....	221
FIGURA 7.67. INGRESO DE DATOS DE LA BRIDA DE BOCA #1.....	221
FIGURA 7.68. BRIDA DE LA BOCA #1.....	222
FIGURA 7.69. INGRESO DE DATOS DE LA TUBERÍA DE LA BOCA #2 .....	222
FIGURA 7.70. TUBERÍA DE LA BOCA #2.....	223
FIGURA 7.71. INGRESO DE DATOS DE LA BRIDA EN BOCA #2 .....	223
FIGURA 7.72. BRIDA DE LA BOCA #2.....	224
FIGURA 7.73. INGRESO DE DATOS DE LA TUBERÍA DE LA BOCA #3 .....	224
FIGURA 7.74. TUBERÍA DE LA BOCA #3.....	225
FIGURA 7.75. INGRESO DE DATOS DE LA BRIDA DE LA BOCA #4.....	225
FIGURA 7.76. BRIDA DE LA BOCA #3.....	226
FIGURA 7.77. INGRESO DE DATOS DE LA TUBERÍA DE LA BOCA #4 .....	226
FIGURA 7.78. TUBERÍA DE LA BOCA #4.....	227
FIGURA 7.79. INGRESO DE DATOS DE LA TUBERÍA DE LA BOCA #4 .....	227
FIGURA 7.80. BRIDA DE LA BOCA #4.....	228
FIGURA 7.81. INGRESO DE DATOS DE LA TUBERÍA DE LA BOCA #5 .....	228
FIGURA 7.82. TUBERÍA DE LA BOCA #5.....	229
FIGURA 7.83. INGRESO DE DATOS DEL CODO DE LA BOCA #5 .....	229
FIGURA 7.84. CODO DE LA BOCA #5 .....	230
FIGURA 7.85. INGRESO DE DATOS DE LA TUBERÍA EN LA BOCA #5.....	230
FIGURA 7.86. TUBERÍA BOCA #5.....	231

FIGURA 7.87. INGRESO DE DATOS DE LA BRIDA DE LA BOCA #5.....	231
FIGURA 7.88. BRIDA DE LA BOCA #5.....	232
FIGURA 7.89. INGRESO DE DATOS DE LA TUBERÍA DEL MANHOLE #1.....	232
FIGURA 7.90. TUBERÍA DEL MANHOLE #1 .....	233
FIGURA 7.91. INGRESO DE DATOS DE LA BRIDA DEL MANHOLE #1 .....	233
FIGURA 7.92. BRIDA DEL MANHOLE #1 .....	234
FIGURA 7.93. MANHOLE #2.....	234
FIGURA 7.94. INGRESO DE DATOS DEL FALDÓN .....	235
FIGURA 7.95. FALDÓN CON INTERFERENCIAS. ....	235
FIGURA 7.96. FALDÓN FINAL.....	236
FIGURA 7.97. DETALLE DE ABERTURAS .....	236
FIGURA 7.98. PLANO DEL RECIPIENTE VERTICAL #2.....	237

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 4.1. DIMENSIONES PARA SOPORTES VERTICALES.....	77
TABLA 4.2. DIMENSIONES DE LAS SILLAS. FUENTE: PRESSURE VESSEL HANDBOOK.....	78
TABLA 4.3. DIMENSIONES PARA LAS OREJAS DE IZAJE FUENTE: PRESSURE VESSEL HANDBOOK .....	79
TABLA 4.4. DATOS PARA LAS CONDICIONES DE DISEÑO EN EL PLANO .....	85
TABLA 6.1. SIMBOLOGÍA DE LOS FLUJOGRAMAS .....	122
TABLA 6.2. DESCRIPCIÓN DE LAS BASES DE DATOS DEL PROGRAMA .....	135
TABLA 8.1. LISTADO DE PRECIOS DE SOFTWARE PARA RECIPIENTES A PRESIÓN .....	238

## ÍNDICE DE ECUACIONES

(5.1) .....	93
(5.2) .....	93
(5.3) .....	94
(5.4) .....	94
(5.5) .....	94
(5.6) .....	95
(5.9) .....	103
(5.10) .....	103
(5.11) .....	103

(5.12) ..... 103  
(5.13) ..... 105  
(5.14) ..... 105  
(5.15) ..... 106  
(5.16) ..... 108  
(5.17) ..... 108  
(5.18) ..... 108  
(5.19) ..... 109  
(5.20) ..... 109  
(5.21) ..... 110  
(5.22) ..... 110  
(5.23) ..... 111  
(5.24) ..... 111



## RESUMEN

Con el descubrimiento y utilización de distintos fluidos en los procesos industriales, el desarrollo de los equipos mecánicos en plantas ha tenido una gran importancia, ya sea para almacenamiento o para procesar algún tipo de fluido, los recipientes a presión, constituyen un tema de estudio muy amplio.

En 1911 la ASME (American Society of Mechanical Engineers), decidió iniciar un proceso de investigación para estandarizar el diseño de calderas a vapor, y así garantizar la seguridad de los equipos utilizados por la industria. En 1915 aparece el primer código de Calderas y recipientes a presión y apartir de esa fecha, se han publicado varios códigos y estándares de fabricación de materiales y equipo industriales.

El código de Calderas y Recipientes a Presión consta de doce secciones. La sección VIII, división 1, habla del diseño y construcción de los Recipientes a Presión. El alcance principal de esta sección habla de recipiente con un diámetro mayor a 6", que tengan una presión de diseño mayor a 15psi y que no exceda de 3000 psi.

Por siglos, la mejor forma de comunicación dentro de la ingeniería ha sido el dibujo. A través de los gráficos y figuras, los ingenieros han podido transmitir las ideas a las personas involucradas en el proceso de construcción, y es por eso, que poco a poco, se fueron desarrollando distintas formas de representar en papeles lo que un ingeniero o arquitecto desea que se construya.

Con el desarrollo de la informática, los diversos procesos que demandan tareas repetitivas de cálculos fueron automatizándose, y de forma paralela, el dibujo asistido por computador, que por sus siglas en inglés, a estas aplicaciones se las conoce como sistemas CAD (Computer Aided Design).

El sistema CAD más conocido y utilizado dentro del campo de la ingeniería en el Ecuador es el AutoCAD. Este sistema posee una interfaz la cual permite desarrollar rutinas programables en el lenguaje Visual Basic for Applications.

El programa Pressure Vessel 3D, es un conjunto de rutinas, las cuales le permite al usuario dibujar en 3D los principales componentes de los recipientes a presión, basándose en la sección VIII, división 1 del código de Calderas y Recipientes a Presión publicado por la ASME. Para dibujar los accesorios estándar, el programa lee las dimensiones almacenadas en una base de datos de MS Access y los dibuja con los comandos de AutoCAD 2007.

Estos pequeños programas se ejecutan a través de un Menú personalizado en AutoCAD y sus opciones son las siguientes:

#### Tubería

- Tubería ASME B36.10

- Bridas ASME B16.5

- Codos ASME B16.9

#### Recipientes

- Cuerpo

- Cabeza Hemisférica

- Cabeza Torisférica

- Cabeza Elipsoidal

#### Detalle de Aberturas

#### Soportes

- Orejas

- Patatas

- Faldón

- Sillas

#### Información de Detalle

- Datos de Diseño

- Materiales

Listado de Conexiones

Plano

Margen



## PARTE 1: INTRODUCCIÓN



# 1 GENERALIDADES

## 1.1 ANTECEDENTES

La ingeniería en la industria es un campo muy competitivo, en donde se buscan las mejores soluciones a los distintos problemas que se pueden presentar en la industria. El tiempo y los costos de diseño y construcción de dichas soluciones es fundamental al momento de la ejecución de un proyecto, por lo que el tener herramientas apropiadas que permitan realizar tareas de forma automática, es un factor que podría marcar la diferencia entre una empresa de ingeniería y una empresa de ingeniería con calidad.

Las industrias ecuatorianas que se dedican al diseño y construcción de recipientes a presión son varias, pero pocas poseen herramientas informáticas que realicen un diseño estandarizado, que cumplan los códigos internacionales y los impuestos por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Las razones fundamentales, son los altos costos que implican adquirir estas herramientas y la falta de concientización en el uso de sistemas que automaticen y estandaricen los procesos.

La realización de planos es una labor larga y repetitiva, la cual puede durar, muchas veces, más que el proceso de cálculo en sí, y la adquisición de programas de diseño que permitan realizar dibujos en 3D de una manera fácil y rápida, cumpliendo con códigos de construcción, puede ser muy costoso incluso para grandes empresas.

En el año 2003 se realizó un proyecto de grado en la Escuela Politécnica del Ejército llamado: "PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA EL DISEÑO DE RECIPIENTES A PRESIÓN BAJO CÓDIGO ASME SECCIÓN VIII DIVISIÓN 1", el cual permite realizar el cálculo de espesores, dimensionamiento de boquillas y partes no sometidas a presión como sillas y orejas de izaje, así como cálculos de cargas de viento y sismo que están basados en las normas internacionales.

Sin embargo, el diseño de un recipiente a presión no termina en la hoja de cálculo. Para llevar a cabo la construcción y montaje es necesario realizar los planos generales, planos de detalle y planos de construcción, los cuales son muy importantes para ahorrar tiempo y estandarizar los procesos de construcción y montaje. Esto se lo puede realizar con un sistema CAD (Computer Aided Design) especializado, que contenga módulos que permitan generar los planos de forma automática y estándar.

## **1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

El dibujo de planos en 3D para recipientes a presión es una tarea larga y repetitiva que genera errores. Es necesario revisar códigos de diseño y construcción para validar medidas y parámetros, lo cual retarda el proceso de diseño de forma significativa. Los requisitos geométricos, los componentes mecánicos y accesorios ya están estandarizados, pero en cada plano es necesario dibujarlos nuevamente. Existen librerías de los componentes mecánicos pero solamente en 2D. Se podría realizar una librería en 3D pero tomaría mucho tiempo y ocuparía mucho espacio en memoria, y dichas librerías servirían únicamente para la selección de componentes mecánicos y accesorios, más no para el diseño del cuerpo y cabezas del recipiente que obedecen cambios en su forma para satisfacer las condiciones de trabajo.

## **1.3 OBJETIVOS**

### ***1.3.1 Objetivo general***

Desarrollar una aplicación computacional que permita realizar los dibujos en 3D y planos, de forma automática, para el diseño de recipientes a presión y sus componentes, cumpliendo con el código de diseño, construcción y montaje ASME Sección VIII división 1.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Desarrollar un método estándar para dibujar los componentes mecánicos en 3D, de recipientes a presión cumpliendo con las normas internacionales.
- Automatizar el proceso gráfico de diseño de recipientes a presión haciendo uso de lenguajes de programación de alto nivel, que sean compatibles con tecnologías que permitan complementar el diseño mecánico.
- Estudiar las distintas posibilidades tecnológicas para personalizar programas CAD de uso general para desarrollar aplicaciones especializadas en el campo de la Ingeniería Mecánica
- Realizar una aplicación económica, que esté al alcance de pequeñas y medianas empresas de ingeniería para automatizar el proceso de diseño de recipientes a presión, aumentando su productividad y eficiencia.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

Las herramientas CAD (Computer Aided Design) constituyen un eje fundamental en el campo de la ingeniería mecánica, ya que permiten llevar ideas y diseños a niveles en los que se puede tener un modelo en computadora en tres dimensiones de un equipo mecánico, con una verosimilitud muy alta. Sin embargo el trabajo que deben realizar los dibujantes y proyectistas mecánicos para lograr esta tarea es bastante largo, debido a la cantidad de detalles y acciones repetitivas que esto implica, y a consecuencia de esto, la generación de muchos errores.

Cuando existen procesos repetitivos, es necesario optimizar el tiempo que toma realizar dichas acciones, y estandarizarlas. En el proceso de dibujo en equipos industriales, existen componentes que ya están estandarizados, por lo que todos los pasos que un dibujante realiza para proyectar dichas piezas pueden ser sustituidas por instrucciones de programación dentro de una aplicación CAD, aumentando la rapidez del dibujo y eliminando fallas que son consecuencia de la

cantidad de acciones que debe hacer una persona al dibujar piezas mecánicas en 3D.

La estandarización de los procesos de dibujo, cumpliendo con normas y códigos, es parte de un conjunto de acciones que se deben realizar para lograr un nivel de calidad alto, y si esta estandarización de procesos, está acompañado por la automatización de los mismos, el resultado será procesos de calidad a bajo costo.

La ASME (American Society of Mechanical Engineers) es la asociación que establece los códigos y procedimientos en el área mecánica en los Estados Unidos de América, y por la relación que tienen las empresas Norteamericanas con el Ecuador y el mundo, el INEN está llevando un programa para la estandarización de procedimientos de diseño, construcción y mantenimiento exigiendo el cumplimiento de los códigos ASME.

El desarrollar una herramienta que permita dibujar y realizar los planos de recipientes a presión, de forma automática cumpliendo con los códigos de construcción y montaje, así como accesorios y piezas auxiliares con medidas estándar, permitirá a pequeñas y medianas empresas ecuatorianas y latinoamericanas, que no puedan adquirir los actuales paquetes de especializados de CAD, producir productos de calidad de forma rápida y sencilla y a un bajo costo, adentrándose en la competencia con grandes empresas. Les permitirá reducir tiempo y costos operativos, aumentando su productividad y eficiencia.

## **1.5 ALCANCE**

La aplicación computacional consta de varios módulos que contienen “Macros” con instrucciones que realizan ciertas tareas de dibujo en una aplicación CAD, la cual será el programa AutoCAD 2007. Estas tareas, estarán asociadas a botones ubicados en una nueva barra de herramientas en dicho programa, de tal

forma que al ejecutar los macros, será necesario dar un click en dichos botones para llamar a la ejecución del código de programación. El código utilizado es Visual Basic for Applications.

Los macros permitirán dibujar en 3D los recipientes a presión basándose en ciertos parámetros establecidos en el código ASME sección VIII división 1. Sin embargo, sólo contienen requisitos geométricos y de forma basándose en una memoria de cálculo pre-establecida, es decir, que no realizará cálculos pertenecientes al criterio de una ingeniería, sino que se plasmará en gráficos y dibujos los equipos y elementos que fueron diseñados previamente de acuerdo a las condiciones de trabajo del fluido.

Los macros, incluyen instrucciones para dibujar el recipiente, sus accesorios y ciertos detalles como los de soldadura y soportes, y tienen opciones que generan vistas para la presentación del plano en un formato estándar.

Los macros se conectan con bases de datos que contienen información sobre medidas estándar de los accesorios y conexiones establecidas en los códigos ASME.

La aplicación se limita a la fabricación de recipientes soldados, que están incluidos en la parte UW de la sección VIII división 1 del código ASME sobre Recipientes a Presión y Calderas. Se utilizará como referencia de dibujo el Código de Dibujo Técnico-Mecánico CPE 03:0000 y ciertos estándares de la sección Y14 de la ASME.

Este proyecto está dirigido a personas y empresas que poseen un conocimiento básico en la utilización y manejo del código de calderas y recipientes a presión, debido a que es un complemento del diseño y hace referencia a varias secciones del código.



## PARTE 2: MARCO TEÓRICO



## 2 RECIPIENTES A PRESIÓN

### 2.1 GENERALIDADES

#### 2.1.1 Clasificación

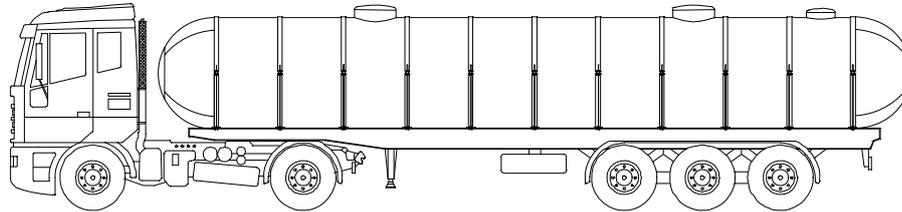
Los recipientes a presión tienen varias aplicaciones en la industria, y de acuerdo a estas, las condiciones de trabajo del fluido que almacenan hacen que existan varios tipos de recipientes. Pueden ser clasificados bajo distintos criterios, a continuación se

#### **Por su aplicación**

Existen básicamente tres tipos de aplicaciones generales de los recipientes a presión, y de acuerdo a estas se clasifican en tanques: de almacenamiento, de procesos y de transporte.

Los recipientes de almacenamiento, tienen la función de almacenar fluidos que están contenidos bajo presión interna o externa. Los recipientes de procesos, están por lo general en la línea de procesamiento del fluido, sea cual fuere el uso de este. Y por último, los de transporte, tienen como objetivo almacenar el fluido para transportarlo de un sitio a otro, esto por lo general están contruidos con estructuras soportantes para camiones o auto tanques.

Existen otros tipo de equipos para almacenamiento denominados tanques atmosféricos, sin embargo, estos manejan una presión muy baja y están especificados de acuerdo a las normas API (American Petroleum Institute)



**Figura 2.1 Auto-tanque para Transportar GLP**

### **Por su forma**

Los recipientes a presión pueden ser cilíndricos o esféricos, según la aplicación que tengan. Por lo general los recipientes cilíndricos son parte de procesos químico o físico, y pueden tener secciones cónicas para reducir su diámetro. En otras ocasiones pueden estar provistos de chaquetas para mantener una temperatura determinada en el fluido.

Los esféricos se utilizan generalmente para almacenar grandes volúmenes a altas presiones. Puesto que la forma esférica es la forma natural que toman los cuerpos al ser sometidos a presión interna esta sería la forma más idónea para almacenar fluidos en dichas condiciones, sin embargo la fabricación de estos resulta más difícil y costosa en comparación con los recipientes cilíndricos.

La versatilidad de los recipientes cilíndricos les ha posicionado como los más utilizados en la industria. Existen varios requisitos geométricos para estos recipientes con relación a las cabezas, cuerpo y conexiones, los cuales se detallan en el capítulo 4, sin embargo, este tipo de recipientes son utilizados para realizar procesos en los fluidos, en industrias como la de alimentos, petroquímica, como intercambiadores de calor, compresores, etc.

### Por su orientación

Los recipientes cilíndricos pueden estar orientados en forma horizontal o vertical dependiendo de su utilización. Los recipientes horizontales normalmente se encuentran apoyados sobre sillas mientras que los verticales descansan sobre una estructura o sobre un faldón.

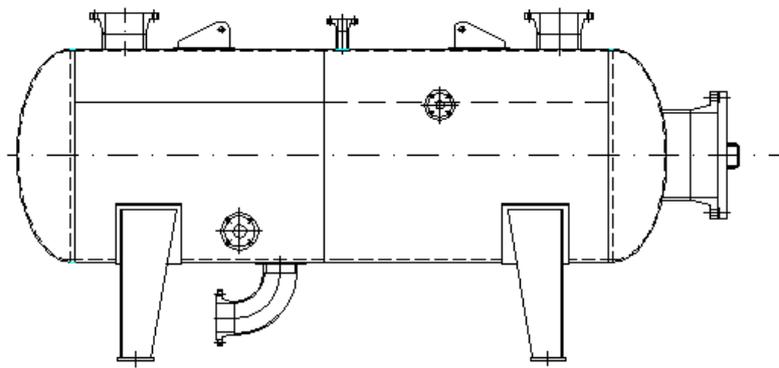


Figura 2.2 Recipiente Cilíndrico Horizontal

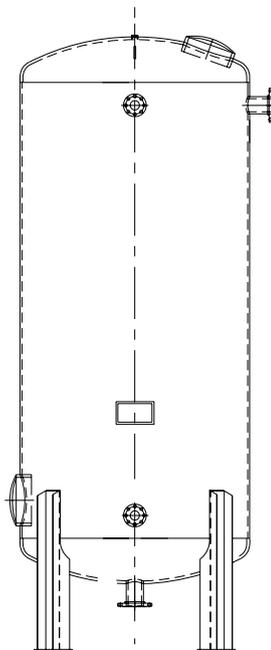


Figura 2.3 Recipiente Cilíndrico Vertical

### **2.1.2 Componentes**

Los recipientes a presión tienen como componentes principales al cuerpo, las cabezas, conexiones de servicio, elementos de soporte e izaje.

El código ASME especifica requerimientos geométricos para las cabezas, y parámetros para las conexiones y soportes, sin embargo el número de conexiones y el tipo de servicio que tiene cada una no los especifica, ya que eso va a depender del proceso que se realice en el fluido. Éstas están compuestas por varios accesorios mecánicos como tuberías, bridas, codos, couplings.

Principalmente existen conexiones de entrada y salida del fluido, para drenaje, conexiones para instrumentación y conexiones para las válvulas de seguridad o válvulas de alivio de presión. Otro elemento importante, es la entrada de hombre o entrada de inspección, la cual sirve para realizar mantenimiento e inspecciones, y puede haber varios en un solo recipiente dependiendo del diámetro y del proceso que realice.

Los soportes o sillas son otro elemento que está especificado en el código, y pueden ser construidos de distintas formas. Las sillas se utilizan para recipientes horizontales, mientras que los soportes de tubería o perfil se utilizan para los recipientes verticales.

Por último, están los accesorios de izaje que pueden ser orejas construidas de planchas de acero.

En la figura 2.4 se indican los principales componentes de un recipiente a presión.

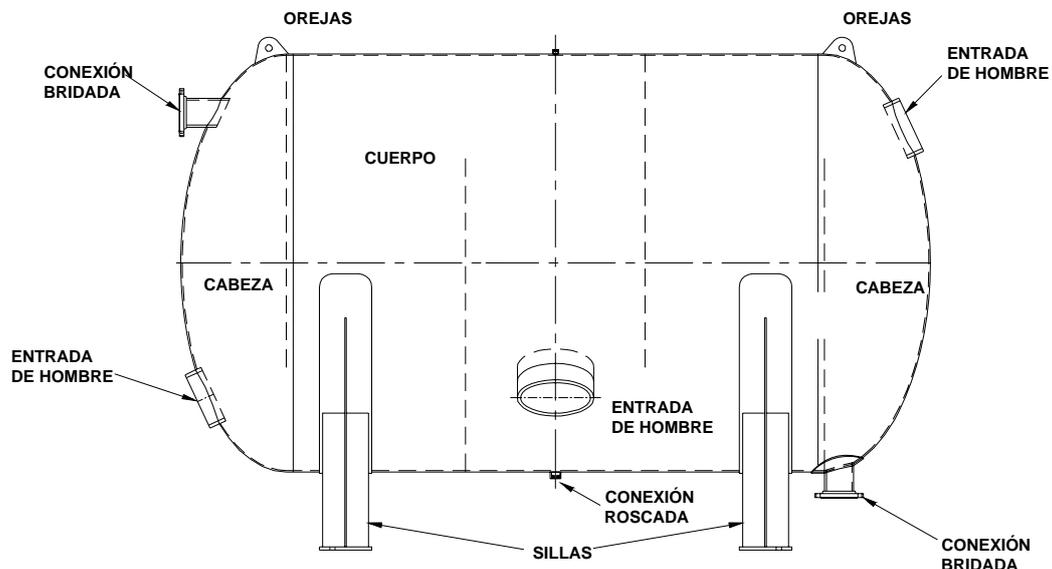


Figura 2.4 Recipiente Cilíndrico Horizontal

## 2.2 CÓDIGO ASME SECCIÓN VIII

### 2.2.1 Historia y organización

ASME International fue fundada en 1880 por un grupo de ingenieros mecánicos. Desde 1909 ASME estableció sus actividades de investigación en áreas como tablas de vapor, propiedades de gases, propiedades de metales, el efecto de temperatura en la resistencia de materiales, medidores de flujo, etc.

En el año de 1911 la “American Society of Mechanical Engineers” decidió conformar un comité para proponer la estandarización de la construcción de calderas y otros recipientes a presión para satisfacer las necesidades de seguridad y fiabilidad requeridas por las distintas aplicaciones en la industria.

Varios estándares y códigos se han incorporado a partir de 1915, año en que se publicó el primer código sobre Calderas y Recipientes a Presión ASME, los cuales se revisan periódicamente y se actualizan, según los nuevos procesos de fabricación y el descubrimiento de nuevos materiales.

Desde su concepción, ASME ha impulsado el desarrollo de los estándares tecnológicos. Hoy en día, ASME cuenta con 36 divisiones y 3 instituciones, entre las divisiones más antiguas que posee son: Aerospace, Fuels, Management, Materials, Power y Production Engineering. Actualmente, ASME es una sociedad internacional que se enfoca en educación técnica y programas de investigación, tiene 125.000 miembros y conduce una de las operaciones de publicaciones técnicas más grandes del mundo, dirige más de 30 conferencias y 200 cursos de desarrollo profesional cada año, además fija muchos de los estándares industriales.

Un estándar es un conjunto de definiciones técnicas e instrucciones para el diseño y construcción, lo cuales son escritos por expertos en el tema y su uso es voluntario.

Según la ASTM (American Standard for Testing and Materials)<sup>1</sup> “los estándares con el vehículo de comunicación entre el fabricante y el usuario. Sirven como lenguaje común, definiendo la calidad y estableciendo los criterios de seguridad, los costos son más bajos si los procedimientos son estandarizados.”

Un código es un estándar adoptado por una o más instituciones gubernamentales y tiene fuerza de ley, o cuando son incorporados dentro de un contrato y se actualizan cada tres años.

Existen otros componentes de los códigos y estándares los cuales se detallan a continuación:

*Adendas.*- Son revisiones a cada edición del código, aprobadas por el comité de calderas y recipientes a presión, que son publicadas cada año. Éstas revisiones

---

<sup>1</sup> La ASTM International es una de las organizaciones más grandes del mundo para el desarrollo voluntario de normas, una fuente confiable de normas técnicas para la fabricación de materiales, productos, sistemas, y servicios. [www.astm.org](http://www.astm.org)

se pueden aplicar desde el día de su publicación pero se convierten en obligatorias seis meses después de su publicación y son enviadas a cada poseedor de la edición vigente del código.

*Interpretaciones.*- son respuestas escritas por el ASME concernientes a preguntas realizadas por los usuarios sobre ciertas interpretaciones de aspectos técnicos. Las interpretaciones oficiales son publicadas dos veces al año en julio y diciembre y son enviadas a cada poseedor de la edición vigente.

*Casos Código.*- Son casos especiales los cuales ayudan a clarificar la intención de los requisitos existentes para materiales o procesos de fabricación que no están contemplados en el código vigente. Estas publicaciones se compran por separado al código.

Las secciones que conforman el código ASME para calderas y recipientes a presión son las siguientes:

Sección I	Reglas para la construcción de Calderas de Potencia.
Sección II	Especificaciones de Materiales.
Parte A	Materiales Ferrosos.
Parte B	Materiales No Ferrosos.
Parte C	Materiales de soldadura
Parte D	Tablas de propiedades
Sección III	Reglas para la Construcción de plantas nucleares
	NCA - Requisitos Generales para la División 1 y División 2.
	División 1:
Sub-Sección NB	Componentes de Clase 1.
Sub-Sección NC	Componentes de Clase 2.
Sub-Sección ND	Componentes de Clase 3.
Sub-Sección NE	Componentes de Clase MC.
Sub-Sección NF	Soportes de Componentes.

- Sub-Sección NG Estructuras de Soporte del Núcleo.
- Sub-Sección NH Componentes Clase 1 en Servicio a Temperaturas Elevadas.
- Apéndices.
- División 2:
  - Código para Recipientes Reactores de Concreto y Contenedores.
- División 3:
  - Sistemas de Contención y Empacado para Transporte de Combustible Nuclear Desgastado y Desechos con Alto Nivel de Radiactividad.
- Sección IV Reglas para la Construcción de Calderas Calefactoras.
- Sección V Ensayos No-destructivos.
- Sección VI Reglas Recomendadas para el Cuidado y Operación de Calderas Calefactoras.
- Sección VII Guía Recomendada para el Cuidado de Calderas de Potencia.
- Sección VIII Reglas para la Construcción de Recipientes a Presión.
  - División 1 Recipientes a Presión.
  - División 2 Reglas Alternativas.
  - División 3 Reglas Alternativas para la Construcción de Recipientes para Alta Presión.
- Sección IX Calificaciones de Soldadura y Soldadura por Brazing.
- Sección X Recipientes a Presión Plásticos Reforzados con Fibras.
- Sección XI Reglas para Inspección en Servicio de Componentes de Plantas de Potencia Nucleares.
- Sección XII Reglas para la construcción y servicio continuo de tanques para transporte.

Otros estándares y códigos ASME:

### **Estándares para válvulas, bridas y empaques**

ASME B16.5	Pipe Flanges and Flanges Fittings
ASME B16.11	Forged Fittings
ASME B16.20	Metalic Gaskets for pipe flanges
ASME B16.47	Large Diameter Steel Fittings

### **Estándares para pernos, tuercas y espárragos**

ASME B18.2.3 5 M	Metric Hex Bolts
ASME B18.2.3.10M	Square Head Bolts Metric Series
ASME B18.2.1	Square and Hex Bolts Inch Series
ASME B18.2.4	Metric Hex Nuts
ASME B18.2.2	Square and Hex Nut Inch Series

### **Estándares para dimensiones de tuberías**

ASME B36.10M	Welded and Seamless Steal Pipe
ASME B36.19M	Stainless Steel Pipe

En la sección VIII división 1, existen tres subsecciones (A, B, C) con distintas partes cada una, contiene tablas con importante información, apéndices obligatorios y apéndices no obligatorios.

Los apéndices obligatorios o mandatorios se encuentran numerados del 1 al 31 con excepción del 5 y del 15 que han sido eliminados, estos apéndices hacen referencia a diferentes procedimientos que frecuentemente se mencionan en el cuerpo del código. Los apéndices no mandatorios, en cambio llevan letras para su identificación, son 20 y son los siguientes: A, C, D, E, F, G, H, K, L, M, P, R, S, T, W, Y, AA, CC, DD, EE, estos en cambio proporcionan información y

procedimientos recomendados que no son esenciales, pero que pueden ser útiles para los usuarios del Código. Algunos de ellos son casi obligatorios, sobre todo si algún inspector insiste en su empleo.

A continuación se detalla la organización y el contenido de la sección VIII división 1:

<b>Sub-sección A</b>	<b>Requerimientos Generales</b>
Parte UG	Requerimientos Generales para todos los Métodos de Construcción y todos los Materiales
<b>Sub-sección B</b>	<b>Requerimientos Pertencientes a los Métodos de Fabricación de Recipientes a Presión</b>
Parte UW	Requerimientos para Recipientes a Presión Fabricados por Soldadura
Parte UF	Requerimientos para Recipientes a Presión Fabricados por Forja
Parte UB	Requerimientos para Recipientes a Presión Fabricados por "Brazing" o soldadura fuerte
<b>Sub-sección C</b>	<b>Requerimientos Pertencientes a las Clases de Materiales</b>
Parte UCS	Requerimientos para Recipientes a Presión Construidos con Acero al Carbón y de Baja Aleación.
Parte UNF	Requerimientos para Recipientes a Presión Construidos con Materiales No-Ferrosos
Parte UHA	Requerimientos para Recipientes a Presión Construidos con Acero de Alta Aleación.
Parte UCI	Requerimientos para Recipientes a Presión Construidos con Hierro Fundido

Parte UCL	Requerimientos para Recipientes a Presión Construidos con Materiales con cubierta anticorrosiva
Parte UCD	Requerimientos para Recipientes a Presión Construidos con Hierro Fundido Dúctil
Parte UHT	Requerimientos para Recipientes a Presión Tratados Térmicamente
Parte ULW	Requerimientos para Recipientes a Presión Construidos por Capas
Parte ULT	Requerimientos para Recipientes a Presión Construidos con Materiales para Baja Temperatura

A continuación se detallan los Apéndices considerados más importantes y a quienes se recurre con frecuencia.

El Apéndice 1 proporciona tablas y fórmulas suplementarias que extienden la información dada en la parte UG del Código. Incluye fórmulas para el espesor de cuerpos cilíndricos y esféricos que se encuentran más allá de los límites superiores de espesor de las fórmulas de párrafos UG-27. También proporciona datos necesarios para el cálculo de cabezas elipsoidales y toriesféricas que no tengan las proporciones estándar supuestas por las fórmulas que aparecen en UG-32. Igualmente se incluyen secciones de reductores, cabezas cónicas con diversos ángulos de ápice, aberturas grandes en cuerpos cilíndricos y reglas para refuerzos en las uniones cono-cilindro expuestas a presión externa.

El Apéndice 2 se refiere a las reglas utilizadas en conexiones bridadas con diferentes tipos de empaques, además se puede encontrar las cargas que se presentan en los pernos y el diseño completo de bridas en el cual se incluye el cálculo de esfuerzos.

Como ya se mencionó, el alcance de este proyecto es el estudio de la sección VIII división 1 del código de calderas y recipientes a presión sin fuego directo,

que estén fabricados por soldadura, por lo que se dará más énfasis a la parte UW.

### **2.2.2 Alcance de la Sección VIII División 1**

En la Sección VIII División 1, todos los recipientes que cumplan con todos los requerimientos podrán tener estampe U a excepción de los siguientes tipos de recipientes:

- Aquellos que se encuentre en el alcance de cualquier otra sección.
- Calderas pirotubulares
- Recipientes que formen parte integral o que sean componentes de equipos mecánicos rotativos o reciprocantes, en los cuales las consideraciones principales de diseño estén basadas en los equipos más no en los recipientes.
- Recipientes que contengan agua bajo presión, que utilicen aire como elemento originador de presión y que no excedan de:
  - Una presión de diseño de 300 psi (2070 kPa)
  - Una temperatura de diseño de 210°F (99°C)
- Tanques de almacenamiento de suministro de agua caliente, calentados por medios indirectos y que no excedan de:
  - 200 000 BTU/h (58.6 kW) [ Calor de entrada ]
  - 210°F (99°C) [ Temperatura del Agua ]
  - 120 Gal. [ Contenido nominal de Agua ]
- Recipientes con una presión de operación interna o externa que no sobrepasen 15 psi (103 kPa), sin limitación de tamaño.
- Recipientes con un diámetro interior, altura, ancho o una sección transversal diagonal menor que 6".

Recipientes que excedan una Presión de Diseño mayor a 3 000 psi. Sin embargo los recipientes cuya presión de diseño sobrepase el valor indicado si pueden ser construidos de acuerdo a la División 1, pero con ciertas consideraciones adicionales en el diseño.

En relación a la geometría de los recipientes, esta división tiene el siguiente alcance:

- Hasta el borde a soldar de la primera junta circunferencial para conexiones soldadas.
- Hasta la primera junta roscada para conexiones roscadas.
- Hasta la cara de la brida de las conexiones bridadas.
- Hasta la tapa de entradas de hombre y aberturas de inspección.
- Hasta el primer sello de ajuste de la instrumentación.
- Incluye las partes a no presión soldadas directamente en las superficies que soportan presión.

### **2.2.3 Responsables de la Sección**

En el proceso de la construcción de equipos mecánicos existen varios actores que participan e interactúan entre sí. Dentro de la Sección VIII división 1 se mencionan las responsabilidades del *usuario*, del *fabricante* y del *inspector*.

El usuario debe proporcionar todas las condiciones de diseño del recipiente, tomando en cuenta la corrosión admisible, el tipo de fluido, tratamiento térmicos post-soldadura y las conexiones necesarias para su buen funcionamiento. El usuario puede designar a un agente o empresa que se encargue de diseñar el proceso y defina estas condiciones de diseño.

El fabricante es responsable de cumplir con todos los requerimientos del código, incluyendo los trabajos realizados por terceros y debe tener disponibles los cálculos de ingeniería para su revisión.

Algunos trabajos como el formado, ensayos no destructivos y tratamientos térmicos pueden ser realizados por otros, sin embargo es responsabilidad del fabricante que cumplan con los requerimientos de esta División.

El inspector autorizado es responsable de todas las inspecciones establecidas en esta sección, de monitorear el sistema de control de calidad y de las pruebas realizadas por el fabricante. De ser necesario, realizar otras inspecciones a su juicio. También debe verificar que los cálculos aplicables estén realizados y debidamente archivados y cualquier inquietud que tenga el inspector debe ser resuelta.

#### **2.2.4 Métodos de Fabricación**

Los métodos de fabricación de recipientes de presión están contemplados en la Sub-Sección B de la Sección VIII División 1 del Código, con las siguientes partes:

UW—Recipientes soldados.

UF—Recipientes forjados.

UB—Recipientes con “brazing” o soldadura fuerte.

La fabricación de recipientes a presión se la realiza en su mayoría con soldadura. Los recipientes forjados se usan para presiones elevadas, donde el espesor del cuerpo se hace demasiado grande para la construcción de láminas soldadas. El “brazing” o soldadura fuerte se utiliza principalmente para recipientes pequeños que se producen en grandes cantidades; este tipo de soldadura Brazing es un proceso en el que dos metales se unen con el uso de calor y un material de aporte que se funde a una temperatura por encima de los

427°C (800°F) pero por debajo del punto de fusión de los metales bases a ser soldados.

Los requisitos de soldadura en los recipientes soldados están definidos en la sección IX del código ASME de Calderas y Recipientes a Presión. Incluye también los requisitos para certificar los procesos de soldadura, así como los requisitos para los soldadores.

### **2.2.5 Requisitos y tipos de servicio**

*Servicio letal.*- Los recipientes a presión pueden utilizarse para contener sustancias letales, definiendo como letal, a aquellas sustancias líquidas o gaseosas que en pequeñas cantidades mezclados o no con el aire, pueden ocasionar daños permanentes al ser inhaladas.

*Servicio criogénico.*- Para aceros al carbono, el servicio criogénico se puede considerar cuando se trabaja a temperaturas menores a -55°F(-48°C). En estos casos se toma en cuenta requisitos especiales en los materiales, como la prueba de impacto y tratamientos térmicos, debido al aumento de su fragilidad a bajas temperaturas.

*Recipientes para a altas temperaturas.*- Los recipientes que trabajan por sobre las temperaturas permisibles de los materiales de la sección II del código ASME, pueden debilitarse y disminuir sus características mecánicas como su punto de fluencia y ruptura. La exposición prolongada a temperaturas altas puede hacer que el metal se deteriore y se haga frágil.

### **2.2.6 Requisitos generales de diseño**

Los requisitos del generales para todos los métodos de construcción y todos los materiales se encuentran en la Sub-Sección A de la Sección VIII de la división 1 del código. Esta sub-sección incluye reglas sobre los materiales, el espesor de

los recipientes, el refuerzo de las aberturas, la inspección y las pruebas y los dispositivos de alivio de presión.

La mayoría de recipientes a presión están sometidos a presión interna, sin embargo cuando el proceso implica un vacío dentro del recipiente, estos se consideran como presión externa, y en ciertos casos requieren de anillos de refuerzo. Los procedimientos de diseño para la presión externa se dan en los párrafos UG-28, 29, 30 y 33 del Código.

Como hablamos anteriormente, el cuerpo de los recipientes, pueden ser esféricos o cilíndricos, y los cuerpos cilíndricos pueden contener secciones cónicas. El código tiene recomendaciones sobre estas transiciones entre partes cilíndricas o con las cabezas. Para cuerpos cilíndricos se puede utilizar tubería sin costura; en ese caso el cálculo de espesores requeridos está especificado por el párrafo UG-27 para presión interna y UG-28 para presión externa.

Para las cabezas se pueden utilizar de varios tipos ya sean soldados o empernados, con distintas geometrías. Estas especificaciones están incluidas en el Apéndice Mandatorio 1, sobre Fórmulas Suplementarias de Diseño. Se habla principalmente de tres tipos de cabezas formadas, las cuales pueden tener forma hemisférica, elipsoidal o toriesférica. También se incluye la cabeza toricónica y la sección cónica, dependiendo de los requerimientos del proceso. Para el cálculo de espesores de las cabezas formadas los requisitos se encuentran en los párrafos UG-32 para presión interna sobre el lado cóncavo y UG-33 para la presión sobre el lado convexo, es decir, presión externa.

Para determinar la temperatura de diseño máxima, se establece la temperatura máxima a la cual el equipo puede llegar en operación. Una buena práctica, es la de aumentar 25°F a la máxima temperatura de operación para determinar la temperatura de diseño.

La temperatura mínima utilizada en el diseño, es la temperatura mínima esperada en servicio excepto, cuando se permite una temperatura menor según las especificaciones de la división 1 UCS-66 y UCS-160. En este caso, se determina la MDMT (Minimum Design Metal Temperature) o temperatura mínima de diseño del metal, según el código, y se determina si es necesario la prueba de impacto al material en bajas temperaturas.

Para determinar la presión de diseño, se toma en cuenta la máxima presión esperada en la condición más severa en servicio. El código recomienda aumentar un margen sobre esta presión, y es una práctica común aumentar el mayor valor entre 30 psi y 10% de esta presión. La máxima presión permisible de trabajo se la calcula en la sección más débil del recipiente, a la temperatura máxima de diseño y en condiciones corroídas.

Otro concepto importante, es el del valor del esfuerzo máximo permisible, el cual es un valor máximo permitido del esfuerzo a tensión del material dado, para realizar los cálculos para el diseño de recipientes bajo este código. Los valores del esfuerzo máximo permisible están dados por la subparte 1 de la Sección II, parte D, del código ASME de Calderas y Recipientes a presión.

Dependiendo del servicio al que esté expuesto el recipiente, puede existir corrosión interna debido al fluido. El gradiente de corrosión debe ser indicado por el usuario o la persona designada, y se tomará en cuenta para que todas las partes del recipiente que puedan estar expuestas a dicha corrosión tengan un sobre espesor y así diseñar el equipo para una determinada vida útil. Todos los recipientes expuestos a corrosión deben tener un drenaje en el punto más bajo del recipiente como se indica en el párrafo UG-25.

Todos los recipientes a presión tienen aberturas en el cuerpo y cabezas para la conexión de elementos que tienen distintos propósitos, ya sea para la entrada y

salida de fluidos, para instrumentos de medición, para inspección o mantenimiento.

A causa de las aberturas en las paredes del recipiente, éste pierde la capacidad de soportar los esfuerzos generados por la presión en la zona en la que se retira parte del material, por lo que comúnmente se requiere un refuerzo alrededor de las aberturas. Esto ocurre cuando hay conexiones de tobera para tuberías o aberturas tapadas para inspección y acceso. Puesto que los cuerpos de los recipientes a presión se diseñan por lo común para esfuerzos que se acercan al máximo permitido por el Código, es necesario compensar el efecto debilitador de las aberturas. El Código especifica que las aberturas con un diámetro no mayor a 2 3/8" y espesor mínimo requerido de 3/8" o menor; y aquellas que tengan un diámetro no mayor a 3 1/2" y espesor mínimo requerido mayor a 3/8 no necesitan un refuerzo. Sin embargo, si no cumplen con estas especificaciones se puede eliminar el refuerzo incrementando espesores de lámina o conexión o a su vez aumentando la altura de la soldadura. Los detalles se pueden encontrar en los párrafos UG-36 a 42 del Código.

La forma y el tamaño de las aberturas no está limitado por el código, sin embargo, se deben cumplir con ciertos requisitos y tomar en cuenta recomendaciones para aberturas de ciertas formas y determinados tamaños. En el párrafo UG-36 se especifica ciertos tamaños de las aberturas y el resto en el Apéndice 1-7.

Existen configuraciones recomendadas para las aberturas y la disposición de la soldadura en juntas con refuerzo y sin refuerzo, en las cuales se basará la aplicación computacional a desarrollada.

Para las conexiones de las bocas a tuberías de proceso, el código recomienda ciertos métodos para añadir los cuellos a la pared del recipiente como se establece en el párrafo UG-43 y se pueden utilizar accesorios roscados o bridas.

Los estándares aceptados por el código para bridas y accesorios son las establecidas por la ASME/ANSI como se establece en la parte UG-11 del código. La geometría, dimensiones y espesores de cada uno de estos elementos que se relacionan con este proyecto, están especificados en los siguientes estándares:

ASME/ANSI 16.5 Bridas y accesorios de tuberías.

ASME/ANSI 16.9 Accesorios prefabricados soldados a tope.

ASME/ANSI 16.11 Accesorios forjados embonados y roscados.

ASME/ANSI 16.47 Bridas de diámetro largo.

EL código especifica las tolerancias de formado para las secciones del cuerpo y las cabezas. En el párrafo UG-80, se indica la tolerancia de fuera de redondez permitida para presión interna y externa. Para la construcción de las cabezas formadas, se indica en el párrafo UG-81, que la desviación de la forma hacia afuera no puede exceder en 1.25% del diámetro interior y de la forma hacia adentro del recipiente no puede ser mayor a 0.625% del diámetro interior. De igual forma determina la tolerancia para las cabezas hemisféricas y porciones esféricas del recipiente.

Las conexiones bridadas tienen ciertos procedimientos de diseño a seguir, tal como lo indica el Apéndice 2 del código, en donde se define los tipos de bridas y de juntas que son recomendables usar. Presenta procedimientos y curvas para el cálculo de esfuerzos, momentos y cargas en las bridas. Habla también sobre las cargas en los pernos y la utilización de los empaques.

Cuando se manejan altas presiones, la seguridad es mandatorio en el código, por lo que es necesario que todos los recipientes a presión tengan dispositivos de alivio de seguridad, los cuales pueden ser válvulas o discos de ruptura. Estos dispositivos deben ser calibrados a la máxima presión de operación con un margen de sobre presión que no rebase la presión de diseño y por lo general

están ensamblados directamente sobre el recipiente o mediante un cuello de tubería con un diámetro igual al de la entrada de la dispositivo. Todas las especificaciones y requisitos están descritas en los párrafos del UG-125 al UG-137.

## **2.3 OTRAS NORMAS DE APLICACIÓN**

### **2.3.1 Códigos estructurales adicionales**

El Código de Recipientes a Presión y Calderas, no es un manual de ingeniería, sino, una norma que contiene requisitos mínimos para que los recipientes a presión mantengan un nivel de seguridad adecuado para las personas, infraestructura y medio ambiente. Por esta razón, existen ciertos elementos adicionales a los recipientes que dejan a criterio del equipo de diseño y del fabricante.

Existen otras asociaciones e institutos que elaboran estándares y códigos lo cuales contienen información para el diseño y construcción de los elementos que no se encuentran dentro del alcance del la sección VIII división 1 del código ASME. A continuación mencionaremos a aquellos que más comúnmente se aplican:

ASTM (American Society Testing of Materials). Esta norma es la base para la selección de los materiales aceptados en la Sección II del Código ASME.

AISC (American Institute of Steel Construction)<sup>2</sup>. Es una de las normas más utilizadas en el diseño de recipientes a presión y en general de muchos equipos, esta norma contiene ecuaciones y diseños prácticos para acero estructural. Se recomienda su uso en cálculos de edificios, puentes o en cualquier estructura de acero tales como soportes, sistemas de rigidización etc.

---

<sup>2</sup> AISC, fundada en 1921, esta organización se encarga de elaborar procedimientos, códigos y estándares con recomendaciones para las construcciones en acero. [www.aisc.org](http://www.aisc.org)

ANSI (American National Standards Institute)<sup>3</sup>. Clasifica la aplicación del sistema de tuberías, bridas, pernos, roscas, válvulas. En la norma ANSI B16.5 y B16.47 se encuentran las especificaciones dimensionales y las presiones a las cuales pueden ser sometidas las bridas. El código permite que se utilicen este tipo de bridas hasta sus presiones y temperaturas nominales, sin necesidad de calcular sus esfuerzos.

Existen además otras normas que complementan el diseño de recipientes a presión y que se enlistan adelante:

Para Recipientes a Presión:

- BSI (British Standards Institution)
- CSA (Canadian Standards Association)

Para Tuberías:

- ASME B31.1.- Tubería de Potencia,
- ASME B31.3.- Tubería de proceso,
- ASME B31.4.- Sistema de transporte de hidrocarburos y otros líquidos,
- ASME B31.5.- Tubería para refrigeración,
- ASME B31.8.- Sistemas de transporte y distribución de gas.

Para Soldadura:

- AWS (American Welding Society) D1.1. Esta norma proporciona información fundamental de soldadura, diseño de juntas, calificación, pruebas e inspección y también una guía de la aplicación y uso de la soldadura, en estructuras de acero.

Accesorios y Válvulas:

- ANSI (American National Standards Institute)

---

<sup>3</sup> ANSI, es una organización sin ánimo de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos. [www.ansi.org](http://www.ansi.org)

### **2.3.2 Estándares y normas de dibujo**

Existen estándares y normas que establecen cierta simbología, procedimientos y prácticas en la elaboración de planos para dar uniformidad en la interpretación técnica de los diseños. Por esta razón, los organismos encargados de cada país ha publicado ciertos documentos que se pueden usar como referencia. A continuación se explican los más relevantes:

INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización)<sup>4</sup>.- Código de Dibujo Técnico-Mecánico CPE 03:0000. Esta norma contiene recomendaciones técnicas basadas en varios estándares internacionales para la presentación de planos de ingeniería mecánica.

ASME - Y14.5M. Dimensionamiento y Tolerancias del dibujo en ingeniería. Este estándar incluye prácticas uniformes para presentar e interpretar el dimensionamiento, tolerancias y requerimientos relacionados con el uso de dibujos de ingeniería y documentos relacionados.

ASME -Y14.41. Información y definiciones para productos digitales. Este estándar establece requisitos y documentos referenciales para la preparación y revisión de la información y definiciones de productos en formato digital, es decir, que estén dibujados bajo algún tipo aplicación CAD o software de dibujo técnico.

ASME Y14.100. Prácticas de Dibujo en Ingeniería. Este estándar establece los requerimientos esenciales y los documentos de referencia aplicables para la preparación y revisión de dibujos de ingeniería y listas asociadas.

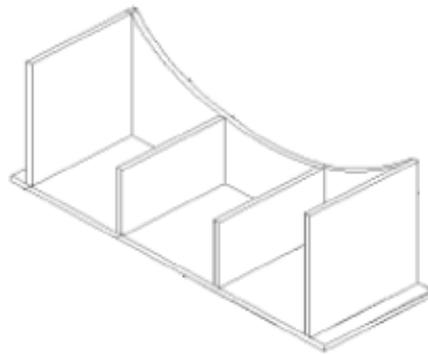
---

<sup>4</sup> INEN, es la institución encargada de Formular las Normas Técnicas Ecuatorianas para definir las características de materias primas, productos intermedios y productos terminados que se comercialicen en el Ecuador, así como, los métodos de ensayo, inspección, análisis, medida, clasificación y denominación de aquellos materiales o productos. [www.inen.gov.ec/](http://www.inen.gov.ec/)

### 2.3.3 Diseño de soportes

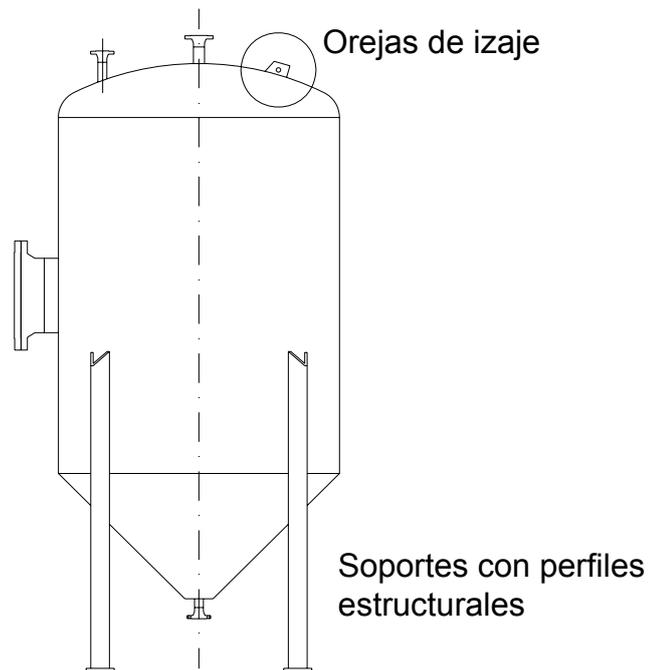
Existen varios tipos de soportes de acuerdo a la orientación del recipiente y de su forma. Estos elementos, a pesar de no estar sometido a presión, son cruciales para mantener la vida útil deseada y una seguridad integral para el proceso y operadores.

El método de diseño de los soportes para recipientes horizontales fue desarrollado por L.P. Zick en 1951, que consiste en analizar los esfuerzos en el recipiente y en los soportes, cuando este es soportado por dos sillas (Figura 2.5)



**Figura 2.5 Sillas para Recipientes Horizontales**

Para los recipientes verticales se utilizan perfiles o tubería para mantener en pie al recipiente. Estos soportes denominados patas pueden tener varias configuraciones. (Figura 2.6)



**Figura 2.6 Soportes para Recipientes Verticales**

### **2.3.4 Elementos de izaje**

Para poder transportar los equipos, existen elementos adicionales que son parte del los recipientes. Estos elementos por lo general son las orejas de izaje, las cuales se diseñan a criterio del ingeniero diseñador. El código no tiene restricciones en cuanto a estos elementos, sin embargo, existen algunas recomendaciones para su diseño que son utilizadas de forma regular. (Figura 2.6)

### 3 SISTEMAS CAD (COMPUTER AIDED DESIGN)

#### 3.1 HISTORIA DEL DIBUJO EN LA INGENIERÍA

Desde hace miles de años el dibujo ha sido una herramienta fundamental dentro de la comunicación del ser humano. Se fue desarrollando a medida que la necesidad de transmitir ideas cada vez más precisas iba aumentando. El dibujo se convirtió en un lenguaje universal por lo que a principio de la edad cristiana, los arquitectos romanos ya habían desarrollado la habilidad de dibujar propuestas para edificaciones. Gracias al estudio de la geometría y las matemáticas, se podían hacer los primeros planos de elevaciones y vistas de planta con cierta precisión.

En el siglo XV, Leonardo Da Vinci, por su formación de pintor, plasmó la idea de ilustración en perspectiva para presentar la forma de los ensambles de ciertos mecanismos. En los siglos siguientes, con la utilización del papel, los dibujos de fortalezas, armas y mecanismos, desaparecieron fácilmente debido a la fragilidad del material, por lo que no se tiene pruebas claras sobre los dibujos de ingeniería entre los siglos XVI y XVIII.

El diseño de la ingeniería siempre ha utilizado el dibujo como una forma de comunicar ideas entre los integrantes del equipo de diseño, sean estos, los ingenieros diseñadores, los ingenieros técnicos o los dibujantes. Todos estos, se comunican bajo un mismo idioma, el dibujo de ingeniería. Por esto, el ingeniero diseñador, debe tener la capacidad de realizar bosquejos para que el dibujante represente toda información en dibujos y planos. Y el ingeniero técnico, debe tener la capacidad de interpretar de forma correcta dicha información. Debido a la interactividad del equipo de diseño, es muy importante que se sigan normas y reglas que hagan el trabajo más eficaz.

Existen varias organizaciones a nivel mundial que han establecido ciertas normas y estándares, para homogeneizar el dibujo en la ingeniería. Las

principales y más influyentes en nuestro medio, son los estándares de la ANSI (American National Standards Institute) y de la ISO (International Standards Institute)<sup>5</sup>. El INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización), ha establecido un código técnico de Dibujo Técnico-Mecánico, que recopila recomendaciones de documentos utilizados internacionalmente. Sin embargo, es una guía básica para los dibujantes e ingenieros, sin detallar mucho los procedimientos, sobre todo del dibujo asistido por computadora.

A partir del desarrollo de las computadoras, la forma de llevar la información revolucionó los procesos de diseño dentro de la ingeniería. Las computadoras son capaces de entender bien los números, y nos ayudan a comprobar las cifras de manera rápida y precisa, evitando errores ocasionados por fallas involuntarias de los operadores.

### **3.2 SISTEMAS DE DIBUJO ASISTIDO POR COMPUTADORA**

El dibujo asistido por computadora se ha convertido en la principal herramienta de la ingeniería, ya que permite una comunicación ágil en todos los aspectos del proceso de construcción, desde la planificación, hasta la documentación del producto u obra final. Se los puede conocer de distintas formas, la más conocida es el CAD por sus siglas en inglés, de Computer-Aided Design. Sin embargo en un principio estas siglas nacieron de lo que se conocía como Computer-Aided o Computer-Assisted Drafting, refiriéndose sólo a la acción del dibujo en sí, pero con el desarrollo de nuevas tecnologías se ha logrado que las herramientas CAD no se limiten sólo al proceso de dibujo, sino a todo el proceso de diseño. Otra forma con la que se le conoció fue CADD que se traducía como Computer-Aided Drafting and Design, que no tomó mucha fuerza.

---

<sup>5</sup> ISO, es el organismo encargado de promover el desarrollo de normas internacionales de fabricación, comercio y comunicación para todas las ramas industriales a excepción de la eléctrica y la electrónica. Su función principal es la de buscar la estandarización de normas de productos y seguridad para las empresas u organizaciones a nivel internacional. [www.iso.org](http://www.iso.org)

Poco a poco fueron desarrollados programas completos de manufactura que se los conoce como CAM (Computer-Aided Manufacturing) y los paquetes de ingeniería conocidos como CAE (Computer-Aided Engineering).

En los años 60's, la industria automotriz y aeronáutica desarrolló los primeros sistemas computarizados de curvas polinomiales para el modelaje de superficies en 3D, y esto dio paso a la creación del SKETCHPAD en el MIT en el año 1963. Posterior a esto nacen las primeras aplicaciones CAD a nivel comercial, entre ellos los de mayor influencia como el ADAM (Automated Drafting and Machining), el UNIGRAPHICS (Mc Donald Douglas), el CADDs (Computervision) y el Calma. Otras de las aplicaciones importantes que se crean entre los años 60's y 70's son la de Intergraph, de IBM, y MicroStation de Bentley Systems en 1984.

En 1982 se funda Autodesk por John Walker dando origen al sistema 2D de AutoCAD, y en 1995 la empresa SolidWorks Corporation saca al mercado su primer producto Solidworks 95, como un competidor de rango media a los conocidos Pro/ENGINEER, Unigraphics y CATIA, pero la empresa francesa Dassault Systèmes S.A. dueña de CATIA compró el 100% de sus acciones en 1997.

Hoy en día se manejan muchos paquetes informáticos para el dibujo en la ingeniería, sin embargo, en el Ecuador son pocas las empresas que tienen software especializado debido a sus costos. Los sistemas más comerciales en el Ecuador son los programas de Autodesk, AutoCAD e Inventor y Solidworks con sus diversos módulos CAE como Cosmosworks, Cosmosflow, SolidCAM. Hay pocas empresas que utilizan paquetes como el CATIA o Micro Station.

A pesar de la gran diversidad de programas, todos los sistemas CAD funcionan bajo el mismo principio: almacenan las coordenadas de la posición de cada punto en el espacio creando una base de datos que representa un objeto.

También permiten almacenar texto para complementar toda la información requerida en el plano.

### **3.3 SISTEMAS CAD ESPECIALIZADOS**

Los sistemas CAD son una herramienta para todas las áreas de la ingeniería, como la ingeniería mecánica, civil, eléctrica y electrónica, arquitectura y cualquier área que esté relacionada con la construcción. En el diseño de la ingeniería mecánica, existen varias áreas de especialización como la de equipos industriales y recipientes a presión, y es por eso que las empresas requieren de sistemas CAD que automaticen los procesos de dibujo de equipos y accesorios que ya están estandarizados en el mercado. Una solución a este problema es tener creada una librería de elementos previamente dibujados con las dimensiones estándar que se encuentran en el mercado. Sin embargo, en muchos casos esto puede tener ciertas consecuencias como el uso de espacio en memoria o el que se pueda manipular dichos archivos de las librerías alterando el contenido de los mismos.

De la misma forma, cuando se realizan dibujos de ingeniería suelen haber tareas repetitivas que se pueden optimizar con rutina de programación. Los sistemas CAD suelen una interfaz de programación de aplicaciones o API (Application Programming Interface), lo cuál contiene una serie de funciones, procedimientos y métodos que ofrece una cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una aplicación adicional. A través de esta interfaz se puede escribir rutinas de programación para crear ciertos objetos y realizar determinadas acciones que para un dibujante podría ser un trabajo arduo y cansado.

En el Ecuador el software AutoCAD es el más utilizado y comercial por ser un programa fácil de utilizar y por poseer un formato compatible con muchos otros sistemas CAD. Cuando se realizan proyectos de ingeniería, muchas veces se distribuyen el trabajo entre varias empresas, según la disciplina, por lo que deben compartir la información en un formato único. La mayoría de empresas

ecuatorianas maneja AutoCAD como su único sistema CAD. Es por esta razón que para el desarrollo de este proyecto, se ha escogido la plataforma de AutoCAD 2007 como base para automatizar los dibujos de los recipientes a presión.

AutoCAD 2007 tiene varias interfases de programación, entre ellas están ActiveX<sup>®</sup> Automation, VBA (Visual Basic<sup>®</sup> for Applications), AutoLISP<sup>®</sup>, Visual LISP<sup>™</sup>, ObjectARX<sup>™</sup>, y .NET. El tipo de interfase que se puede utilizar depende de las necesidades de la aplicación y de la experiencia en programación. En el capítulo 6 se hablará detalladamente de las ventajas y diferencias de estas interfaces.

Una interfaz de programación básicamente permite generar códigos con instrucciones precisas, las cuales se ejecutan de manera inmediata y permiten el ahorro de tiempo en procesos largos y monótonos. Como en todo lenguaje de programación se pueden tener ciertos datos de entrada los cuales pueden ser parámetros para variar la forma del dibujo. Los datos se los puede ingresar por medio de ventanas o a través de la línea de comandos de AutoCAD.

En el mercado se han desarrollado varias aplicaciones especializadas en equipos mecánicos y recipientes a presión. Algunos poseen opciones gráficas propias y otras están desarrolladas en un sistema CAD como el AutoCAD. A continuación se detalla algunos de los más conocidos programas de diseño de recipientes a presión.

### **3.3.1 *Compress de CODEWARE***

El programa Compress es una herramienta para el diseño y análisis de recipientes a presión basados en la sección VIII del código ASME de calderas y recipientes a presión desarrollado por la compañía CODEWARE. Este software está diseñado para Microsoft Windows únicamente, y su versión estándar contempla la división 1 de dicha sección y como complemento ofrece la división

2, ciertas funcionalidades para intercambiadores de calor, exportación de archivos a .dwg y la creación de tablas Excel para estimación de costos y ofrece soporte y servicio de actualizaciones de forma anual.

Compress es un sistema con una interfaz gráfica propia, la cual permite al usuario crear modelos de recipientes en 3D, calculando y almacenando datos de diseño como materiales, eficiencia de la soldadura, espesores, clases de bridas, entre otros. Permite generar planos a partir del modelo en 3D e información complementaria como el listado de materiales, listado de conexiones, información de diseño, y detalles de aberturas.

La licencia tiene un costo de 6000 USD más 1300 USD anuales por servicios de actualizaciones y soporte técnico.<sup>6</sup>

### **3.3.2 Vessel Drafting CODEWARE**

Vessel Drafting comprende una extensión del AutoCAD con menús y opciones adicionales programadas en lenguaje AutoLISP para dibujar de forma automática objetos y elementos de recipientes en 2D, es decir, vistas, cortes, símbolos, etc. Se puede personalizar los detalles modificando el código fuente de AutoLISP. Utiliza simbología usada por la industria de procesos.

Este programa es un complemento del Compress y tiene un costo de 3000 USD más 600 USD anuales por servicios de actualizaciones y soporte técnico.<sup>7</sup>

### **3.3.3 PVElite de COADE**

Este es un programa con características similares al Compress. Está desarrollado por la empresa COADE, y contiene interfaz gráfica en 3D y 2D simultáneamente. Este programa permite realizar el diseño y análisis de

---

<sup>6</sup> Información obtenida de <http://www.codeware.com/> al 15 de mayo del 2008

<sup>7</sup> Información obtenida de <http://www.codeware.com/> al 15 de mayo del 2008

recipientes e intercambiadores de calor. El diseño se lo puede realizar bajo los códigos: European Norm (EN) 13445 para recipientes a presión sin fuego, el código ASME sección VIII división 1 y 2; y el British Standard PD 5500 para recipientes a presión sin fuego y soldados.

De igual forma obedece códigos y estándares sobre bridas, componentes de tuberías basados en el código ASME B31.3, elementos estructurales con detalles de los estándares nacionales de Australia, Alemania, India, Japón, Corea, Estados Unidos, Reino Unido.

Este programa no permite generar planos de ingeniería directamente sino que debe apoyarse en otros programas complementarios como CADWorx Equipment, el cual permite dibujar equipos de forma parametrizada en la plataforma de AutoCAD.

La licencia tiene un costo de 6500 USD más 1300 USD anuales por mantenimiento, actualización y soporte técnico.<sup>8</sup>

### **3.3.4 CADWorx (Equipment) de COADE**

CADWorx es un programa que permite realizar los dibujos en 3D de plantas industriales, incluyendo sistemas de tuberías, equipos de procesos, estructuras metálicas y permite generar planos con listado de materiales, P&ID's, La licencia de este software es de 4500 USD mas 800 USD anuales

CADWorx Equipment es un módulo complementario que permite dibujar equipos de forma estándar tales como recipientes, intercambiadores de calor, tanques, bombas, etc; simplemente ingresando ciertos parámetros. Este módulo tiene un costo de 3000 USD más 500 USD anuales por mantenimiento, actualizaciones y soporte.<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> Información obtenida de <http://www.coade.com/> al 15 de mayo del 2008

<sup>9</sup> Información obtenida de <http://www.coade.com/> al 15 de mayo del 2008

### **3.3.5 *Advanced Pressure Vessel de Computer Engineering Inc.***

Este programa es uno más de los cuales nos permiten diseñar recipientes a presión, pero sólo se basa en el código ASME sección VIII. Posee una interfaz gráfica propia y permite exportar los dibujos en 2D a archivos .dxf para su modificación. El precio de la licencia es de 2195 USD

Posee una serie de módulos adicionales que complementan el diseño de torres, patas y soportes para recipientes verticales y sillas para recipientes horizontales. Estos tres módulos adicionales tienen un costo de 2785 USD.<sup>10</sup>

En el capítulo 8, se realiza un estudio comparativo de costos con mayor profundidad. Tabla 8.1

---

<sup>10</sup> Información obtenida de <http://www.computereng.com/> al 15 de mayo del 2008

## 4 DISEÑO DE RECIPIENTES A PRESIÓN

### 4.1 REQUISITOS GEOMÉTRICOS

A través de los años los fabricantes de recipientes han definido ciertas formas y procedimientos de construcción que son los más fáciles y seguros para su aplicación. Por esto la sección VIII del código de calderas y recipientes a presión establece ciertos requisitos y parámetros en cuanto a la forma de los recipientes.

#### 4.1.1 *Cuerpo*

Como ya se habló en el capítulo 2, el cuerpo de los recipientes puede ser esférico o cilíndrico dependiendo de la aplicación. El código no restringe la forma del cuerpo, sin embargo, establece ciertas tolerancias de redondez y de forma para estos elementos. El párrafo UG-80 del código, indica la el porcentaje de fuera de redondez que está permitido.

Según UG-80(a) par presión interna el cuerpo debe ser sustancialmente redondo. La diferencia entre los diámetros internos mínimo y máximo en cualquier sección transversal no debe exceder al 1% del diámetro nominal interno de la sección en consideración. Si la sección transversal pasa por una abertura o está a una distancia de 1 diámetro interno, la diferencia de diámetros puede ser hasta del 2% del diámetro interno de la abertura.

Para presión externa de deben cumplir con los mismos parámetros que para presión interna.

#### 4.1.2 *Cabezas*

Las cabezas constituyen elementos muy importantes para los recipientes a presión. Las más comúnmente fabricadas son las cabezas hemisféricas, las elipsoidales, las toriesféricas. En casos especiales existen cabezas circulares planas, las cuales se usas cuando hay limitación de espacio. Estas últimas no

son recomendables ya que no soportan mucha presión y son ineficientes. También puede haber secciones cónicas, usadas sobretodo para la evacuación de fluidos que por su acumulación pueden ocasionar corrosión.

La transición entre las cabezas y el cuerpo es un importante factor a tomar en cuenta, ya que se debe lograr una correcta distribución de las cargas en estas zonas, evitando concentración de esfuerzos cerca de las soldaduras. Una buena práctica de los ingenieros es dejar una sección cilíndrica en las cabezas para mejorar el tipo de junta entre la cabeza y el cuerpo. Generalmente este faldón es de 2 plgs. o lo suficiente para poder realizar una buena soldadura o brazing. Las cabezas hemisféricas no requieren de faldón por tener un radio uniforme en toda la cabeza.

Notación:

D = diámetro interno

Do = diámetro externo

L = radio de corona

r = radio de rebordeo

h = es la mitad de la distancia del eje menor en cabezas elípticas

t = espesor de la cabeza

Di = diámetro interior de la porción cónica en una cabeza toricónica sobre el punto de tangencia del rebordeo.

### **Cabeza Hemisférica**

Las cabezas hemisféricas o semiesféricas son en la mitad de una esfera con un espesor determinado, de tal forma, que soporte los esfuerzos que se produzcan por la presión sometida sobre los mismos. Esta forma es la más eficiente en las cabezas, ya que los esfuerzos se distribuyen de forma uniforme a través de todas las fibras del elemento.

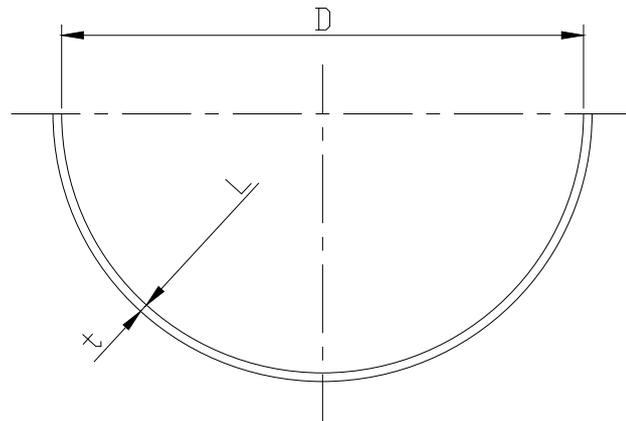


Figura 4.1. Sección transversal de una cabeza hemisférica

### Cabeza Elipsoidal

Las cabezas elipsoidales tienen una forma transversal de una elipse. Las más comunes son las que tienen una relación 2:1, es decir, la dimensión del eje mayor es dos veces la dimensión del eje menor, y estas dimensiones deben ser internas. Según la notación de la figura 4.2 la relación está dada por  $D/2h$ .

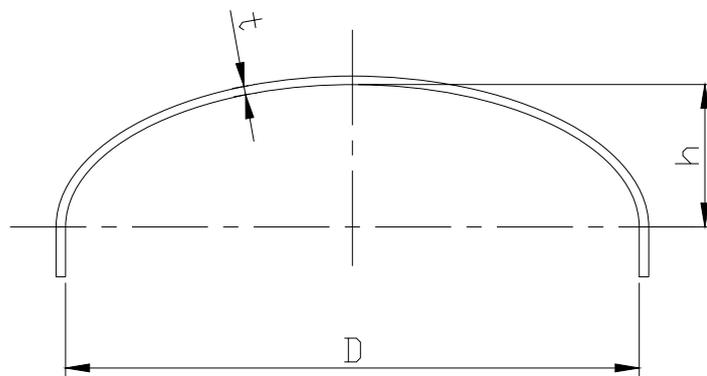


Figura 4.2. Sección transversal de una cabeza elipsoidal

### Cabeza Toriesférica (ASME Flanged and Dished)

La sección transversal de una cabeza toriesférica comprende de una sección de rebordeo en los extremos unido a una sección circular más grande en el centro o sección de bombeo o corona. El código establece que el radio interno de la corona no debe exceder del diámetro exterior del faldón de la cabeza según UG-32(j), y que el radio de rebordeo no puede ser menor al 6% del diámetro exterior del faldón pero tampoco menor a 3 veces el espesor de la cabeza.

La relación de  $L/r$  ideal es de  $16 \frac{2}{3}$ , pero no siempre se fabrican con esa relación. Mucho depende de la facilidad de fabricación y de la maquinaria que tenga cada fabricante.

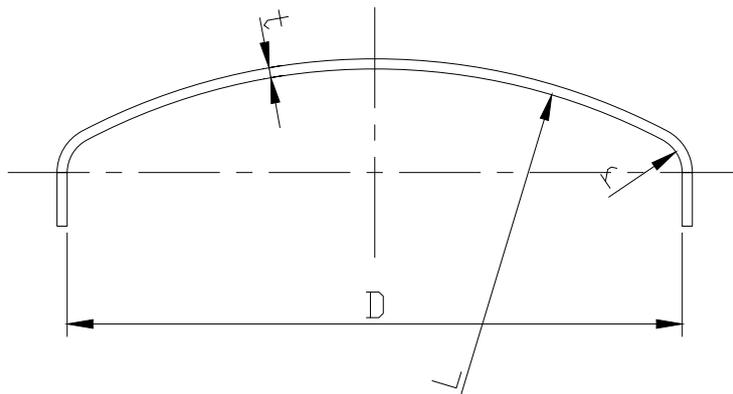


Figura 4.3. Sección transversal de una cabeza toriesférica

### Cabeza o sección cónica

Las cabezas forman un cono que va soldado al cuerpo. Pueden ser también secciones cónicas las cuales se usan para reducir el diámetro del cuerpo del recipiente. La transición de una sección cónica con el cuerpo cilíndrico se la puede realizar con un rebordeo que no debe ser menor al 6% del diámetro exterior del cuerpo y no menor a tres veces el espesor del rebordeo, según UG-32(h).

Estas cabezas se denominan toricónicas, y pueden ser usadas cuando el ángulo  $\alpha \leq 30^\circ$ , y son obligatorias cuando  $\alpha > 30^\circ$  y no cumplan con los requerimientos del apéndice 1-5(g) del código, el cual establece que para poder utilizar una cabeza o sección cónica con  $\alpha > 30$  es necesario un análisis especial de esfuerzos como el planteado por Timoshenko en su libro “Theory of Plates and Shells”; o por Hetenyi en su “Handbook of Experimental Stress Analysis” publicado en 1950, o por Watts y Lang publicado en su White Paper titulado “Stresses in a Pressure Vessel with a Conical head” realizado para el Consejo de Investigación de Soldadura de la Fundación de Ingenieros de Nueva York en 1946.

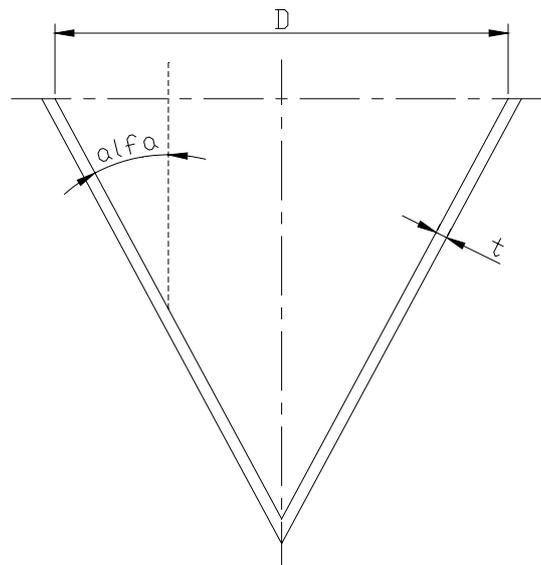


Figura 4.4. Sección transversal de una cabeza cónica

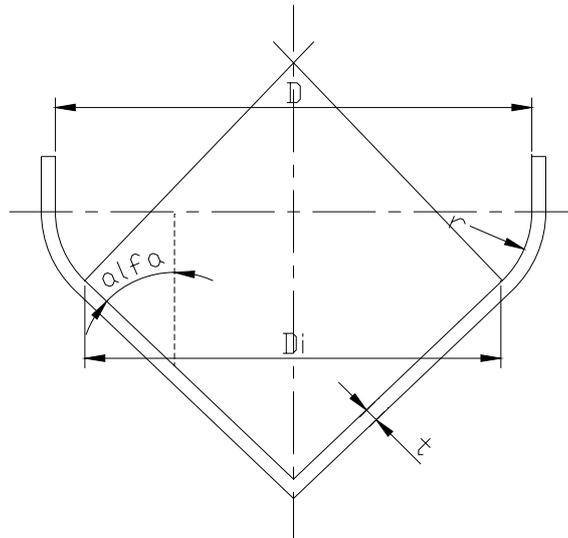


Figura 4.3. Sección transversal de una cabeza toricónica

## 4.2 BRIDAS, ACCESORIOS Y TUBERÍA

Las conexiones de los recipientes a presión son importantes elementos para el buen funcionamiento de los equipos. Por lo general constan de secciones de tubería insertadas en aberturas que pueden estar situadas en el cuerpo o en las cabezas de los recipientes, dependiendo de los requerimientos del proceso. La tubería puede estar acoplada a una brida o a un accesorio, para realizar la conexión a un sistema de tuberías que lleven el fluido a otra parte del proceso.

Estos elementos y accesorios están estandarizados según varias normas internacionales para asegurar y garantizar su fabricación uniforme, compatibilidad e intercambiabilidad. El código ASME de calderas y recipientes a presión recomienda la utilización de bridas y accesorios según los estándares ASME/ANSI que se enumeraron en el capítulo 2.

Los accesorios (Fittings) son una serie de elementos auxiliares que permiten realizar diversas conexiones entre tuberías. Los accesorios son básicamente: Codos (elbow), Tes (tee), tapas (cap) y reducciones (reducer).

Cada estándar tiene definidas las dimensiones de todos los accesorios, según el diámetro de la línea y la presión a soportar. Todos los fabricantes deben cumplir con las especificaciones del estándar para que sus piezas sean estampadas. El código exige que los accesorios estén marcados por el fabricante según los requerimientos del estándar.

Existen varios tipos de componentes en los recipientes a presión, pero para efecto de la automatización de sus dibujos, el programa estará limitado a los tipos comercialmente más usados.

#### **4.2.1 Tubería**

Al referirnos a la tubería se debe tener claro el concepto de dos términos importantes: Tubo y Caño.

- *Tubo (Tube)*.- comúnmente está especificado por el diámetro exterior y el espesor de pared. Se lo expresa ya sea en BWG (Birmingham Wire Gauge) o en centésimas de pulgada. Entre sus principales aplicaciones podemos citar tubos para intercambiadores de calor, serpentines de calentamiento/enfriamiento, líneas de instrumentación y pequeñas conexiones entre equipos, tales como compresores, calentadores y refrigeradores.
- *Caño (Pipe)*.- generalmente se encuentra especificado por su diámetro nominal NPS (Nominal Pipe Size) conjuntamente con su espesor de pared definido por su cédula (schedule).

El Código ASME B36.10M establece diámetros nominales de tubería para el rango entre 1/8 y 80 pulgadas. Los diámetros que generalmente se utilizan son: 1/2, 3/4, 1, 1¼, 1½, 2, 2½, 3, 3½, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 y 24 pulgadas.

Diámetros de 1/8, 1/4, 3/8 y 1/2 pulgada son utilizados exclusivamente para líneas de instrumentación o tubería de servicio (tubing).

La cédula está relacionada con la presión de operación permisible y con la tensión permitida del material que conforma el caño, teniendo así:

- Cédula (Schedule) "SCH": 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140 y 160. Los números más grandes indican un grosor mayor en las paredes.
- Tubería estándar (Standard) "STD"
- Tubería extra fuerte (Extra Strong) "XS"
- Tubería doble extra fuerte (Double Extra Strong) "XXS"

En base a los requerimientos, la tubería puede ser suministrada por el fabricante con distintos tipos de acabado en los extremos:

- Extremos Planos (Plain Ends) "PE"
- Extremos Biselados (Beveled Ends) "BE"
- Extremos Roscados (Threaded & Coupled) "T&C"

La tubería de presión con extremos lisos, biselados o roscados están estandarizados en dos rangos:

- El diámetro nominal de hasta 12 pulgadas representa de manera aproximada la dimensión del diámetro interior. El diámetro exterior es estándar, sin importar el número de cédula, por lo que a mayor cédula resulta una disminución del diámetro interior.
- Los tamaños de tubería que están por encima de 12 pulgadas se basan en el diámetro exterior real y el espesor de pared.

### 4.2.2 Bridas

Las bridas son elementos que se utilizan para unir secciones de tubería, o conectar equipos a un sistema de tuberías. Las bridas permiten un montaje y desmontaje eficaz, y facilita la reparación y el mantenimiento en sistemas complejos.

De acuerdo con la condición de servicio las bridas tienen varias geometrías. Las principales son: Welding Neck, Slip-on (solapadas), Lapped (brida loca), Socket Welding (embonada) y Threaded (roscada). También hay otro tipo de bridas que tienen por objetivo cerrar el paso del fluido de forma permanente o temporal. Estas bridas son llamadas ciegos o Blinds.

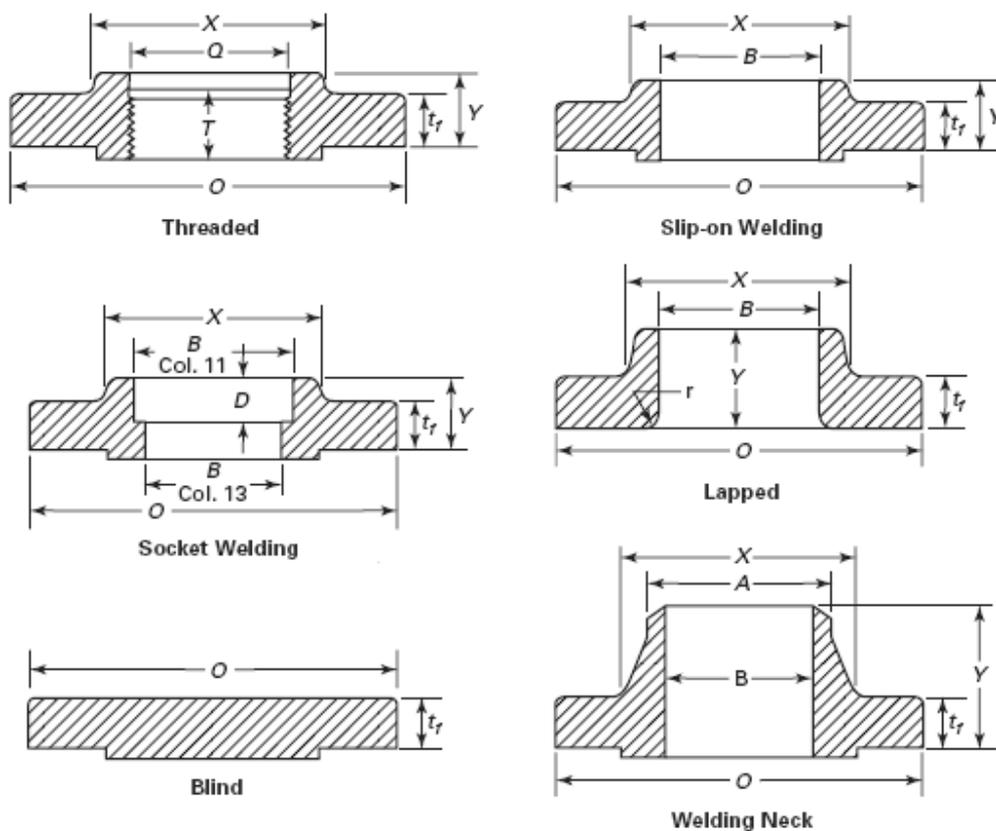
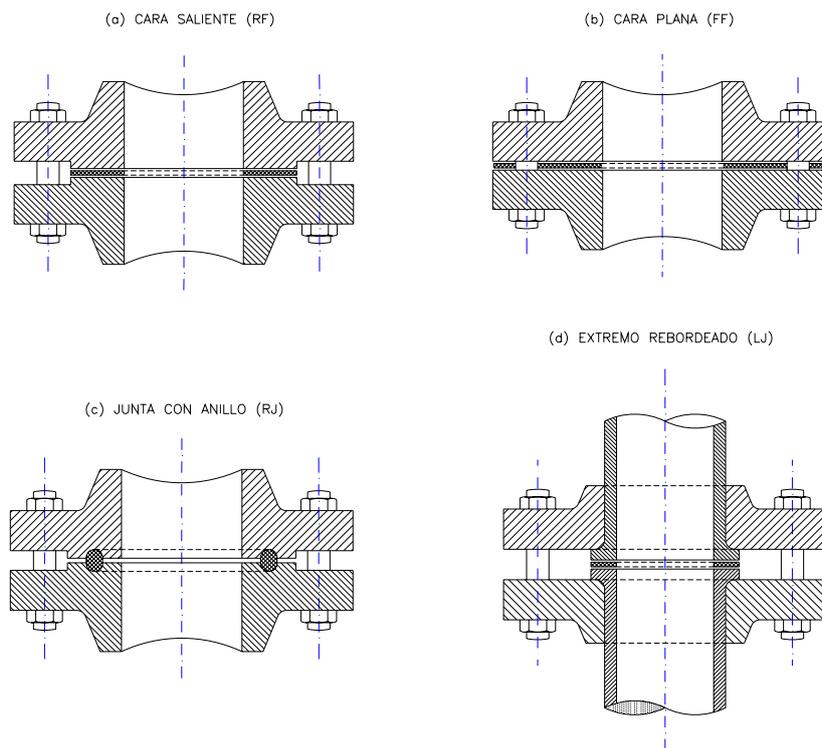


Figura 4.4. Tipos de bridas.

Fuente: BPVC Section VIII Div. 1, 2007 edition

Las bridas tienen varios tipos de caras que tienen por objeto retener la empaquetadura usada para lograr un sello hermético. Existen tres tipos: la Cara Saliente (Raised Face), Cara Plana (Flat Face) y Junta con Anillo (Ring Join)



**Figura 4.5. Tipos de caras en las bridas**

**Fuente: The Piping Guide**

Las bridas más utilizadas en el mercado ecuatoriano son las tipo Welding Neck Raised Face y los blinds.

Existen varios estándares para la fabricación de bridas. Básicamente la diferencia está en los materiales y el tamaño. El estándar más utilizado es el ASME/ANSI B16.5 de bridas y accesorios bridados desde  $\frac{1}{2}$ " de diámetro nominal hasta 24" y el ASME/ANSI B16.47 que se refiere a las bridas grandes con un diámetro nominal desde 26" hasta 60".

Los otros estándares son para bridas y accesorios bridados de hierro dúctil y de cobre fundido, sin embargo, las dimensiones casi no varían.

Para efecto de generar los dibujos en 3D de estos elementos, el programa se basará en el estándar B16.5 edición 2006. En este estándar las dimensiones de las bridas están clasificadas de acuerdo a la capacidad para resistir la presión a la que estén sometidas, y dentro de estos grandes grupos se clasifican por su diámetro nominal, que va desde 1/2" de diámetro hasta 24", sin contemplar el diámetro de 22". Las clases que existen de acuerdo al estándar son 150 lb. , 300 lb., 400 lb., 600 lb., 900 lb., 1500 lb. y 2500 lb.

Los datos de las dimensiones están tabulados en tablas según la nomenclatura de la Figura 4.4 de la siguiente manera:

1	2	3	4	5	6	7			8	9	10	11		12	13	14	15
Nominal Pipe Size	Outside Diameter of Flange, O	Thickness of Flange Min., f [Notes (2)-(4)]	Thickness Lap Joint Min.	Diameter of Hub, X	Diameter Beginning of Chamfer Welding Neck, A [Note (5)]	Length Through Hub			Threaded Slip-on Socket Welding, Y	Lapped, Y	Welding Neck, Y	Thread Length Threaded Min., T [Note (6)]	Bore		Welding Neck/Socket Welding, B [Note (7)]	Corner Radius of Bore of Lapped Flange and Pipe, r	Depth of Socket, D
						Slip-on Socket Welding, Min., B	Lapped, Min., B	Welding Neck/Socket Welding, Min., B									
1/2	3.50	0.38	0.44	1.19	0.84	0.56	0.62	1.81	0.62	0.88	0.90	0.62	0.12	0.38			
3/4	3.88	0.44	0.50	1.50	1.05	0.56	0.62	2.00	0.62	1.09	1.11	0.82	0.12	0.44			
1	4.25	0.50	0.56	1.94	1.32	0.62	0.69	2.12	0.69	1.36	1.38	1.05	0.12	0.50			
1 1/4	4.62	0.56	0.62	2.31	1.66	0.75	0.81	2.19	0.81	1.70	1.72	1.38	0.19	0.56			
1 1/2	5.00	0.62	0.69	2.56	1.90	0.81	0.88	2.38	0.88	1.95	1.97	1.61	0.25	0.62			
2	6.00	0.69	0.75	3.06	2.38	0.94	1.00	2.44	1.00	2.44	2.46	2.07	0.31	0.69			
2 1/2	7.00	0.81	0.88	3.56	2.88	1.06	1.12	2.69	1.12	2.94	2.97	2.47	0.31	0.75			
3	7.50	0.88	0.94	4.25	3.50	1.12	1.19	2.69	1.19	3.57	3.60	3.07	0.38	0.81			
3 1/2	8.50	0.88	0.94	4.81	4.00	1.19	1.25	2.75	1.25	4.07	4.10	3.55	0.38	...			
4	9.00	0.88	0.94	5.31	4.50	1.25	1.31	2.94	1.31	4.57	4.60	4.03	0.44	...			
5	10.00	0.88	0.94	6.44	5.56	1.38	1.44	3.44	1.44	5.66	5.69	5.05	0.44	...			
6	11.00	0.94	1.00	7.56	6.63	1.50	1.56	3.44	1.56	6.72	6.75	6.07	0.50	...			
8	13.50	1.06	1.12	9.69	8.63	1.69	1.75	3.94	1.75	8.72	8.75	7.98	0.50	...			
10	16.00	1.12	1.19	12.00	10.75	1.88	1.94	3.94	1.94	10.88	10.92	10.02	0.50	...			
12	19.00	1.19	1.25	14.38	12.75	2.12	2.19	4.44	2.19	12.88	12.92	12.00	0.50	...			
14	21.00	1.31	1.38	15.75	14.00	2.19	3.12	4.94	2.25	14.14	14.18	To	0.50	...			
16	23.50	1.38	1.44	18.00	16.00	2.44	3.44	4.94	2.50	16.16	16.19	be	0.50	...			
18	25.00	1.50	1.56	19.88	18.00	2.62	3.81	5.44	2.69	18.18	18.20	Specified	0.50	...			
20	27.50	1.62	1.69	22.00	20.00	2.81	4.06	5.62	2.88	20.20	20.25	by	0.50	...			
24	32.00	1.81	1.88	26.12	24.00	3.19	4.38	5.94	3.25	24.25	24.25	Purchaser	0.50	...			

Figura 4.6. Dimensiones para bridas clase 150. ASME B16.5

Esta tabla corresponde a las bridas de clase 150 lbs. Las medidas están en milímetros.

### **4.2.3 Tes**

Estos accesorios sirven para dividir el flujo en dos ramales a 90 grados de la dirección de la línea de tubería principal. Existen dos tipos: normal y reductora. La derivación de una te normal es de igual diámetro que el de la línea principal; en cambio la te reductora permite obtener una derivación de menor diámetro.

Tienen varios tipos de juntas dependiendo del diseño del sistema. Pueden tener bordes, rectos o biselados para juntas soldadas a tope, pueden ser bridados, o embonados. El estándar ASME B16.5 contempla los accesorios bridados para todos los diámetros y clases. Y el estándar ASME B16.9 especifica los requisitos y dimensiones para los accesorios soldados a tope. Y el estándar B16.11 abarca los accesorios forjados embonados (socket-welding) y roscados (threaded).

Estos elementos son utilizados generalmente en sistemas de tubería que salen de distintos equipos, sin embargo, es muy raro que estén dentro del alcance del código de recipientes a presión, ya que no tienen la longitud suficiente para soldar directamente a una abertura del recipiente, sino que se acoplan a secciones de tubería o accesorios roscados previamente sobre el cuerpo a la cabeza del recipiente.

El espesor de los accesorios está especificado de la misma manera que la tubería, es decir, que tienen el mismo espesor en toda la línea, ya se a que estén conectados entre tes, codos o reducciones.

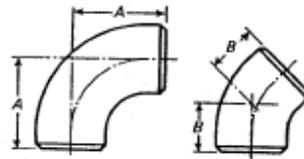
### **4.2.4 Codos**

Los codos se utilizan para cambiar la dirección en una línea de tubería ya sea a 90, a 45 o a 180 grados. Existen codos con un radio de curvatura distinto. Comúnmente se utilizan codos de radio largo (long radius "LR"), es decir, que su radio de curvatura es igual a 1.5 veces la dimensión del diámetro nominal para dimensiones mayores o iguales que  $\frac{3}{4}$ ". Se utilizan también codos de radio

corto (short radius "SR"), donde su radio de curvatura es igual al diámetro nominal.

Así como las Tes, existen varias formas de unir los codos a la tubería. En aplicaciones que estén dentro del alcance del código de recipientes a presión, podría utilizarse los codos soldados a tope, los cuales se encuentran especificados dentro del estándar ASME B16.9. Sin embargo, tienen la misma restricción que las tes: por lo general no se acoplan los codos directamente a las aberturas de los recipientes, pero cuando el proceso o la ubicación de recipiente lo requiere, se puede soldar un codo directamente al recipiente.

Las dimensiones de los codos soldados a tope están tabuladas en el estándar como se indica en la siguiente tabla:



**TABLE 2 DIMENSIONS OF LONG RADIUS ELBOWS**

Nominal Pipe Size (NPS)	Outside Diameter at Bevel <i>D</i>	Center-to-End	
		90 deg. Elbows <i>A</i>	45 deg. Elbows <i>B</i>
1/2	0.84	1.50	0.62
3/4 (1)	1.05	1.50	0.75
1	1.32	1.50	0.88
1 1/4	1.66	1.88	1.00
1 1/2	1.90	2.25	1.12
2	2.38	3.00	1.38
2 1/2	2.88	3.75	1.75
3	3.50	4.50	2.00
3 1/2	4.00	5.25	2.25
4	4.50	6.00	2.50
5	5.56	7.50	3.12
6	6.62	9.00	3.75
8	8.62	12.00	5.00
10	10.75	15.00	6.25
12	12.75	18.00	7.50
14	14.00	21.00	8.75
16	16.00	24.00	10.00
18	18.00	27.00	11.25
20	20.00	30.00	12.50
22	22.00	33.00	13.50
24	24.00	36.00	15.00
26	26.00	39.00	16.00
28	28.00	42.00	17.25
30	30.00	45.00	18.50
32	32.00	48.00	19.75
34	34.00	51.00	21.00
36	36.00	54.00	22.25
38	38.00	57.00	23.62
40	40.00	60.00	24.88
42	42.00	63.00	26.00
44	44.00	66.00	27.38
46	46.00	69.00	28.62
48	48.00	72.00	29.88

GENERAL NOTE: Dimensions are in inches.

NOTE:

(1) *A* and *B* dimensions of 1.12 in. and 0.44 in. respectively may be furnished for NPS 3/4 at the manufacturer's option.

**Figura 4.7. Dimensiones de los codos a 90° y 45°. ASME B16.9**

### 4.3 CONEXIONES Y JUNTAS SOLDADAS

Como se explicó en el capítulo 2, los procesos de construcción que cubre la sección VIII del código de recipientes a presión, son soldadura, la forja y la soldadura fuerte o "brazing". Debido a la extensión de posibilidades dentro de

cada proceso, el proyecto está limitado a cumplir los requerimientos de la subsección UW que habla sobre recipientes a presión fabricados por soldadura.

#### **4.3.1 Soldadura y simbología**

Se han definido ciertos símbolos que representan la forma de la junta a soldar y de la soldadura para representar de una manera normalizada y de fácil interpretación en los planos de construcción.

Para describir la soldadura, se debe diferenciar el tipo de junta entre los elementos a soldar, es decir, la forma en que están dispuestos dichos elementos y el tipo de soldadura que se va a utilizar para unirlos. Los tipos básicos de juntas son cinco.

- Junta a tope (butt joint)
- Junta en "T" ("T" joint)
- Junta de traslape (Lap joint)
- Junta de esquina (corner joint)
- Junta de reborde u orilla (edge joint)

A estas juntas se pueden aplicar varios tipos de soldadura, que tiene que ver con la geometría de la sección transversal de las partes a soldar y otras características. Existen los siguientes tipos de soldadura:

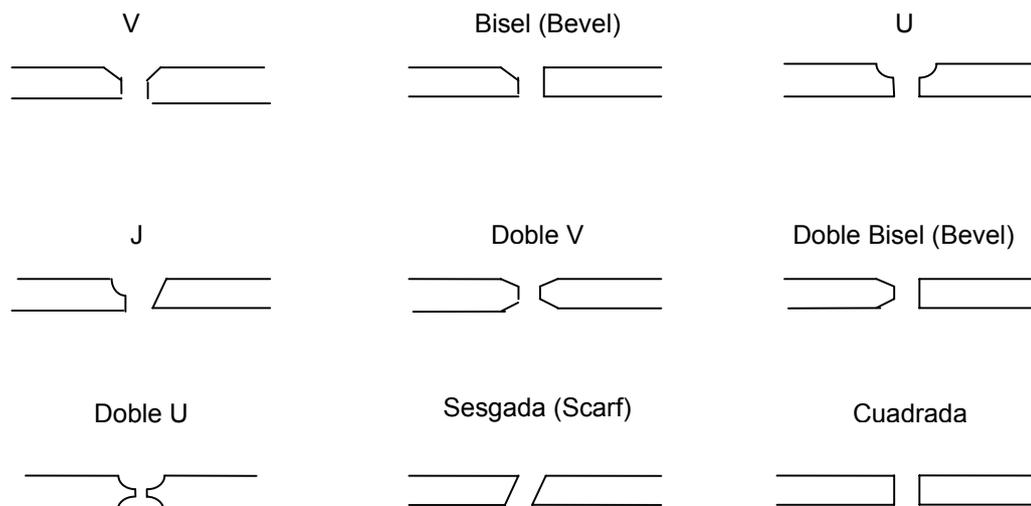
- Ranura (Groove)
- Filete (fillet)
- Botón y tapón (plug and slot)
- Pernos (stud)
- Puntos o proyección (spot or projection)
- Costura (seam)

- De respaldo o en el respaldo (backing or backing weld)
- Recubrimiento (surfacing)
- Borde o reborde (flange)

Las soldaduras de ranura, dependiendo de la geometría de los bordes de los miembros de la junta, pueden ser:

- Cuadrada (square)
- Bisel (bevel)
- En "V" (V-groove weld)
- En "J" (J-groove weld)
- En "U" (U-groove weld)
- Abocinado en bisel (flare-bevel-groove Weld)
- Abocinado en "V" (flare-V-groove Weld)
- Sesgado (Scarf)

Adicional a estos tipos, las soldaduras pueden ser sencillas o dobles, dependiendo del número de pasadas por un lado u otro.



**Figura 4.8. Secciones transversales de los tipos de soldadura en juntas a tope**

La simbología de los tipos de soldadura más comunes aceptados por la ANSI (American National Standards Institute) conjuntamente con la AWS (American Welding Society) son los siguientes:

Ranura							
Cuadrada	Sesgada	V	Bisel	U	J	Abocinado en V	Abocinado en bisel
Filete	Tapón o botón	Pernos	Puntos	Costura	De o en el respaldo	Recubrimiento	Borde o pestaña

Figura 4.9. Símbolos básicos de soldadura

La información completa sobre la junta y el tipo de soldadura que se va a aplicar en el recipiente se lo puede representar con el símbolo de soldar, en donde se incluyen varios caracteres gráficos y numéricos que representan las características de la soldadura.

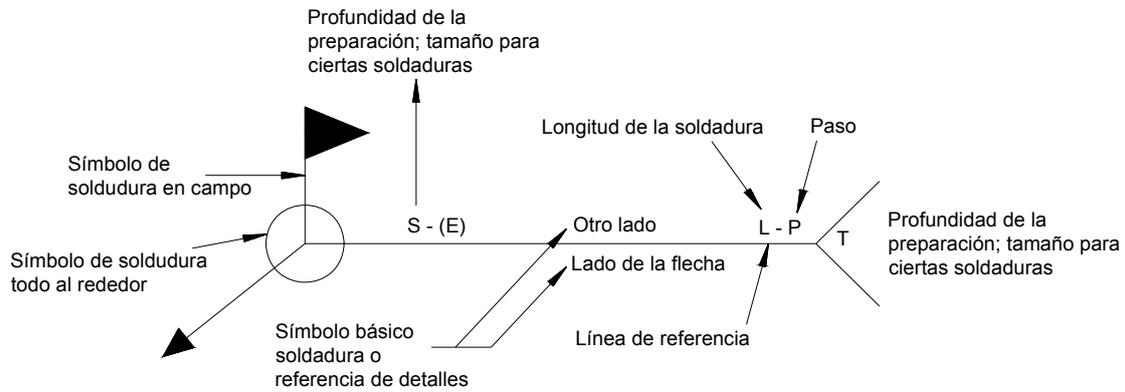


Figura 4.10. Símbolo de soldar y localización estándar de sus elementos.

### 4.3.2 Juntas soldadas

La sección VIII división 1 del código de recipientes define la ubicación de las soldaduras en categorías. Así, las categorías están definidas según la Figura 4.11.

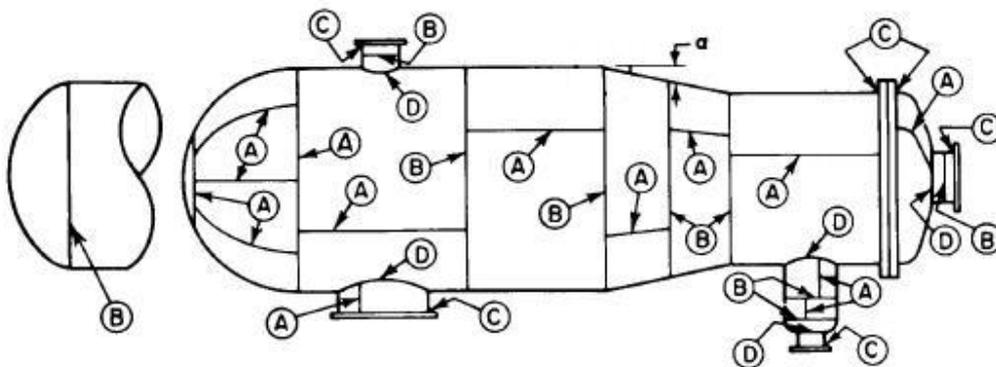


Figura 4.11. Localización de juntas soldadas

Fuente: BPVC Section VIII div. 1, 2007 edition

En UW-9 de la sección VII división 1, está descrito el diseño de las juntas soldadas. Los tipos de juntas soldadas que se aceptan en dicha subsección están especificados de acuerdo a la tabla UW-12:

### Tipo 1



Junta a tope lograda con doble pasada, o más, teniendo la misma calidad del metal depositado en la parte interna y externa de la superficie soldada. Si una placa de respaldo es utilizada, debe ser retirada después de terminada la soldadura.

### Tipo 2



Junta a tope de una pasada con placa de respaldo, la cual debe ser removida después de la soldadura.

### Tipo 3



Junta a tope de una pasada sin placa de respaldo.

### Tipo 4



Junta solapada con doble filete

**Tipo 5**

Junta solapada con filete simple y soldadura de tapón.

**Tipo 6**

Junta solapada con filete simple y sin soldadura de tapón.  
Las dimensiones de las soldaduras deben estar diseñadas de tal forma que permitan una fusión y una penetración completa.

**4.3.3 Conexiones soldadas**

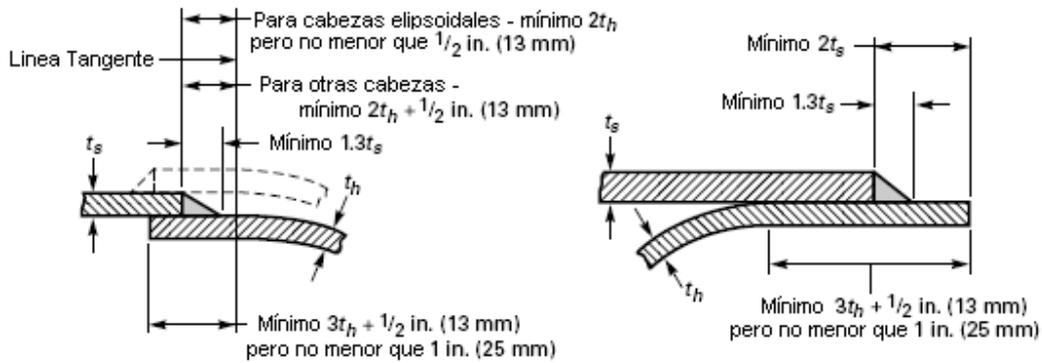
En el párrafo UW-13 de la sección VIII división 1 del código de recipientes a presión, se habla de los detalles de las conexiones, principalmente entre cabezas y cuerpo, boquillas y cuerpo, boquillas y cabezas. La Sección VIII división 1 del código de recipientes a presión presenta esquemas para estas uniones que pueden ser utilizados. La nomenclatura que se va a utilizar es la misma utilizada en dicha división.

$t_h$  = espesor nominal de la cabeza

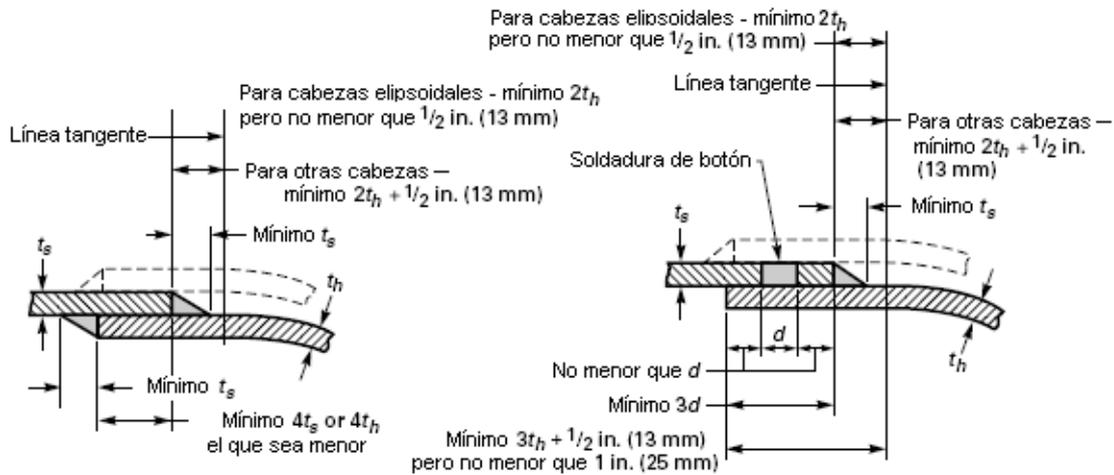
$t_s$  = espesor nominal del cuerpo

Para cabezas hemisféricas, toriesféricas, elipsoidales y otros tipos de cabezas formadas, deben ser utilizados los esquemas de la figura 4.10 (a), (b), (c), (d) y (e). Para la construcción del esquema (f), también puede ser usado en cabezas extremas cuando el espesor del cuerpo no exceda 5/8" (16mm).

Las cabezas formadas que están expuestas a presión interna o externa deben tener un faldón no menor a la indicada en los esquemas correspondientes de la Figura 4.12.



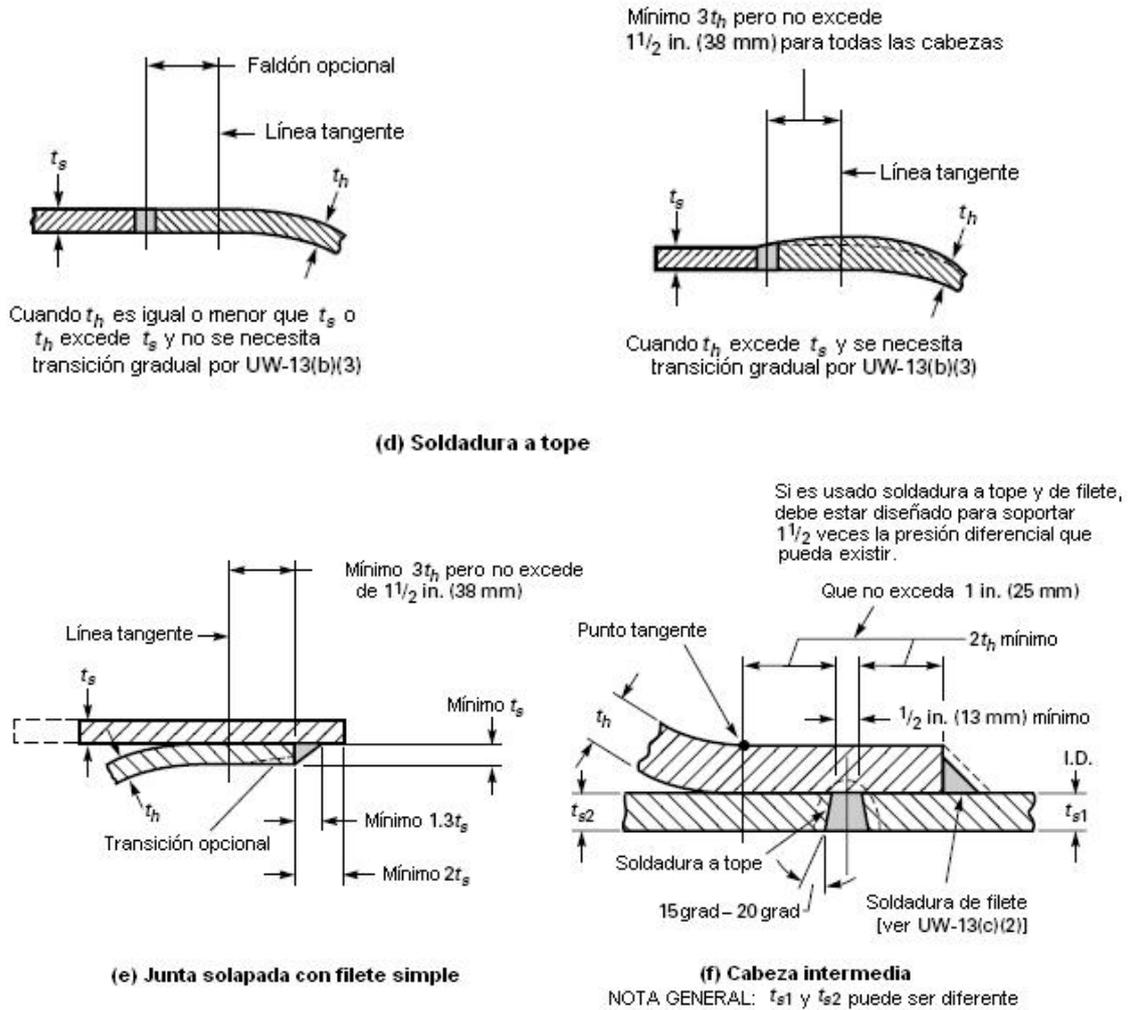
(a) Junta solapada con filete simple



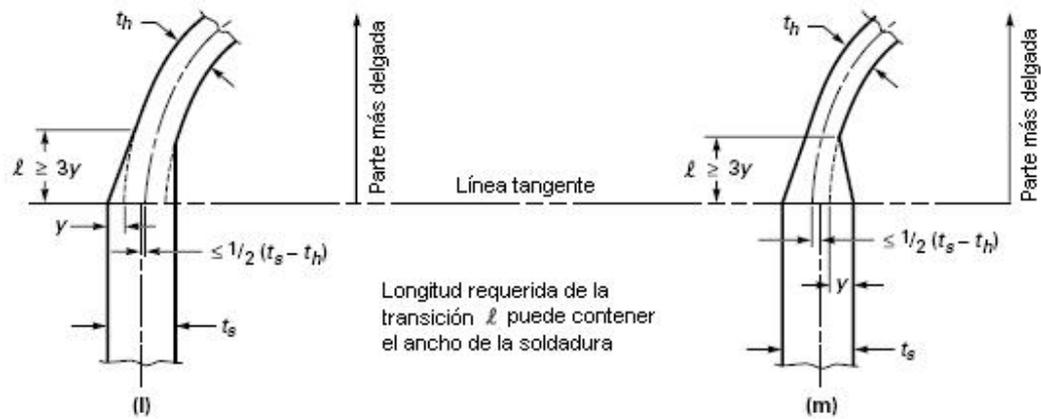
(b) Junta solapada con doble filete

(c) Junta solapada con filete simple y soldadura de botón

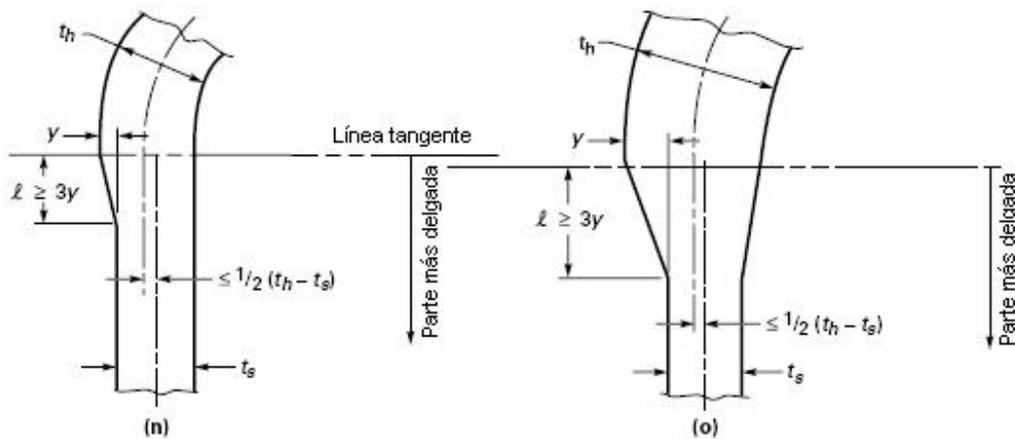
(Continúa en la página siguiente)



**Figura 4.12. Cabezas unidas al cuerpo**  
 Fuente: BPVC Section VIII div. 1, 2007 edition



En todos los casos, la longitud proyectado de la transición  $l$  debe ser no menor a  $3y$ .  
 La línea de centro de la placa del cuerpo puede estar en cualquiera de los lados de la línea de centros de la cabeza



En todos los casos  $l$  debe ser no menor que  $3y$  cuando  $t_h$  excede  $t_s$ . La mínima long. del faldón es  $3t_h$  pero no puede exceder  $1\frac{1}{2}$  in. (38 mm) excepto cuando es necesario para proveer la longitud requerida para la transición. Cuando  $t_h$  es igual o menor que  $1.25t_s$ , la longitud del faldón debe ser suficiente para cualquier transición.

La longitud de transición requerida  $l$  puede incluir el ancho de la soldadura. La línea de centro de la placa del cuerpo puede estar en ambos lados de la línea de centros de la cabeza.

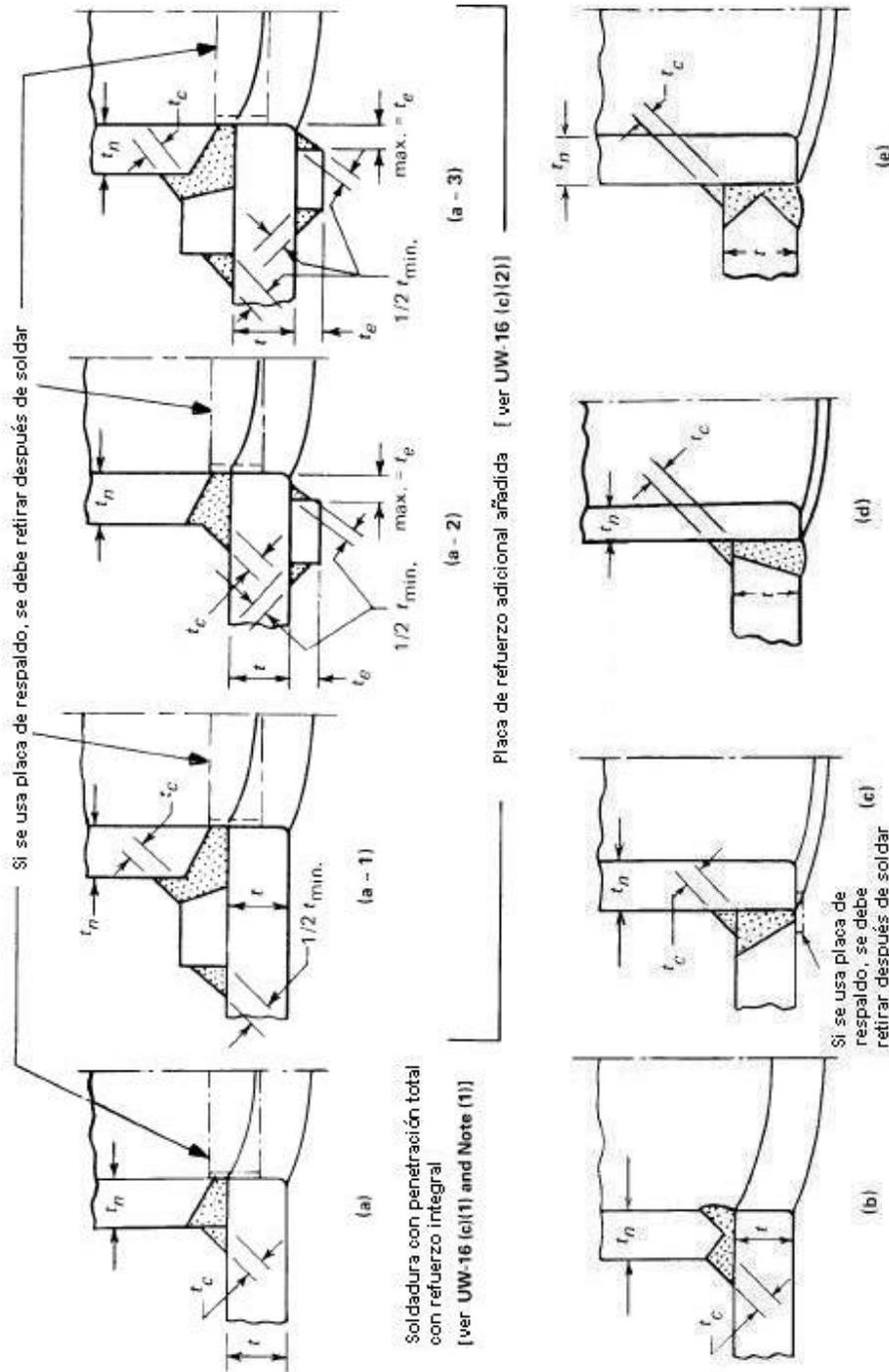
**Figura 4.12. Cabezas unidas al cuerpo (continuación)**

Fuente: BPVC Section VIII div. 1, 2007 edition

Para la soldadura de accesorios en aberturas, el párrafo UW-16 de la sección VIII división 1 del código de recipientes a presión, indica los mínimos

requerimientos que deben cumplir este tipo de juntas, y recomienda ciertos tipos de configuraciones según la Figura 4.13.

**Figura 4.13. Tipos de boquillas y otras conexiones soldadas al cuerpo y cabezas.  
(Ver página siguiente)**



Soldadura de penetración completa. Se pueden añadir placas de refuerzo [Ver UW-16 (c)(2) and Note (1)]

Figura 4.13. Tipos de boquillas y otras conexiones soldadas al cuerpo y cabezas.  
Fuente: BPVC Section VIII div. 1 2007 edition

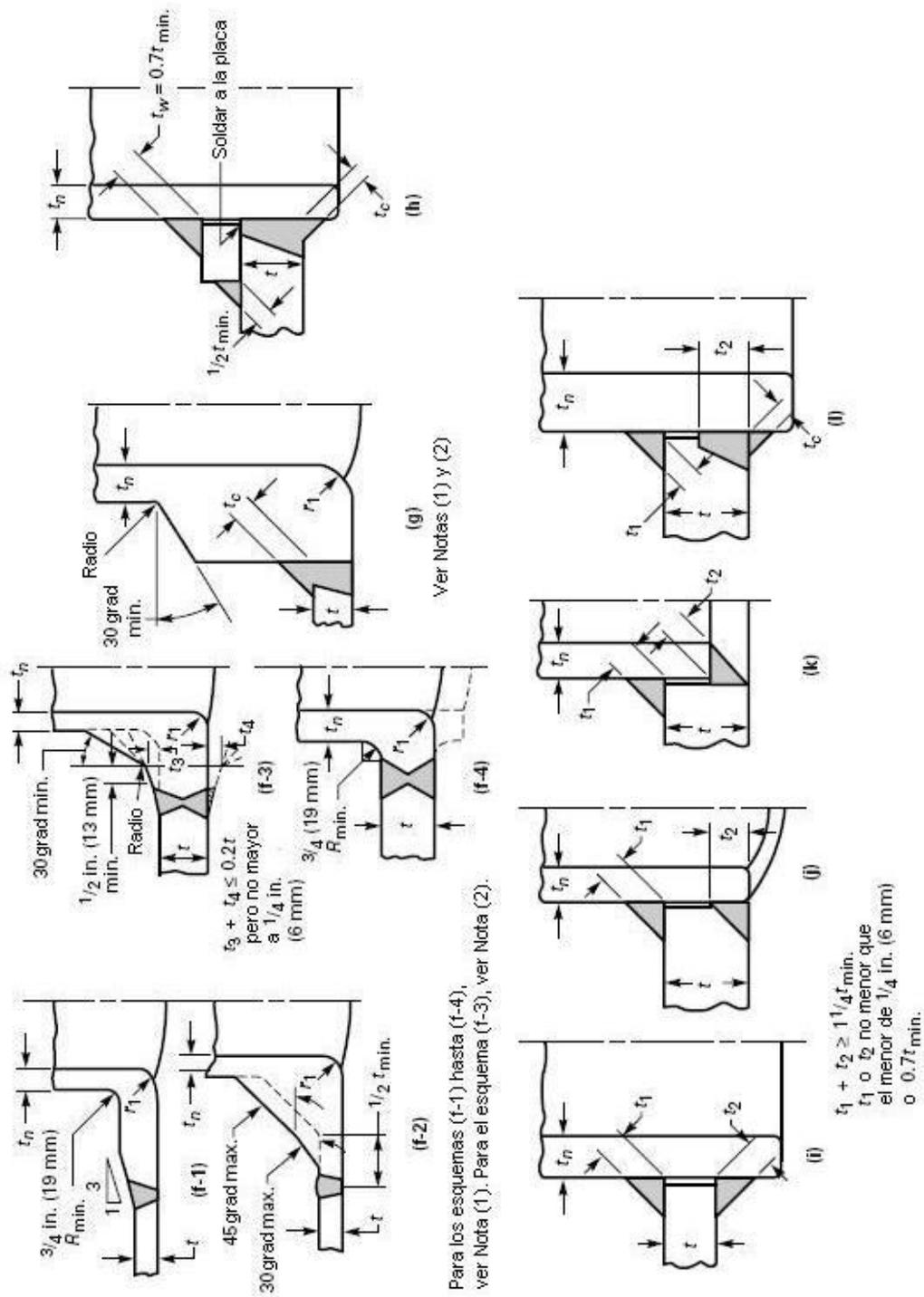


Figura 4.13. Tipos de boquillas y otras conexiones soldadas al cuerpo y cabezas.  
 Fuente: BPVC Section VIII div. 1 2007 edition (continuación)

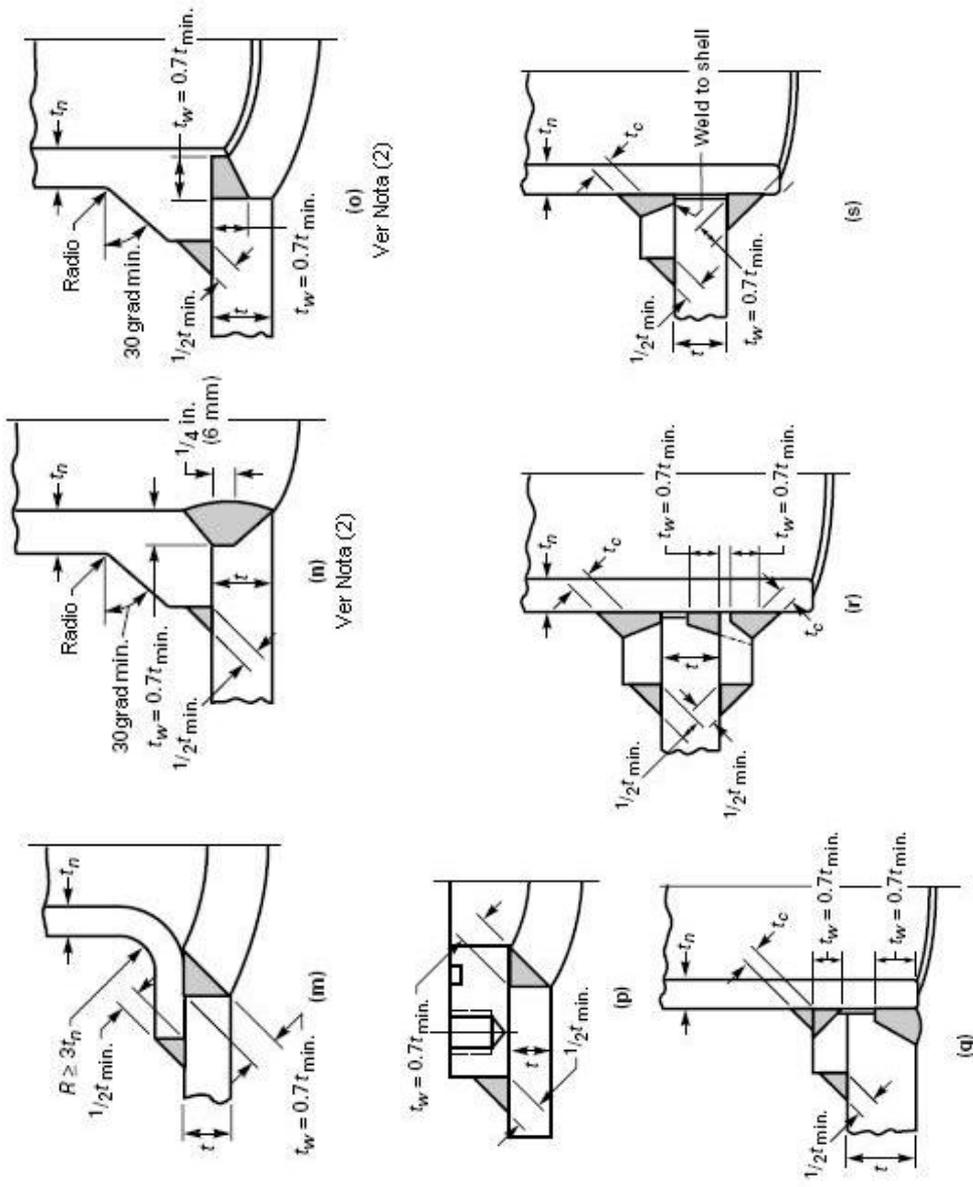


Figura 4.13. Tipos de boquillas y otras conexiones soldadas al cuerpo y cabezas  
Fuente: BPVC Section VIII div. 1 2007 edition (continuación)

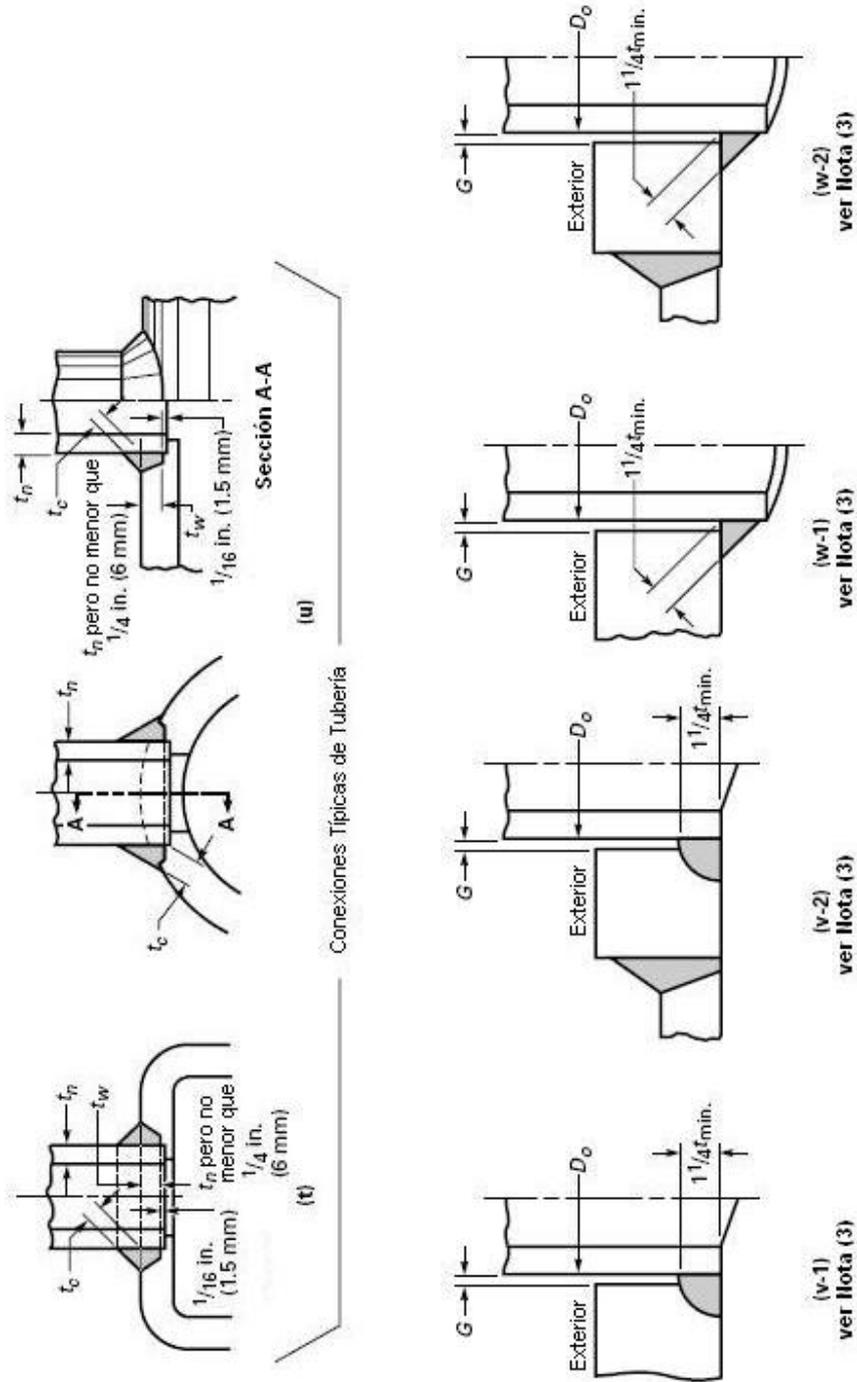


Figura 4.13. Tipos de boquillas y otras conexiones soldadas al cuerpo y cabezas.  
Fuente: BPVC Section VIII div. 1 2007 edition (continuación)

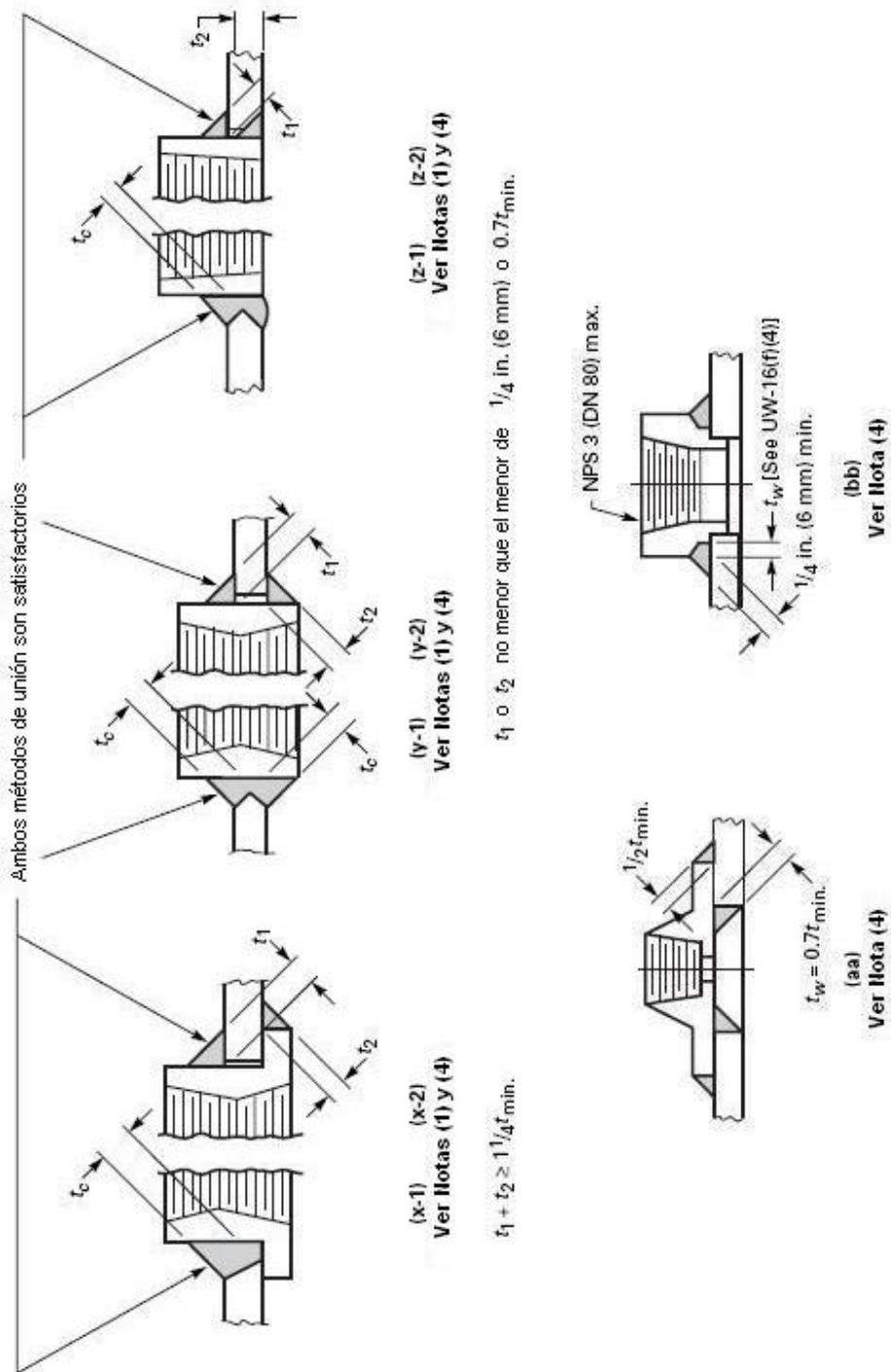


Figura 4.13. Tipos de boquillas y otras conexiones soldadas al cuerpo y cabezas.  
Fuente: BPVC Section VIII div. 1 2007 edition (continuación)

## NOTAS:

(1) Los esquemas (a), (b), (c), (d), (e), (f-1) hasta (f-4), (g), (x-1), (y-1) y (z1) son ejemplos de boquillas con refuerzo integral.

(2) Donde el término *Radio* aparece, proveer mínimo 1/8 in (3mm) de radio

(3) Los esquemas desde (v-1) hasta (w-2):

a. Para aplicaciones en donde no haya cargas externas,  $G = 1/8$  in. (3mm) max.

b. Con cargas externas:

$G = 0.005$  for  $D_o \leq 1$  in. (25mm);  $G = 0.010$  for  $1$  in. (25mm)  $< D_o \leq 4$  in. (100mm);  $G = 0.015$  para  $4$  in. (100mm)  $< D_o \leq 6 \frac{5}{8}$  in. (170 mm).

(4) Para un NPS 3 (DN 80) y menor, ver excepciones en UW-16(f)(2).

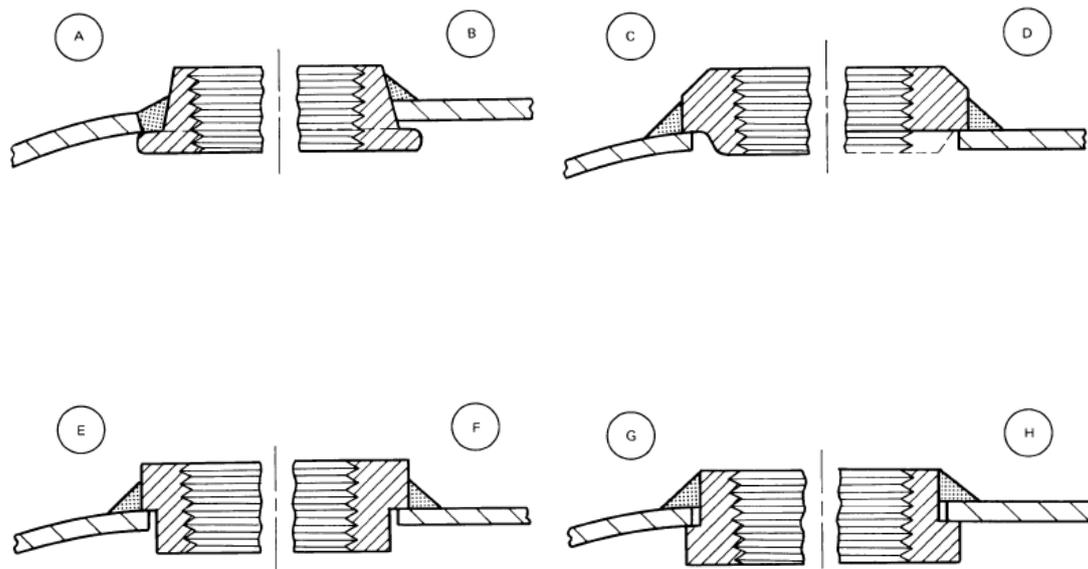
Estas notas explicatorias están tomadas de la sección VIII división 1 del código de recipientes a presión.

Para los accesorios roscados interna y externamente embonados o con juntas a tope deben cumplir ciertos requerimientos según UW-16(f) del la sección VIII división 1 del código de recipientes a presión.

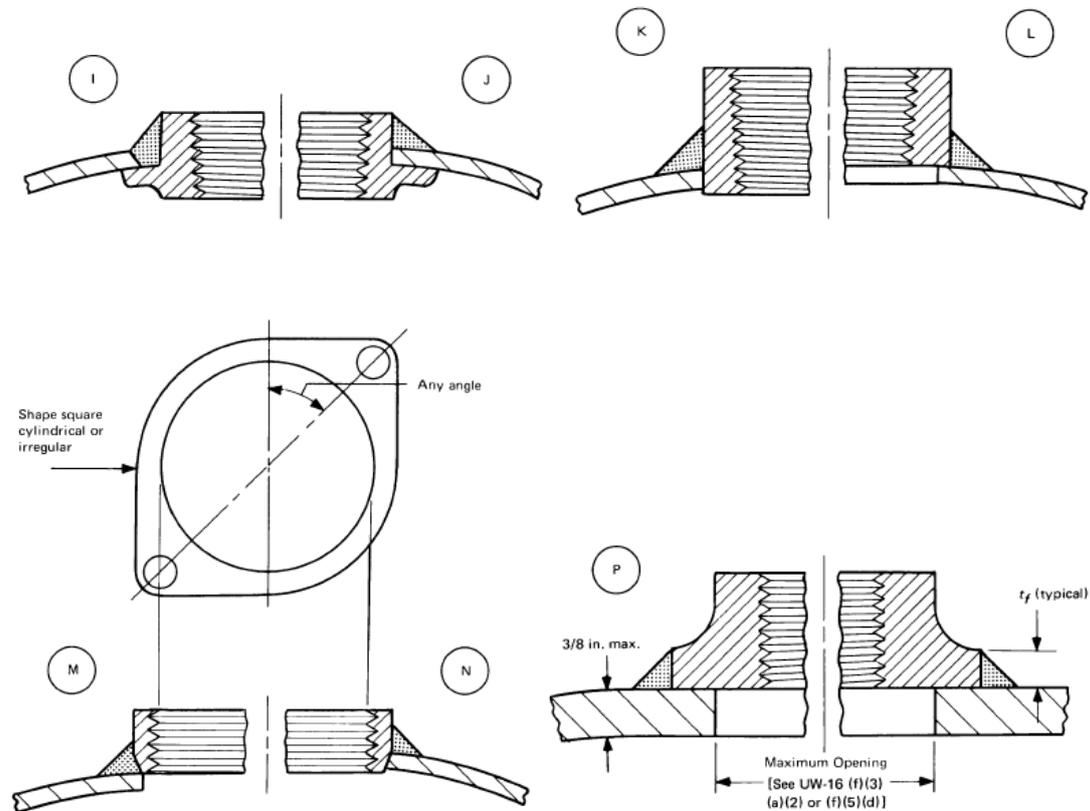
Cuando el diámetro nominal de los accesorios no es mayor a 3 in (80mm), pueden ser soldados únicamente por la parte externa como se indica en la figura 4.14, siempre y cuando cumplan las siguientes limitaciones según UW-16(f)(3)(a) del la sección VIII división 1 del código de recipientes a presión.:

- El espesor máximo del recipiente debe ser 3/8 in. (10mm),

- El tamaño máximo de la tubería añadida debe estar limitada por el diámetro externo de la tubería más  $\frac{3}{4}$  in (19mm), pero no mayor a la mitad del diámetro interno del recipiente.
- La garganta de la soldadura añadida debe ser la mayor entre el mínimo espesor requerido del cuello de la boquilla por UG-45 para el mismo diámetro nominal de la conexión y el necesario para satisfacer los requerimientos de UW-18 para las cargas aplicables de UG-22.
- La dimensión  $t_f$  del esquema (p) de la figura 4.14 debe ser suficiente para acomodar la pierna de la soldadura que provea la garganta necesaria.



**Figura 4.14. Algunos tipos de conexiones aceptadas de accesorios pequeños.  
(Continúa en la página siguiente)**



## 4.4 ACCESORIOS A NO PRESIÓN

### 4.4.1 Diseño de soportes para recipientes verticales

Los recipientes verticales generalmente van asentados ya sea sobre un faldón o sobre una estructura. Este tipo de soportes sufren mayormente las cargas de viento y sismo en relación a los recipientes horizontales, debido a la altura de los mismos.

El diseño de los soportes presentado en esta sección pone énfasis en el cálculo de faldones, para las estructuras “patas” se presenta en cambio una tabla en la cual constan las dimensiones generales y dimensiones del perfil que deben colocarse para sostener al recipiente de una manera adecuada.

El faldón es el más usado para sostener recipientes verticales, este es unido mediante soldadura continua a la cabeza y usualmente las dimensiones requeridas de soldadura determinan el espesor del faldón.

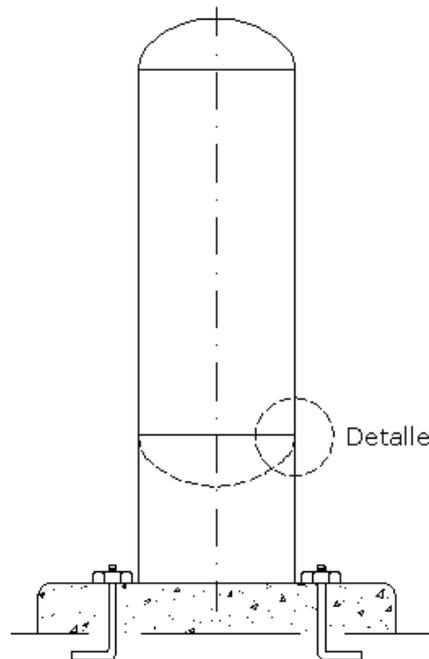


Figura 4.15. Faldón para Recipientes Verticales.

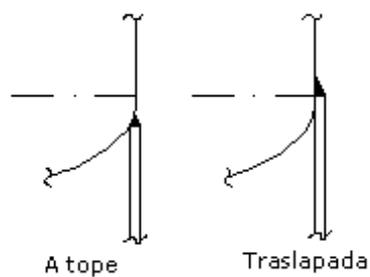


Figura 4.16. Detalles de Unión en Faldones.

Simbología utilizada:

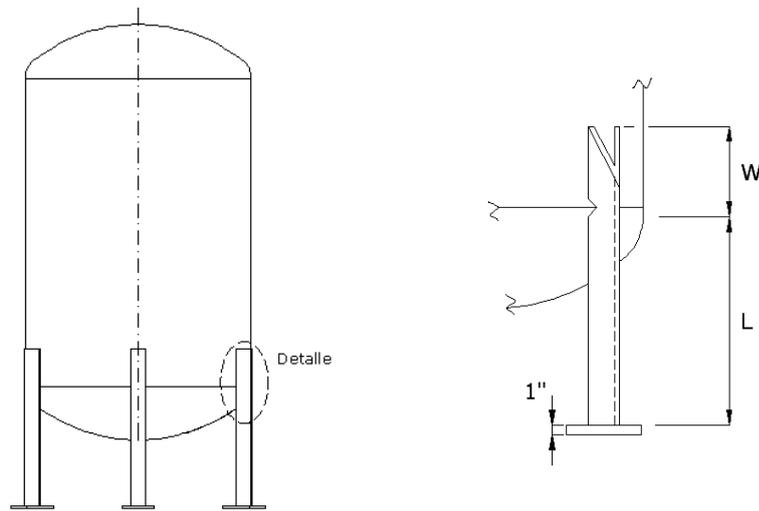
$t$  = Espesor requerido del faldón. plg

$M_t$  = Momento. lb plg

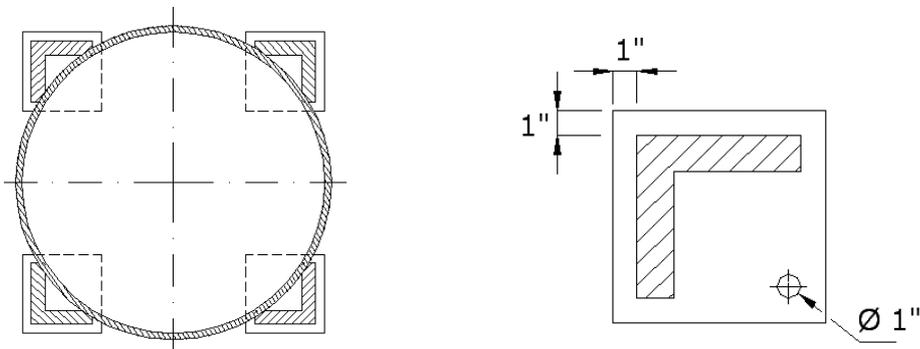
$D$  = Diámetro Externo del faldón. plg

- R = Radio externo del faldón. plg
- S = Menor esfuerzo del material (faldón o cabeza). psi
- W = Peso del recipiente en condiciones de operación. lbs
- E = Eficiencia de la junta Cabeza-Faldón.  
 0.6 para juntas a tope.  
 0.45 para juntas traslapadas.

El diseño de las columnas que sirven de soporte para los recipientes verticales merece otro tipo de análisis, sin embargo gracias a la práctica se han estandarizado algunas dimensiones que están relacionadas directamente con el diámetro del recipiente y que se presentan en la siguiente tabla.



**Figura 4.17. Soportes para Recipientes Verticales.**



**Figura 4.18. Proyección de los Cuatro Soportes.**

Tabla 4.1. Dimensiones para Soportes Verticales.

Diámetro (plg)	Altura Máxima	Perfil L	L Máxima (plg)	W (plg)
30	96	3 x 3 x 3/8	60	4
36				
42				
48	120	3.5 x 3.5 x 3/8	84	6
54				
60	168	4 x 4 x 1/2	84	7
66				
72				
78	192	5 x 5 x 1/2	84	10
84				
90	216	6 x 6 x 5/8	84	12

**4.4.2 Diseño de soportes para recipientes horizontales**

Los soportes para recipientes horizontales están diseñados bajo el método de Zick como se indicó en el capítulo 2, de lo cual se han definido ciertas dimensiones que satisfacen este método. En la tabla 4.2 se muestra las dimensiones según la nomenclatura de la figura 4.20 hasta recipientes de diámetro 18 plgs. En el Pressure Vessel Handbook se presentan las dimensiones de sillas para recipientes de hasta 144 plgs.

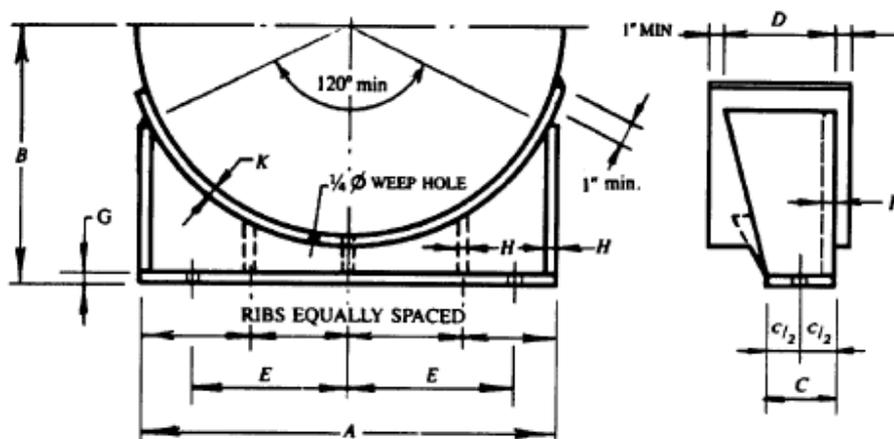


Figura 4.19. Detalle de las sillas para recipientes horizontales

<b>SADDLE</b>											
NOMINAL DIAM. OF VESSEL FT. - IN.	DIMENSIONS						NO. OF RIBS	PLATE THICKNESS INCHES			MAXIMUM WEIGHT ON VESSEL
	A FT. - IN.	B FT. - IN.	C IN.	D IN.	E FT. - IN.	BOLT DIAM. INCH		BASE G	WEB, FLANGE, RIBS H	WEAR K	
1-0	0-10½	1-0	4	4	0-3½	½	0	¼	¼	—	42000
1-2	1-½	1-1	4	4	0-4	½	0	¼	¼	—	50000
1-4	1-2	1-2	4	4	0-5	½	0	¼	¼	—	56000
1-6	1-3½	1-3	4	4	0-6	½	0	¼	¼	—	62000

Tabla 4.2. Dimensiones de las sillas. Fuente: Pressure Vessel Handbook

### 4.4.3 Orejas de izaje

Para poder mover y transportar los recipientes, se suelen sujetar por medio de elementos soldados al cuerpo o cabezas de estos, los cuales tienen un agujero que permite pasar un cable o algún tipo de pasador. De forma general

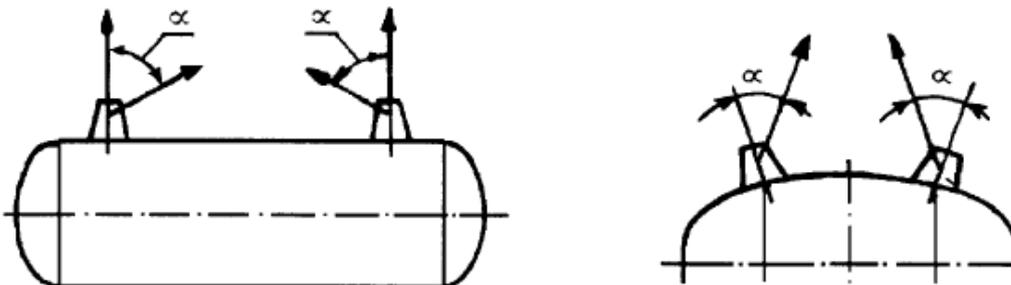


Figura 4.20. Ubicación de las orejas de izaje

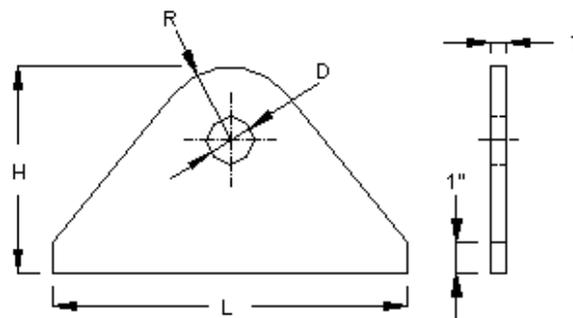


Figura 4.21. Geometría de la Oreja

El manual de recipientes a presión ha establecido ciertas dimensiones para las orejas. Estas están tabuladas en la siguiente tabla:

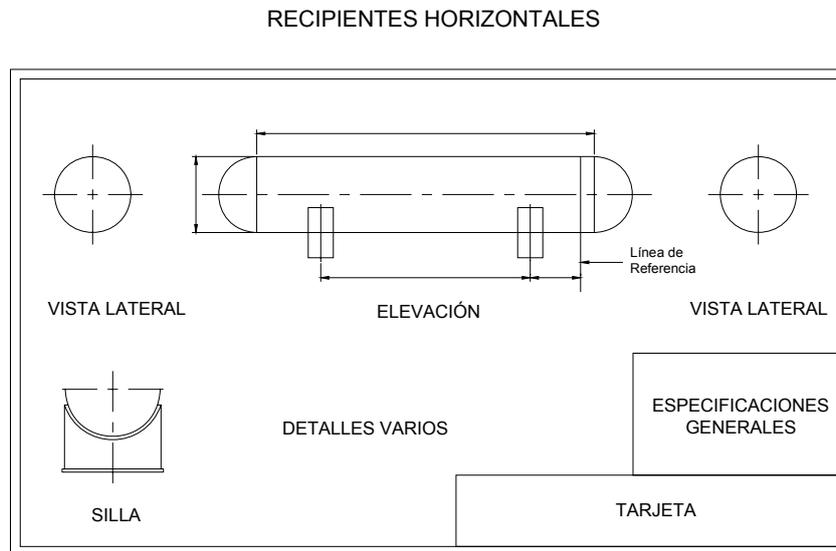
Peso del Recipiente	D	T	R	H	L	Soldadura
Lbs. (Kg)	Plgs. (mm)	Plgs. (mm)	Plgs. (mm)	Plgs. (mm)	Plgs. (mm)	Plgs. (mm)
12000 (5400)	1 (26)	$\frac{1}{2}$ (12)	$1\frac{1}{2}$ (38)	5 (127)	10 (254)	Junta a tope, con doble bisel y filete de T/4 (max.3/8), todo alrededor.
20000 (9000)	$1\frac{1}{8}$ (30)	$\frac{3}{4}$ (20)	2 (50)	6 (152)	10 (254)	
30000 (13600)	$1\frac{3}{8}$ (36)	1 (25)	$2\frac{1}{8}$ (54)	6 (152)	10 (254)	
50000 (22700)	$1\frac{5}{8}$ (42)	$1\frac{1}{4}$ (30)	$2\frac{1}{2}$ (64)	7 (178)	12 (305)	
70000 (32000)	$2\frac{1}{8}$ (54)	$1\frac{1}{4}$ (30)	$3\frac{1}{2}$ (89)	8 (203)	12 (305)	
100000 (45000)	$2\frac{1}{2}$ (64)	$1\frac{1}{2}$ (40)	$4\frac{1}{2}$ (115)	9 (228)	16 (305)	
150000 (68000)	3 (76)	$1\frac{3}{4}$ (45)	5 (127)	10 (254)	16 (406)	
200000 (90000)	4 (102)	2 (50)	6 (152)	12 (305)	18 (457)	
250000 (113000)	$4\frac{1}{4}$ (108)	2 (50)	$6\frac{1}{2}$ (165)	13 (330)	18 (457)	
300000 (136000)	$4\frac{1}{2}$ (114)	$2\frac{1}{2}$ (65)	7 (178)	14 (356)	20 (508)	

Tabla 4.3. Dimensiones para las orejas de izaje Fuente: Pressure Vessel Handbook

#### 4.5 REQUERIMIENTOS PARA LA PRESENTACIÓN DE PLANOS TÉCNICOS

Existen varias formas de presentar planos de recipientes a presión, sin embargo, si se estandariza un solo método, se pueden reducir tiempo y minimizar los errores. El objetivo de este proyecto es definir un método apropiado, estandarizarlo y convertirlo en una rutina de programación para que se de forma automática los planos.

Según el manual de recipientes a presión de Eugene Megyesy, se recomienda el siguiente método probado en la práctica y generalmente aceptado para recipientes horizontales:

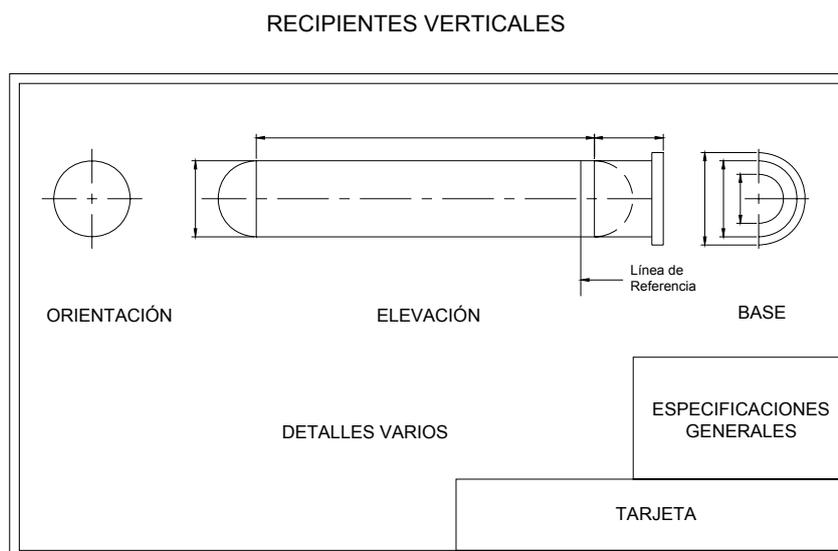


**Figura 4.22. Formato característico para planos de recipientes horizontales.**

- a. Seleccionar una escala apropiada, de tal forma que todas las aberturas se puedan ver sin que se vea confuso el plano
- b. Mostrar las dos vistas laterales únicamente si la cantidad de conexiones en las cabezas lo hace necesario. En este caso no es necesario presentar en ambas vistas las conexiones en el cuerpo.
- c. Mostrar las sillas por separado para que no se el plano no se vea sobre montado. En la elevación mostrar solo un esquema simple de las sillas con las líneas de centros.
- d. Ubicar las tapas
- e. Localizar la placa da datos
- f. Ubicar las costuras en la vista de elevación. Las costuras deben clarificar a las conexiones, las patas y las sillas.

- g. Mostrar en vista de elevación y en vista lateral esquemas de las aberturas, elementos internos, etc, si requieren detalles por separado de estos.
- h. Para acotar en la vista de elevación, todas las cotas deben estar indicadas desde la línea de referencia. Se debe mostrar la distancia desde la línea de referencia hasta la silla más próxima, y luego la distancia entre sillas.
- i. Para las conexiones bridadas se debe dibujar dos agujeros que están paralelos a la línea de centros de la brida.

Para recipientes verticales se recomienda el siguiente método:



**Figura 4.23. Formato característico para planos de recipientes verticales.**

- a. Seleccionar una escala apropiada, de tal forma que todas las aberturas, bandejas, costuras, etc, se puedan ver sin que se vea confuso el plano.
- b. Si el diámetro del recipiente es desproporcional a la longitud de este, dibujar el ancho de manera que haya suficiente espacio para todos los detalles.

- c. La orientación no es una vista superior, sino que es una manera esquemática de presentar información sobre ubicación de las conexiones, etc.
- d. Mostrar la orientación rotada de tal forma que se puedan ver los componentes en la misma posición que en la elevación.
- e. Dimensionar. Todos los elementos en la elevación deben estar dimensionados con cotas de flechas desde la línea de referencia.
- f. Ubicar las costuras largas, después de que está todo ubicado en la elevación.
- g. Marcar las líneas de centro del recipiente a  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  y  $270^\circ$ , y usar todo en la misma posición para las demás orientaciones.
- h. No es necesario mostrar los elementos internos en las orientaciones si su posición es clara en los esquemas de detalle.
- i. Dibujar orientaciones separadas para mostrar distintas conexiones, soportes, etc, si no hay espacio para dibujar todo en un solo esquema.
- j. Para recipientes con secciones cónicas, mostrar dos orientaciones, una para la parte superior y otra para la parte inferior.
- k. Dos agujeros para pernos en las bridas son suficientes para mostrar que el resto de agujeros se reparten a ambos lados de las líneas de centros.
- l. Si existe en el recipiente una bandeja de decantación, placa de separación, serpentín, etc., mostrar en la orientación el sentido de la inclinación.

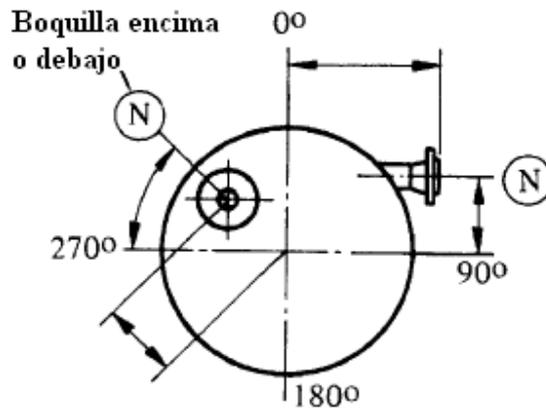
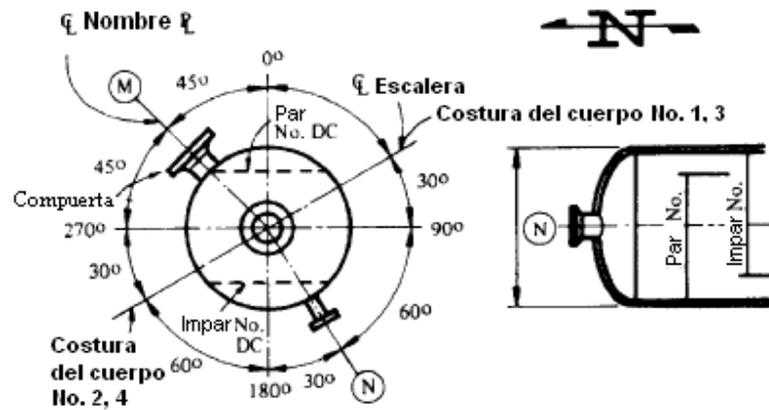


Figura 4.24. Plano de Orientación

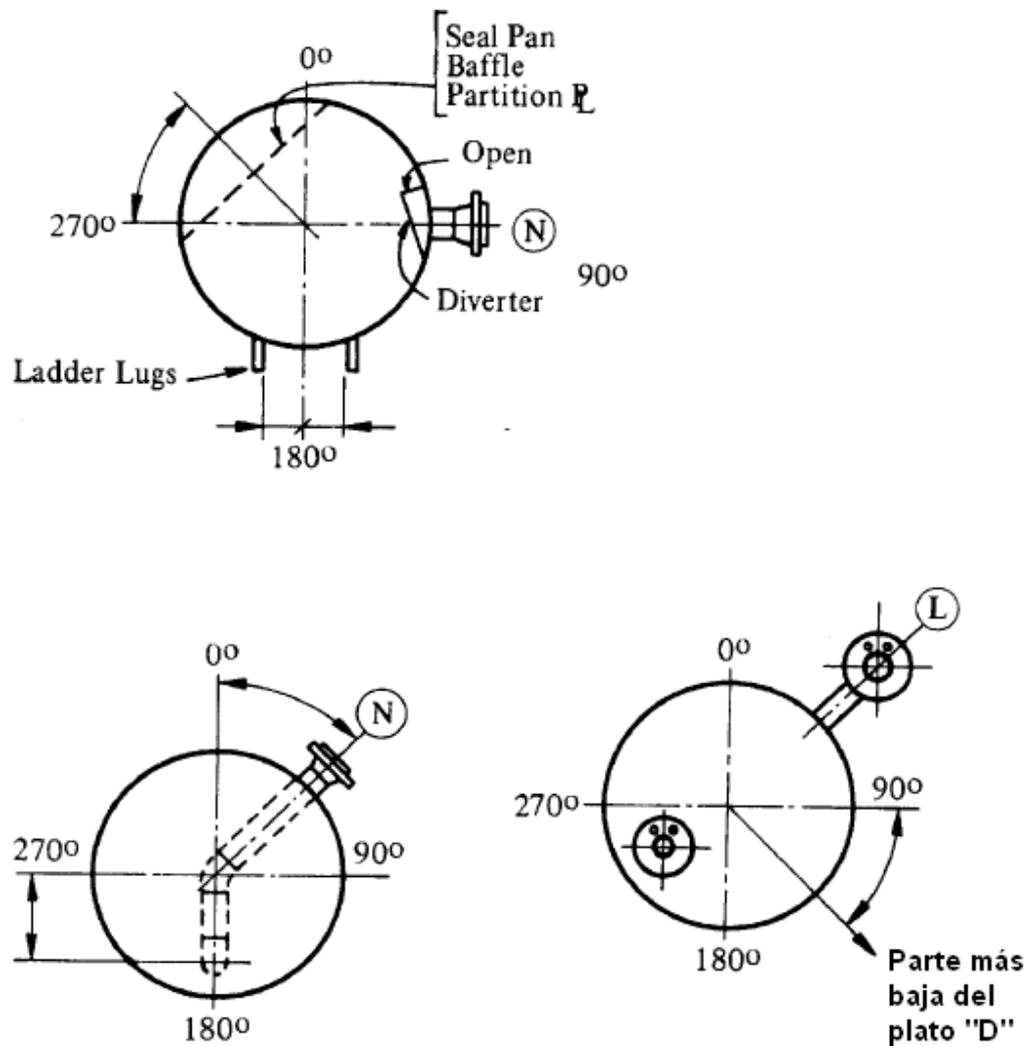


Figura 4.25. Orientaciones

#### 4.5.1 Datos de diseño

En los planos de detalle de los recipientes de presión se debe poner las condiciones con las que se diseñó el recipiente. Los datos principales que se deben poner se detallan a continuación en la siguiente tabla:

### CONDICIONES DE DISEÑO

Código:	Edición:	Adenda:
Capacidad nominal:		
Peso:      Seco:	En servicio:	A presión de prueba:
Presión de diseño:	Temp. de diseño:	
Presión de operación:	Temp. de operación:	
Presión de prueba:	Con:	Por:                      min
Radiografía:      Cuerpo:	Cabezas:	
Eficiencia de soldadura:      Cuerpo:	Cabezas:	
Prueba de impacto:	Tratamiento térmico:	
Corrosión permisible:		

**Tabla 4.4. Datos para las condiciones de diseño en el plano**

La tabla 4.4 es parte de las especificaciones generales y va incluida en el plano; por lo general en la parte superior de la tarjeta como se en las figuras 4.22 y 4.23.

#### **4.5.2 Lista de materiales**

Es muy importante que se incluya la lista de materiales con los que se va a construir el recipiente, ya que el plano es el principal documento para realizar la construcción y el montaje del equipo.

Este listado también es parte de las especificaciones generales, y se detalla el nombre del componente del recipiente y el material a usarse.

Los principales componentes que deben incluir son:

- Cuerpo
- Cabezas

- Couplings
- Tubería
- Refuerzos
- Empaques
- Esparragos / pernos
- Tuercas
- Perfiles
- Varillas
- Soportes / Corona

Es importante también detallar el tipo de protección que se le va a dar al recipiente, tanto externa como internamente.

#### **4.5.3 Listado de Conexiones**

Todas las conexiones y aberturas de los recipientes a presión deben detallarse en una tabla, lo cual hace que se pueda identificar de una manera más rápida y fácil a cada boquilla y conexión.

Los datos que deberá contener esta lista son los siguientes:

- El número
- El tipo de servicio
- La cantidad
- El diámetro y la clase para las bridas
- Y observaciones en caso de ser necesarias.

## PARTE 3: DESARROLLO



## 5 MÉTODO PARA DIBUJAR RECIPIENTES A PRESIÓN

El programa CAD elegido para automatizar el dibujo de recipientes a presión es AutoCAD 2007. Este método plantea los pasos a seguir para dibujar cada componente de manera sistemática y parametrizable, de modo que se pueda reproducir, y que pueda ser traducido a instrucciones de programación que se ejecutan a través de la Interfaz de Programación de Aplicaciones de AutoCAD 2007. Cabe aclarar que las unidades en las que se trabajarán en la plataforma CAD son los milímetros, por lo que todo el dibujo se manejará en milímetros.

### 5.1 CUERPO

Como se explicó en el capítulo anterior el cuerpo puede ser cilíndrico o esférico. Existen varios métodos de fabricación de los cuerpos, pero se deben generar los planos de dicho componente en el programa CAD elegido.

La nomenclatura a utilizar es la siguiente:

t = espesor de pared

Do = diámetro exterior

D = diámetro interior

L = longitud del cilindro

#### 5.1.1 *Cuerpo Cilíndrico*

Dibujar un cilindro en AutoCAD es sumamente fácil, por lo que se va a parametrizar ciertos datos de entrada para que se dibuje de forma automática.

Los datos de entrada son: El espesor (t), si está dibujado en función del diámetro interno o externo, el valor del diámetro, y la longitud del cuerpo. (L)

En AutoCAD 2007 se puede dibujar un cilindro hueco mediante dos procedimientos. El primero es dibujar dos cilindros concéntricos, y luego con la función “Subtract” quitar el volumen ocupado por el cilindro de menos diámetro en el cilindro de mayor diámetro.

El segundo procedimiento es dibujar el perfil longitudinal y con la función “Revolve”, dar el volumen alrededor del eje central del cilindro.

Para nuestro dibujo, utilizaremos el primer método ya que implican menos cantidad de instrucciones. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Se debe dibujar en el plano XY dos cilindros concéntricos. Para el caso de tener los datos del diámetro interior, se debe dibujar un cilindro con ese dato. La segunda circunferencia se debe dibujar con el diámetro exterior  $D_o$ , será igual a  $D + 2t$ . Tal como lo indica la figura 5.1.
- Los cilindros quedarán montados, por lo que se debe hacer el proceso de sustraer el volumen del cilindro pequeño del cilindro grande.

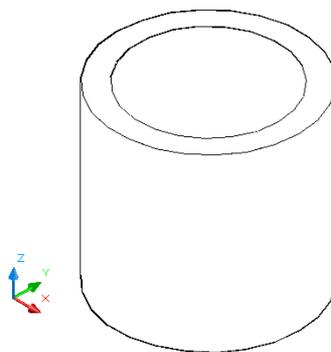


Figura. 5.1. Cilindros

### **5.1.2 Cuerpo Esférico**

Para dibujar el cuerpo esférico, se debe seguir básicamente el mismo método anterior. Se debe dibujar dos esferas concéntricas y luego sustraer el volumen de la esfera más pequeña. Los datos de entrada son:

t = espesor de pared

Do = diámetro exterior    o    D = diámetro interior

## **5.2 CABEZAS**

### **5.2.1 Cabeza Hemisférica**

La cabeza hemisférica es básicamente una media esfera. Para dibujar esta media esfera se debe dibujar la mitad de la sección longitudinal de la cabeza siguiendo los siguientes pasos:

- Se dibuja el arco interno del perfil
- Se dibuja el arco exterior
- Se unen los arcos por medio de líneas rectas.
- Las líneas que forman la sección, se deben convertir las líneas en región para poder generar un sólido.
- Mediante la opción “Revolve” generar el sólido alrededor del eje central de la cabeza haciendo girar 360°

Los datos de entrada son:

D = diámetro interno    o    Do = diámetro externo

e = espesor

Ver figura 4.1

### **5.2.2 Cabeza Elipsoidal**

La cabeza elipsoidal tiene un perfil longitudinal en forma de media elipse. Las elipses están formadas por un eje mayor y un eje menor. Como se habló en el capítulo 4, sección 4.1.2.2, las cabezas elipsoidales más comunes son aquellas que las dimensiones de sus ejes tienen una relación de 2:1, por lo tanto este método dibujará elipses con esa relación. Para esta se debe seguir el mismo procedimiento que la cabeza hemisférica, pero con una elipse.

- Se dibuja el arco interno del perfil.
- Se dibuja el arco exterior del perfil.
- Se unen los arcos por medio de líneas rectas.
- Las líneas que forman la sección, se deben convertir las líneas en región para poder generar un sólido.
- Mediante la opción “Revolve” generar el sólido alrededor del eje central de la cabeza haciendo girar 360°

Los datos de entrada son:

D = diámetro interno    o    Do = diámetro externo

e = espesor

### **5.2.3 Cabeza Torisférica (ASME Flanged and Dished)**

Para dibujar cabezas torisféricas el método para dibujar la sección transversal es un poco más complejo. Y todo depende de si los parámetros de entrada son el diámetro interno o el diámetro externo. De igual forma, se puede fabricar una cabeza que tenga una relación  $L/r$  distinta a  $16 \frac{2}{3}$  por lo que se debe dar la posibilidad de variar esas relaciones.

Se plantean dos métodos analíticos los cuales se basan en el método gráfico. El primero es si el dato de entrada es el diámetro interno, y el segundo si es el diámetro externo.

### Dimensiones Internas

D = diámetro interno

t = espesor de la placa

$$L = D + 2t \quad (5.1)$$

$$r = \frac{3L}{50} \quad (5.2)$$

### Método gráfico

- Dibujar línea base de longitud D/2
- Trazar los dos arcos de radio r con centro en los extremos de la línea de base.
- Dibujar dos arcos con radio L-r con centro en los extremos de la línea de base.
- Trazar un arco con radio L haciendo centro en la intersección de los dos arcos anteriores.

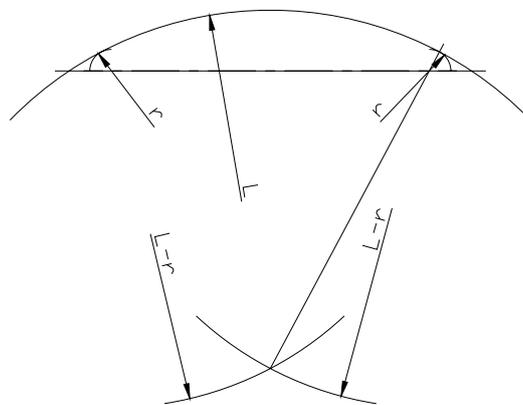


Figura 5.2. Método gráfico para dibujar una sección torisférica.

### Método Analítico

- Encontrar el punto de intersección de las dos circunferencias con radio L-r

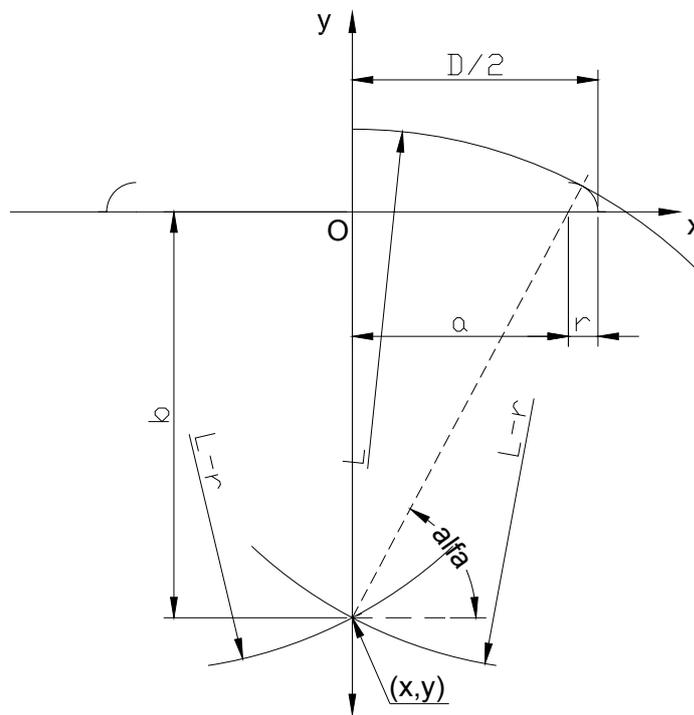


Figura 5.3. Parámetros para dibujar la sección torisférica.

$$a = \frac{D}{2} - r$$

$$(L - r)^2 = (x + a)^2 + y^2 \quad (5.3)$$

$$(L - r)^2 = (x - a)^2 + y^2 \quad (5.4)$$

1-2

$$(x + a)^2 - (x - a)^2 = 0$$

$$x = 0$$

en 1

$$y = \pm \sqrt{(L - r)^2 - a^2} \quad (5.5)$$

- Encontrar el ángulo de barrido del arco de rebordeo.

$$a = \frac{D}{2} - r$$

$$b = -\sqrt{(L-r)^2 - a^2}$$

$$\alpha = \text{atg}\left(-\frac{b}{a}\right) \quad (5.6)$$

- Dibujar arco de rebordeo con radio r con punto inicial en el punto extremo de la línea base, el ángulo  $\alpha$
- Dibujar el arco de la corona con radio L, centro en (x,y), ángulo inicial en  $\alpha$  y ángulo final  $\pi/2$
- Dibujar los arcos de rebordeo y de corona exteriores.
- Trazar las líneas que unen los arcos para cerrar el perfil y convertir las líneas en región.
- Realizar un “Revolve” de 360° al perfil para formar el sólido.
- Borrar las entidades innecesarias.

### Dimensiones Externas

Do = diámetro externo

t = espesor de la placa

$$L = Do \quad (5.7)$$

$$r = (3 \cdot L) / 50 \quad (5.8)$$

- Dibujar línea de referencia de longitud D/2
- Dibujar arco de rebordeo con radio r

## 5.3 CONEXIONES

### 5.3.1 Bridas

Las tablas de dimensiones estándar para las bridas que están en el estándar ASME B16.5, se deben tabular en la tabla de Access correspondiente.

Para generar la brida es necesario dibujar la mitad del perfil de la sección longitudinal del la brida. De esta manera se trazará el siguiente esquema.

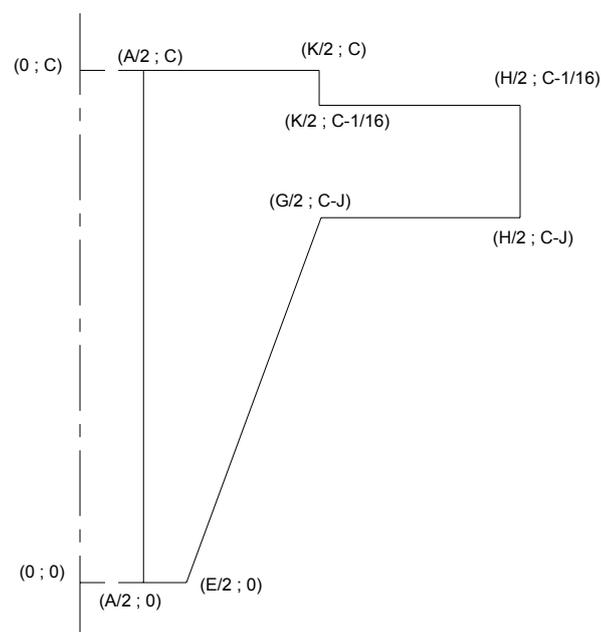


Figura 5.4. Perfil de la sección longitudinal de la brida

En el Pressure Vessel HandBook, se presenta una tabla simplificada con las dimensiones de las bridas basándose en el estándar ASME B16.5. Las coordenadas de los puntos que se indican en la figura 5.4, están basados en la nomenclatura de la Figura 5.5. Las dimensiones están almacenadas en la tabla Flangesgen como se indica más adelante en la sección 6.5.

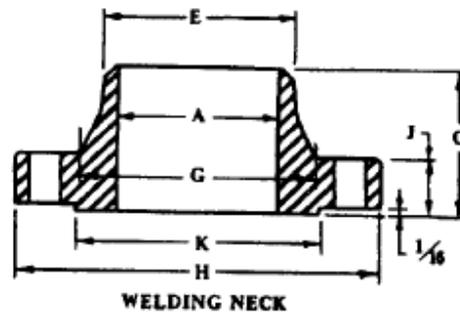


Figura 5.5. Nomenclatura de las dimensiones de bridas según Pressure Vessel Handbook

Una vez que esté dibujado el perfil de la sección longitudinal de la brida, se debe realizar un “Revolve” de 360° alrededor del eje central.

### 5.3.2 Tubería

La tubería es un elemento fácil de dibujar, y el procedimiento es el mismo que el del cuerpo cilíndrico del recipiente, pero con dimensiones estándar de la ASME B36.10. Estas dimensiones se encuentran en la tabla Schmetrico como se detalla en la sección 6.5

Los datos de entrada son:

Sch = cédula de la tubería

D = diámetro nominal

L = longitud de la tubería

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Se debe dibujar en el plano XY dos cilindros concéntricos. Se extrae la información del diámetro exterior de la base de datos y con el valor de la cédula se calcula el diámetro interior. La altura de cada cilindro corresponde a la longitud de elemento de tubería.
- Los cilindros quedarán montados, por lo que se debe hacer el proceso de sustraer el volumen del cilindro pequeño del cilindro grande.

### 5.3.3 Codos

Para dibujar estos accesorios, se tomarán las dimensiones de las tablas simplificadas del estándar ASME 16.9 que se encuentran en el Pressure Vessel Handbook. Estos datos están almacenados en la tabla Weldelbows de la base de datos de Access como se detalla en la sección 6.5. El método de dibujo deben seguir los siguientes pasos:

- Se debe dibujar un arco que representa la línea de eje del codo. El ángulo barrido por este arco definirá si es un codo a 90° o a 45°.
- Luego se deben dibujar los círculos con el diámetro externo e interno de la tubería del codo, en el mismo plano del arco.
- Una vez dibujados los círculos, se los gira, de tal forma que los círculos queden perpendiculares al inicio del arco, tal como muestra la figura 5.6.

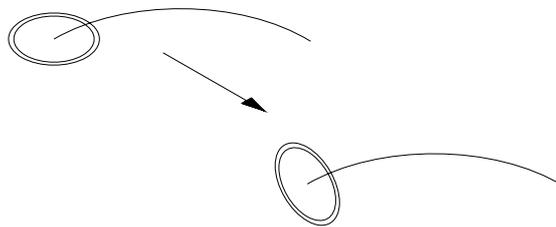


Figura 5.6. Perfil del codo

- Con la función “Extrude” se extruyen los dos círculos a través de la línea de eje.
- Se sustrae el volumen más pequeño dando forma a la tubería.
- El programa tiene la opción de elegir la orientación del codo antes de colocarlo en el espacio.

Los datos de entrada son:

Sch = cédula de la tubería

Grados de curvatura (45°; 90°)

Orientación del codo.

#### 5.4 REPRESENTACIÓN DE JUNTAS SOLDADAS Y CONEXIONES

Como se habló en el capítulo 4, el código ASME de Calderas y Recipientes a presión, ha definido ciertas configuraciones de juntas que están aceptadas. Debido a que estas configuraciones ya están definidas, se crearán bloques modificables en AutoCAD 2007, para que el usuario pueda insertarlos e ingresar las dimensiones.

Los bloques, son dibujos predefinidos, que se comportan como un solo objeto y que están almacenados dentro del mismo archivo o en archivos externos. En dichos bloques se tiene la posibilidad de agregar etiquetas con información la cual se puede modificar fácilmente. Para el caso de los esquemas de soldadura, se crearán bloques de tal forma que se pueda insertar un cierto esquema y se pueda ingresar datos como la pierna de la soldadura, espesores de placa y código de la soldadura. Para facilidad del usuario, estos esquemas estarán clasificados según tengan refuerzo o no. En las figuras 5.7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 se presentan los bloques con los esquemas de soldadura sin refuerzo. Las juntas con refuerzo se indican en las figuras 5.16, 17, 18 y las juntas de conexiones roscadas en las figuras 5.19, 20, 21, 22, 23 y 5.24.

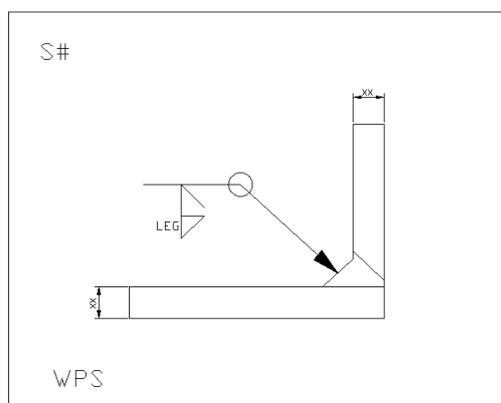


Figura. 5.7. UW-16(a)

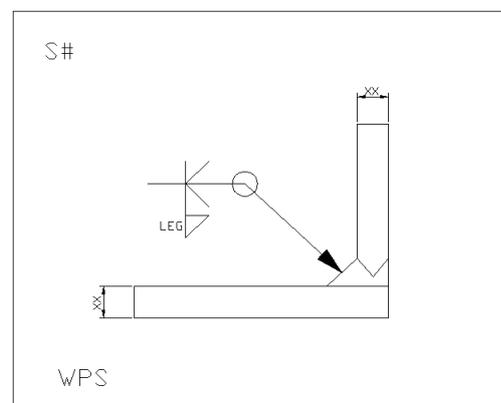


Figura 5.8. UW-16(b)

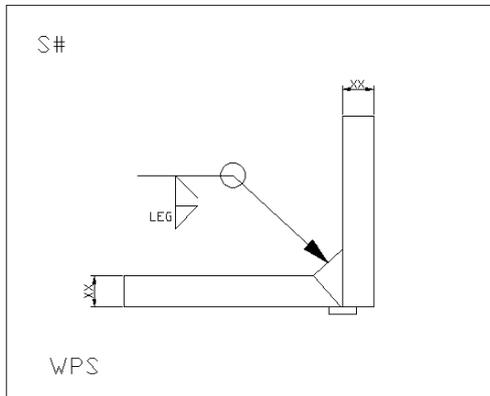


Figura 5.9. UW-16(c)

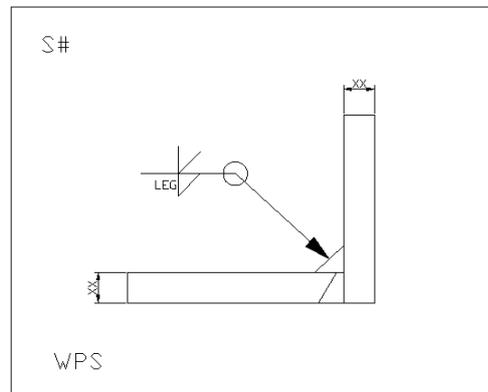


Figura 5.10. UW-16(d)

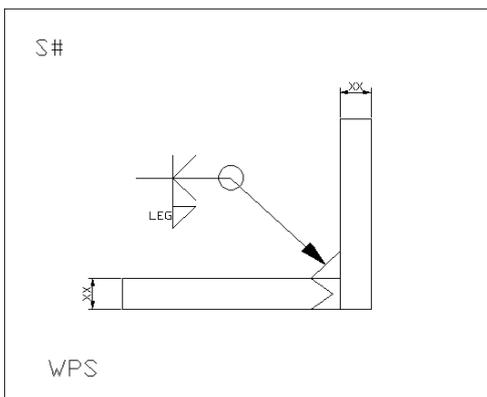


Figura 5.11. UW-16(e)

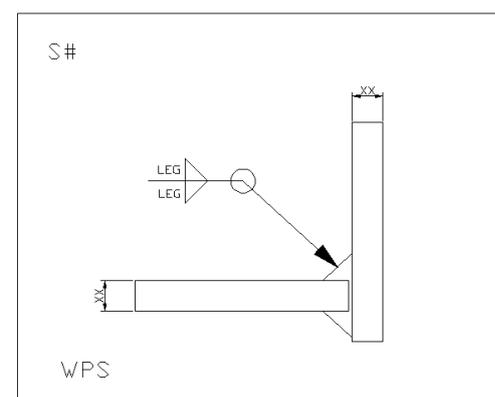


Figura 5.12. UW-16(i)

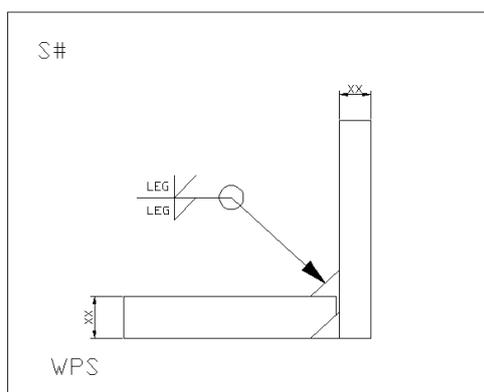


Figura 5.13. UW-16(j)

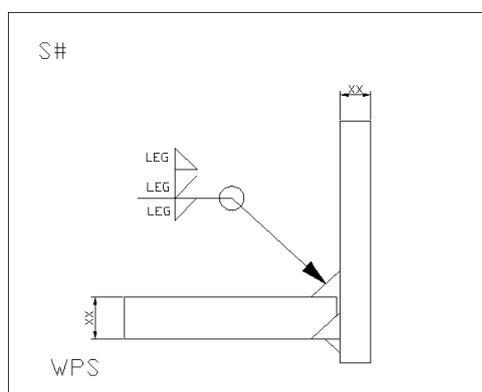


Figura 5.14. UW-16(l)

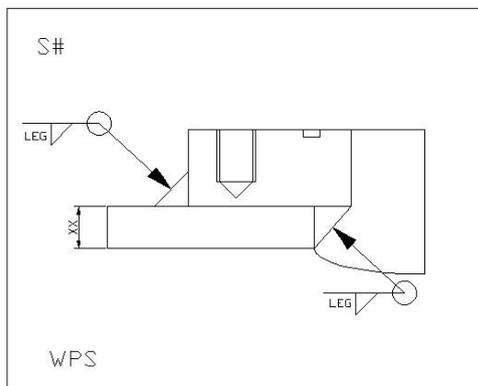


Figura 5.15. UW-16(p)

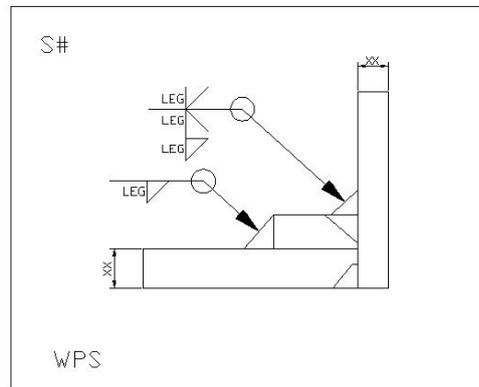


Figura 5.16. UW-16(q)

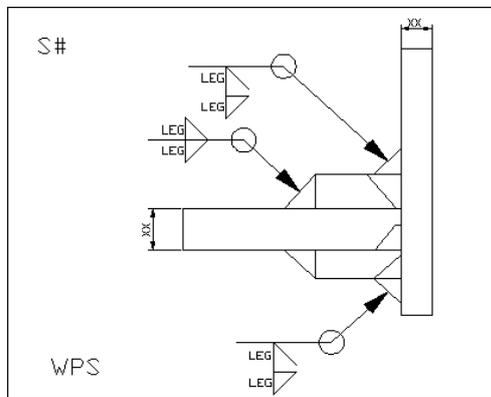


Figura 5.17. UW-16(r)

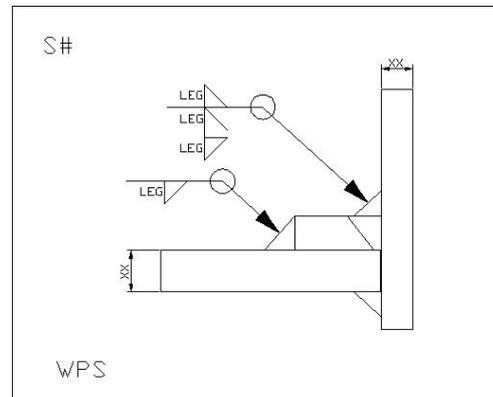


Figura 5.18. UW-16(s)

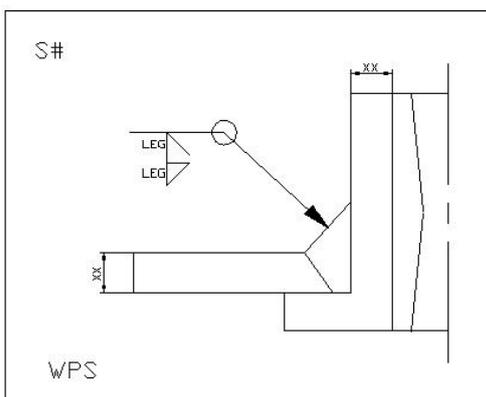


Figura 5.19. UW-16(x-1)

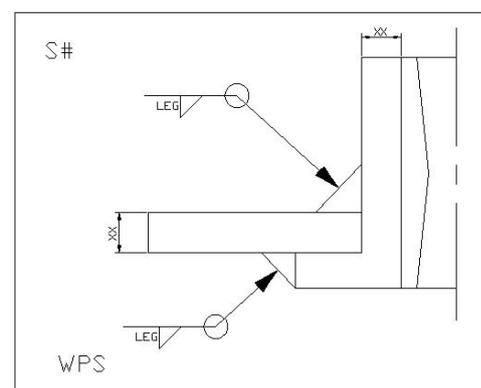


Figura 5.19. UW-16(x-2)

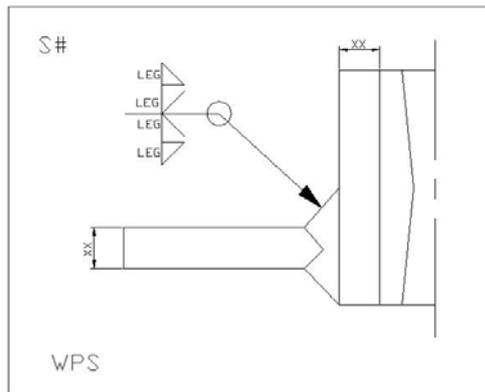


Figura 5.21. UW-16(y-1)

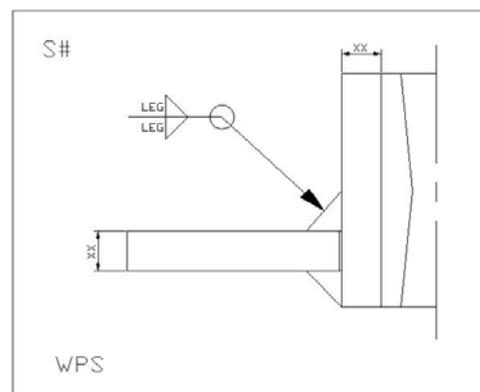


Figura 5.22. UW-16(y-2)

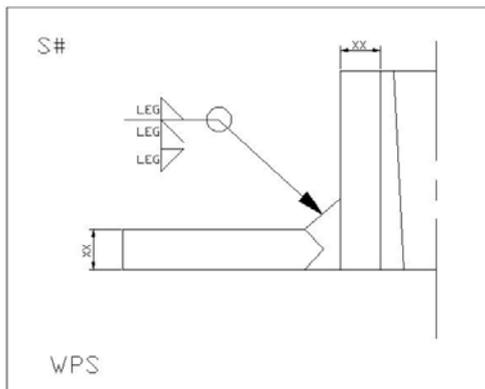


Figura 5.23. UW-16(z-1)

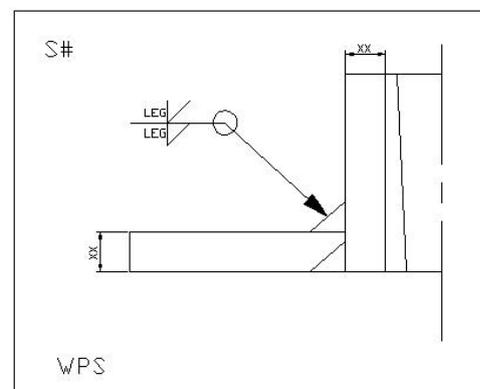


Figura 5.24. UW-16(z-2)

## 5.5 ACCESORIOS A NO PRESIÓN

### 5.5.1 Diseño de soportes para recipientes verticales

#### Faldones

Los faldones de los recipientes se realizan de una manera muy similar al cuerpo cilíndrico. Los datos que se deben ingresar son el diámetro externo de la cabeza, el espesor de la placa y la longitud del faldón.

Para dibujar el faldón a tope como se muestra en la Figura 4.16 se utilizan las siguientes fórmulas:

Siendo  $D$  el diámetro exterior de la cabeza y  $t$  el espesor de la placa del faldón tenemos que el diámetro del cilindro exterior  $D_e$  y el diámetro del cilindro interior  $D_i$  es:

$$D_e = D \quad (5.9)$$

$$D_i = D - 2 \cdot t \quad (5.10)$$

Para el faldón tipo traslapado se utilizan los siguientes valores:

$$D_e = D + 2 \cdot t \quad (5.11)$$

$$D_i = D \quad (5.12)$$

Como en el método para dibujar el cuerpo, se debe extraer el cilindro interno del cilindro externo dibujado, con la opción "Subtract" de AutoCAD.

### Patatas

Los soportes para recipientes verticales, también denominados "patatas" que están hechos con perfiles en L, se los dibujará junto a la placa de base. El método para dibujar este tipo de perfiles es el siguiente:

- Se debe dibujar en un plano el perfil de la sección transversal del elemento.
- Al conjunto de líneas que conforman el perfil convertirlas en una sola región.
- Una vez listo el perfil de la sección, se debe "extruir" dicho objeto la altura deseada. Ver Figura 5.26.
- Cuando esté creado el soporte se deberá crear la placa de base, de una manera similar. Se crea la sección transversal de la placa y luego se "extruye" el espesor correspondiente. La Figura 5.27 indica las dimensiones y la posición de la placa.
- Las dimensiones estarán tabuladas en una tabla de Access.

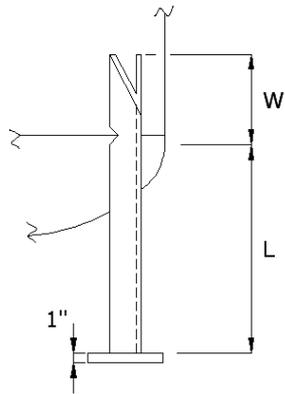


Figura 5.25. Soportes para Recipientes Verticales.

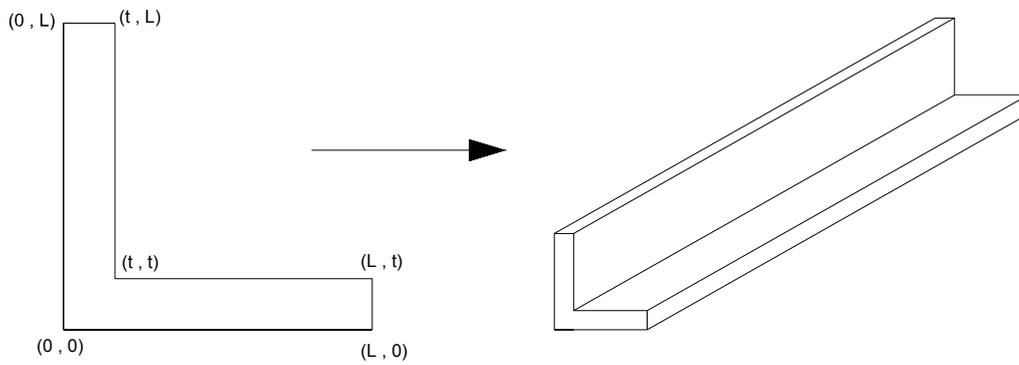


Figura 5.26. Proceso de dibujo del perfil en L

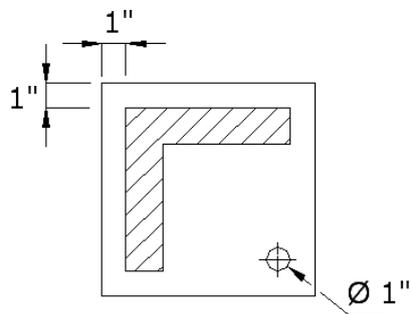


Figura 5.27. Proyección de los Cuatro Soportes.

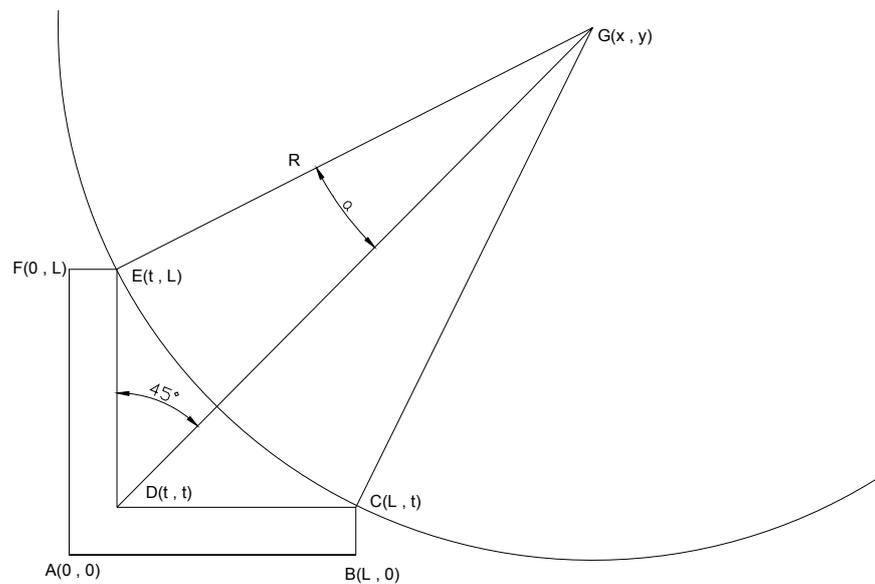


Figura 5.28. Coordenadas del centro del recipiente con respecto a la sección de la pata.

Para poder generar los dibujos de los cuatro sopores alrededor del recipiente, se debe determinar las coordenadas relativas del centro del recipiente con respecto al punto de origen del perfil del ángulo. Con la ley de senos se obtiene la distancia DG:

$$\frac{\text{sen}(45)}{R} = \frac{\text{sen } s(a)}{L-t}$$

$$a = \text{sen}^{-1}\left(\frac{(L-t) \cdot \text{sen}(45)}{R}\right) \tag{5.13}$$

Con estos datos se obtiene el ángulo opuesto al lado DG y con la ley de cosenos se puede obtener la distancia DG.

$$b = 180 - 45 - a$$

$$DG = \sqrt{R^2 + (L-t)^2 - 2R(L-t)\cos(b)} \tag{5.14}$$

Con esta distancia más la distancia AD se puede obtener las coordenadas Gx y Gy.

$$AD = \sqrt{2t^2}$$

$$Gx = Gy = \text{sen}(45) \cdot (DG + AD) \quad (5.15)$$

Una vez halladas las coordenadas se debe realizar un arreglo polar de cuatro objetos con centro en G. El arreglo polar se lo realiza con la función "polar array" de AutoCAD.

### 5.5.2 Diseño de soportes para recipientes horizontales

Los soportes para recipientes horizontales están diseñados bajo el método de Zick como se indicó en el capítulo 3, de lo cual se han definido ciertas dimensiones que satisfacen este método. En la tabla 4.2 se muestra las dimensiones según la nomenclatura de la figura 4.20 hasta recipientes de diámetro 18 plgs. En el Pressure Vessel Handbook se presentan las dimensiones de sillas para recipientes de hasta 144 plgs.

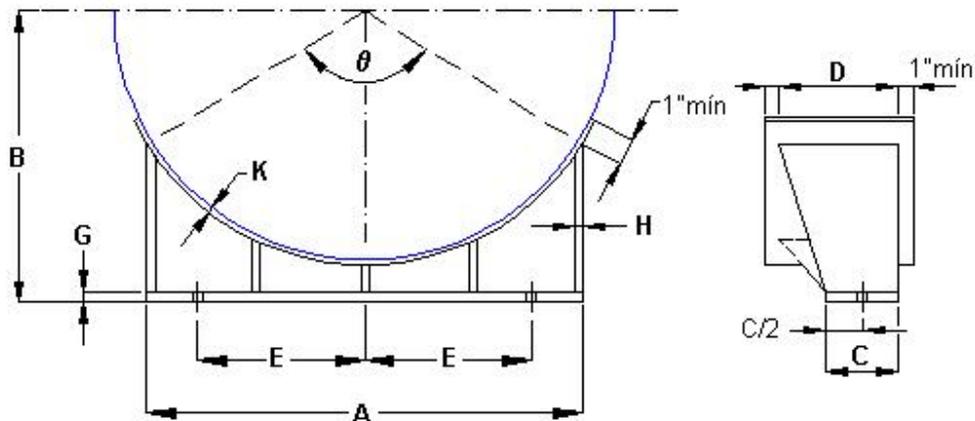


Figura 5.29. Detalle de las sillas para recipientes horizontales

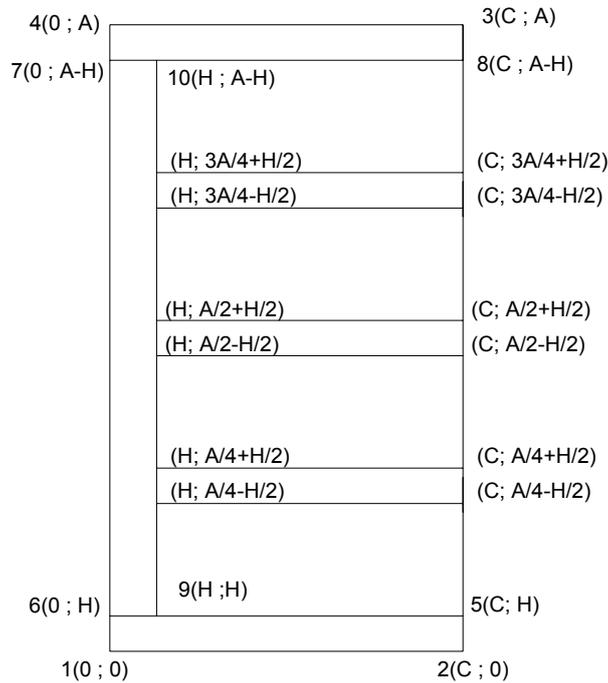


Figura 5.30. Coordenadas para dibujar las sillas vista superior

- En primer lugar se debe dibujar la placa base que se encuentra en el piso. Para esto se dibuja un rectángulo en el plano x-y como se indica en la Figura 5.30, y corresponden a los puntos 1-2-3-4 con una elevación de cero con respecto al nivel de referencia. y luego se extruye el espesor de la placa H.

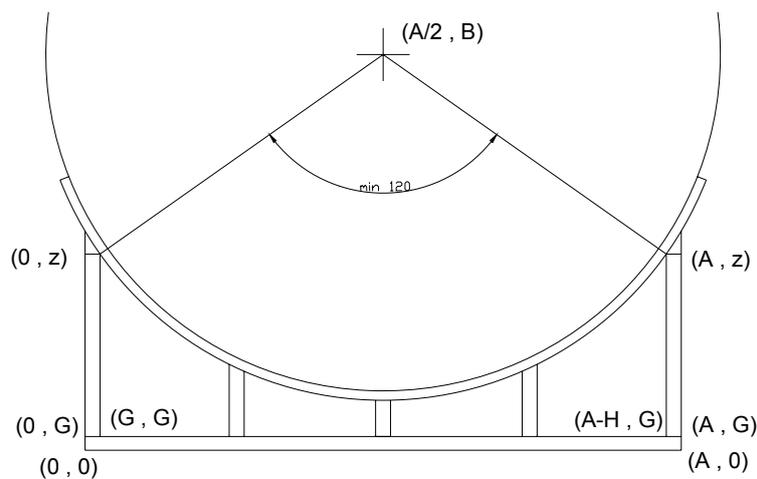


Figura 5.31. Coordenadas para dibujar las sillas vista lateral

- Luego se procede a dibujar las costillas o nervios de la silla. Para esto se dibuja el perfil longitudinal, es decir, el que se muestra en la parte superior e inferior de la Figura 5.30 y corresponden a los rectángulos 1-2-5-6 y 7-8-3-4, con una elevación de H con respecto al sistema de referencia. Luego se extruye un espesor Z.
- Para calcular Z debemos calcular la distancia por trigonometría. (Ver Figura 5.32) y luego la distancia Z.

$$y = \sqrt{(R + K)^2 - \left(\frac{A}{2} - H\right)^2} \quad (5.16)$$

$$Z = B - y - G \quad (5.17)$$

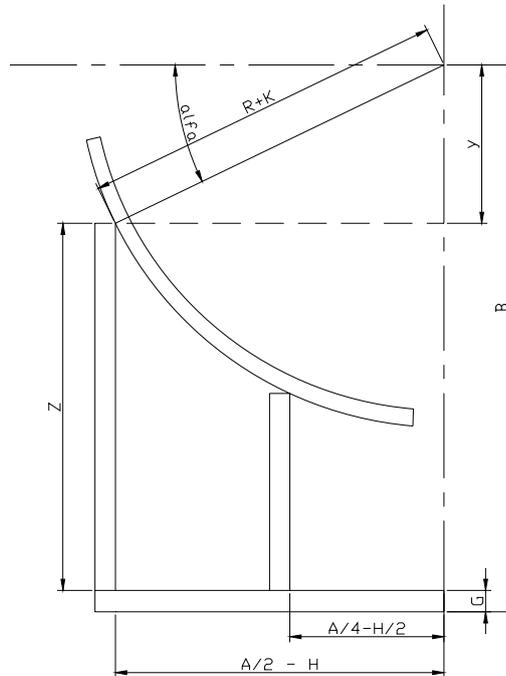


Figura 5.32. Altura de las costillas de la silla

- Para calcular la altura de las costillas del centro en el caso de haber mas de dos, simplemente se debe se debe calcular z con el valor de  $y=R+K$  para poner dos costillas mas se calcula z con:

$$y = \sqrt{(R + K)^2 - \left(\frac{A}{4} - \frac{H}{2}\right)^2} \quad (5.18)$$

- De igual manera se hace con la costilla longitudinal que corresponde al rectángulo 6-9-10-7 con una elevación de H con respecto al sistema de referencia. Se la extruye con un valor Z de las paredes laterales.
- Para la placa de refuerzo se dibuja el perfil de los arcos en el plano XY como se indica en la figura 5.33. Luego se unen los dos arcos dibujados y se procede a convertir en región para extruir una espesor D + 2" de acuerdo a la nomenclatura utilizada en la Figura 5.29.

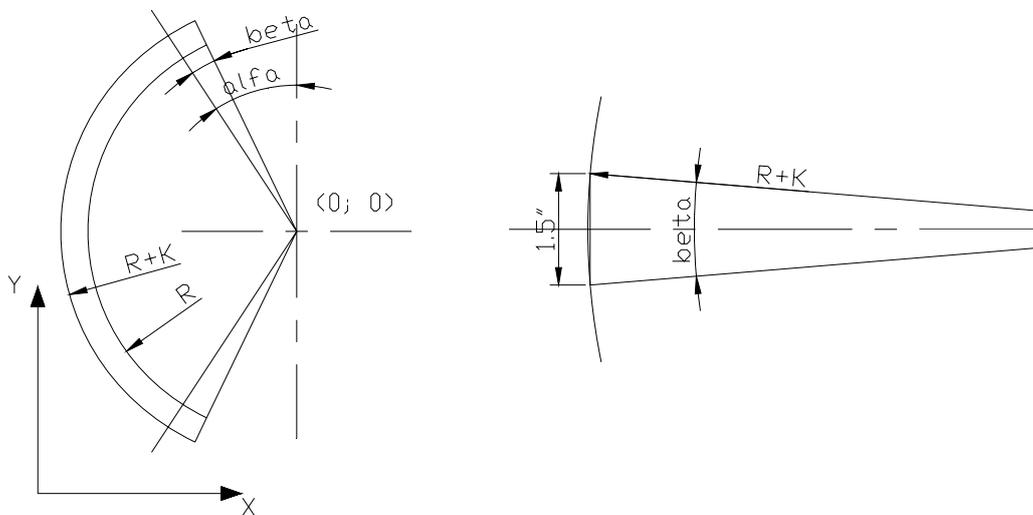


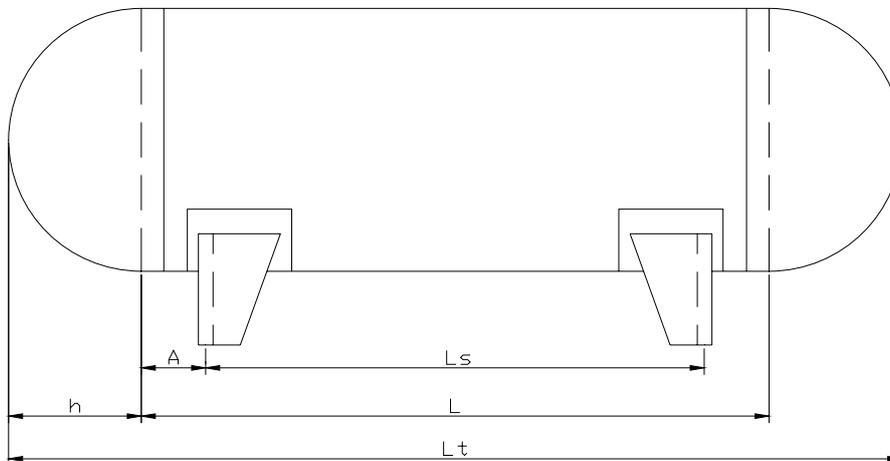
Figura 5.33. Dibujo del perfil de la placa de refuerzo

- Los ángulos alfa y beta que se muestran en la Figura 5.33 se determina de la siguiente forma:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{y}{A/2 - H}\right) \tag{5.19}$$

$$\beta = 2 \cdot \arcsen\left(\frac{19.05}{R + H}\right) \tag{5.20}$$

- Para ubicar las sillas debajo del recipiente se debe calcular la distancia de separación como indica la Figura 5.34. Cuando se dibuja la primera silla, esta se translada al punto correspondiente, luego se copia, se la gira y se ubica la segunda silla con una distancia de separación Ls.



**Figura 5.34. Distancia entre sillas**

El método de análisis de esfuerzos en las sillas por el método de Zick, determina que la distancia óptima entre las sillas está dada por  $L_s$ , siendo  $L_t$  la longitud de un cilindro completo equivalente a la longitud del cilindro con las cabezas.

$$L_t = L + 2(2/3h) \quad (5.21)$$

$$L_s = 0.586 \cdot L_t \quad (5.22)$$

Para determinar la distancia  $L_s$ , el usuario debe ingresar la distancia  $L$  y la distancia  $h$ .

### **5.5.3 Orejas de izaje**

Al igual que otros elementos, las orejas de izaje se dibujarán basadas en las tablas de dimensiones establecidas. Estas dimensiones que se presentan en la Tabla 4.3, se almacenan en una base de datos de Access, de la cual se extrae la información.

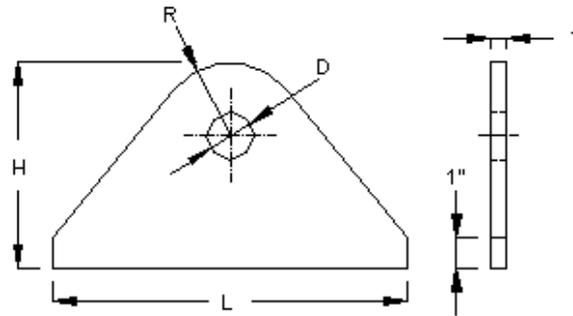


Figura 5.35. Geometría de la Oreja

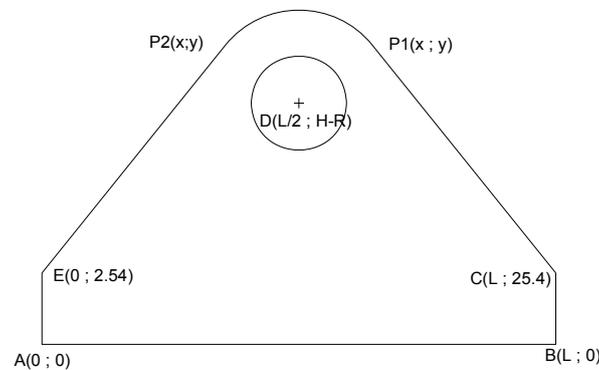


Figura 5.36. Coordenadas del perfil transversal de la oreja de izaje

Para encontrar el punto de tangencia P1 de forma analítica se debe hallar el punto que pertenece a la circunferencia externa y a la recta tangente. Las coordenadas del punto de tangencia son (x ; y).

La ecuación de la circunferencia externa es:

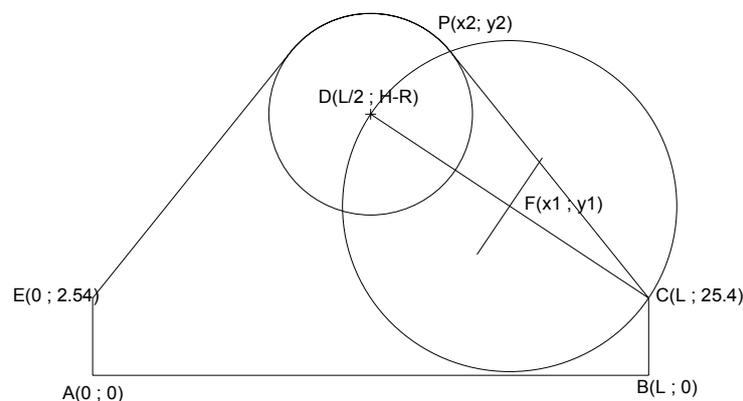
$$\left[ y - (H - R) \right]^2 + \left[ x - \frac{L}{2} \right]^2 = R^2 \tag{5.23}$$

Una condición que debe cumplir la recta tangente a dicha circunferencia es que el radio se perpendicular a la recta, por lo que las pendiente del radio debe ser la inversa negativa de la pendiente de la recta.

$$\frac{y - (H - R)}{x - \frac{L}{2}} = - \left( \frac{y - 25.4}{L - x} \right)^{-1} \tag{5.24}$$

Estas dos ecuaciones, generan un sistema de ecuaciones cuadráticas difícil de resolver, por lo que se planteará el método gráfico para hallar las coordenadas de ambos puntos.

Para encontrar los puntos de tangencia  $P_1$  y  $P_2$ , se utilizará un método gráfico por ser más fácil respecto al método analítico. Para esto se debe trazar la circunferencia con radio  $R$  con centro en  $D$ . Luego trazar una recta desde  $D$  a  $C$  y encontrar en punto medio  $F$  de la recta. Se traza una circunferencia con centro en  $F$  y radio  $DF$ . El punto de tangente  $P$  es el punto de intersección entre la circunferencia y el arco  $DC$ . Este punto puede ser encontrado con el método "Intersectwith" de AutoCAD 2007. Se debe realizar el mismo procedimiento para el otro punto tangente. La Figura 5.37 muestra las líneas auxiliares utilizadas.



**Figura 5.37. Proceso de dibujo del perfil transversal de la oreja de izaje**

Una vez que se encuentren los puntos tangentes se dibuja las líneas del perfil de acuerdo a las coordenadas de todos los puntos, como se muestra en la Figura 5.36., borrando las líneas auxiliares. Luego de esto se dibuja la circunferencia con centro en  $D$  y diámetro  $D$  y se procede a "extruir" las dos regiones una altura  $t$ . Cuando se hayan convertido en sólidos 3D, con el método Boolean se sustrae el cilindro interno de cuerpo más grande.

## 5.6 REQUERIMIENTOS PARA LA PRESENTACIÓN DE PLANOS TÉCNICOS

Para la presentación de los planos técnicos, se establecerán bloques en AutoCAD 2007 con los formatos preestablecidos, de tal forma que el usuario sólo ingrese la información solicitada en los campos definidos.

Para entender la forma de presentar los planos en AutoCAD 2007, se deben entender ciertos términos que se manejan en este programa de CAD. A continuación se definen algunos términos:

*Model Space.*- es el espacio en donde se realiza la geometría del dibujo.

*Paper Space.*- es el espacio que representa la hoja de dibujo y en donde se ponen las vistas necesarias para presentar el plano.

*Layout.*- es una pestaña que contiene el "Paper Space" y sus respectivos elementos. Pueden crearse varios "Layout", según la necesidad.

*Viewport.*- es una ventana que se coloca en el Layout space para indicar una figura específica del "Model Space". En esta ventana se puede modificar la vista y la escala de forma independiente al "Paper Space".

Para recipientes verticales se generarán cuatro viewports en el layout space. De tal forma que se indiquen las vistas correspondientes a la Figura 4.22 y el detalle de la silla.

RECIPIENTES HORIZONTALES

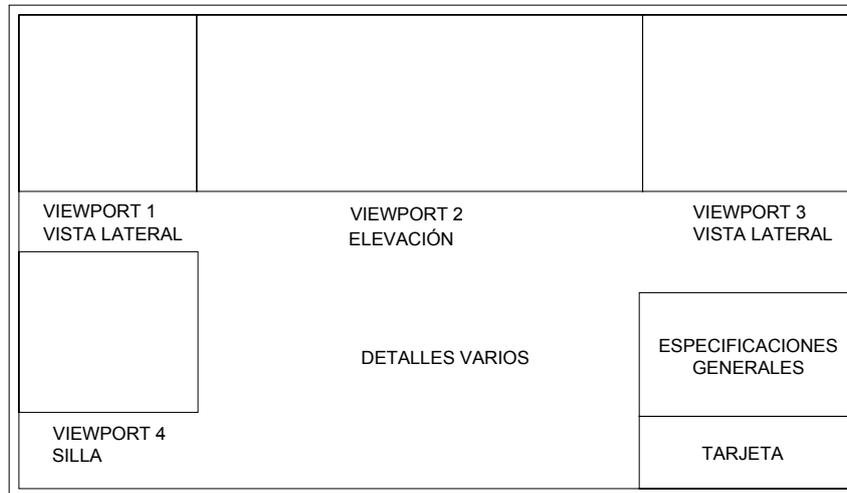


Figura 5.38. Ubicación de los “Viewports” en el plano para recipientes horizontales

De similar forma para recipientes verticales se debe incluir viewports como lo indica la Figura 5.39.

RECIPIENTES VERTICALES

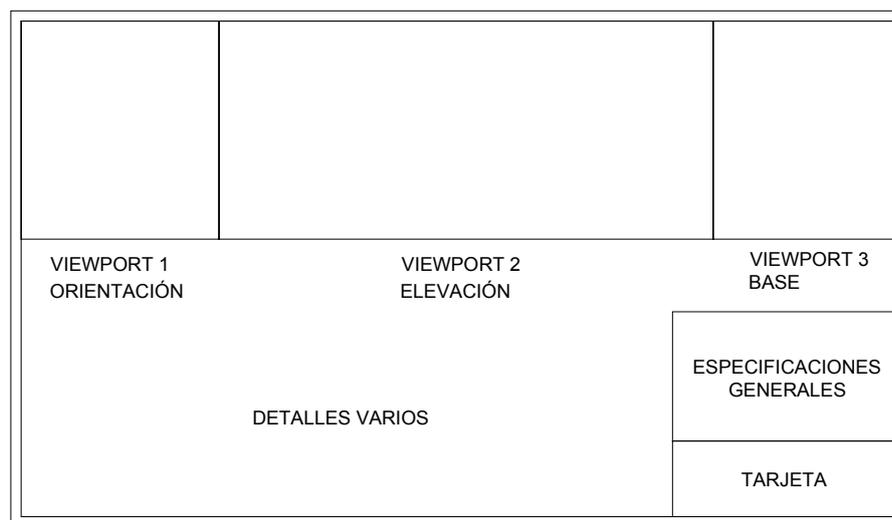


Figura 5.39. Ubicación de los “Viewports” en el plano para recipientes verticales

### 5.6.1 Datos de diseño

Los datos de diseño se ingresarán según el bloque que se indica en la Figura 5.40. Habrá la opción de insertar tanto en el Paper Space como en el Model Space.

CONDICIONES DE DISEÑO DESIGN CONDITIONS	CODIGO: CODE:		EDICION: EDITION:		ADENDA: ADDENDA:	
	CAPACIDAD NOMINAL: NOMINAL CAPACITY:					
	PESO: WEIGHT:	SECO: DRY:		EN SERVICIO: IN SERVICE:		
		A PRESIÓN DE PRUEBA: AT PRESSURE TEST:				
	PRESIÓN DE DISEÑO: DESIGN PRESSURE:			TEMP. DE DISEÑO: DESIGN TEMP.:		
	PRESIÓN DE OPERACIÓN: WORKING PRESSURE:			TEMP. DE OPERACIÓN: WORKING TEMP.:		
	PRESIÓN DE PRUEBA: TEST PRESSURE:		CON: WITH:	POR: BY:		min.
	RADIOGRAFÍA: RADIOGRAPHY:	CUERPO: SHELL:	CABEZAS: HEADS:			
	EFICIENCIA JUNTA: JOINT EFFICIENCY:	CUERPO: SHELL:	CABEZAS: HEADS:			
	PRUEBA DE IMPACTO: IMPACT TEST:					
	TRATAMIENTO TÉRMICO: THERMAL TREATMENT:					
	CORROSIÓN PERMISIBLE: ALLOWANCE CORROSION:					
	AISLAMIENTO: AISLAMIENTO:					

Figura 5.40. Datos para las condiciones de diseño en el plano

### 5.6.2 Lista de materiales

La lista de materiales se presenta en un bloque como la figura 5.41. El proyectista o dibujante deberá ingresar los datos según lo requerido en dicho formato. Habrá la opción de insertar tanto en el Paper Space como en el Model Space.

MATERIALES	CUERPO: SHELL
	CABEZAS: HEADS
	SOPORTES: SUPPORTS
	PL. REFUERZO: REINF. PLATES
	BRIDAS: FLANGES
	TUBERIA: PIPE
	CONEXIONES: COUPLINGS
	UNIONES SOLDABLES: WELDING FITTINGS
	EMPAQUES: GASKETS
	PERNOS & TUERCAS: BOLTS & NUTS
	PERFILES: SHAPES
	VARILLAS: BARS
	INTERNOS: INTERNALS

Figura 5.41. Tabla de presentación de los materiales para la construcción

### 5.6.3 Listado de Conexiones

Para el listado de conexiones se elaborará una tabla en forma de bloque, la cual se irá llenando según el diseño del recipiente. En la Figura 5.42 se presenta el formato de la tabla. Habrá la opción de insertar tanto en el Paper Space como en el Model Space.

ITEM	TAMAÑO SIZE	CLASE CLASS	ESTANDAR SPECIFICATION	SERVICIO SERVICE
LISTADO DE CONEXIONES SCHEDULE OF OPENINGS				

Figura 5.42. Tabla para la presentación del listado de conexiones.

## 6 DESARROLLO DEL PROGRAMA

### 6.1 CONCEPTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA

Como ya se habló en el capítulo 3, una de las herramientas más populares de l mercado ecuatoriano y del mundo es el programa AutoCAD, el cual tiene un entorno programable de múltiples lenguajes lo que permite enviar comandos para realizar tareas repetitivas y así ahorrar tiempo y evitar errores producidos por el usuario.

El programa consta de aplicaciones ActiveX<sup>®</sup> Automation, basado en el lenguaje de VBA (Visual Basic<sup>®</sup> for Applications) que están programados en la nterfaz de programación de AutoCAD 2007.

Visual Basic se ha convertido en la actualidad en uno de los más poderosos lenguajes de programación utilizados, puesto que proporciona un juego completo de herramientas que facilitan el desarrollo rápido de aplicaciones.

Como su nombre lo indica “Visual” hace referencia al método que se utiliza para crear la interfaz gráfica de usuario. En lugar de escribir numerosas líneas de código para describir la apariencia y la ubicación de los elementos de la interfaz, simplemente se puede agregar objetos prefabricados en su lugar dentro de la pantalla.

Visual Basic ha evolucionado a partir del lenguaje “BASIC” original y ahora contiene centenares de instrucciones, funciones y palabras clave, muchas de las cuales están directamente relacionadas con la interfaz gráfica de Windows. La eficacia del lenguaje permite a los profesionales acometer cualquier objetivo que pueda alcanzarse mediante cualquier otro lenguaje de programación de Windows.

Esta edición de Visual Basic para Aplicaciones, contiene varias librerías de objetos de Microsoft Office y muchas otras aplicaciones de Windows. El sistema de programación de Visual Basic es un lenguaje de secuencias de comandos ampliamente difundido y un subconjunto del lenguaje Visual Basic.

Los formularios son la base para crear la interfaz de una aplicación. Se pueden usar formularios para crear ventanas y cuadros de diálogo a la aplicación. También puede usarlos como contenedores de elementos que no son parte visible de la interfaz de la aplicación. Por ejemplo, puede tener un formulario en su aplicación que sirva como contenedor para gráficos que quiera presentar en otros formularios.

El primer paso para crear una aplicación con Visual Basic es crear la interfaz, la parte visual de la aplicación con la que va a interactuar el usuario. Los formularios y controles son los elementos de desarrollo básicos que se usan para crear la interfaz; son los objetos con los que se trabaja para desarrollar la aplicación.

Los formularios son objetos que exponen las propiedades que definen su apariencia, los métodos que definen su comportamiento y los eventos que definen la forma en que interactúan con el usuario. Mediante el establecimiento de las propiedades del formulario y la escritura de código de Visual Basic para responder a sus eventos se personaliza el objeto para cubrir las necesidades de la aplicación.

Los controles son objetos que están contenidos en los objetos de formularios. Cada tipo de control tiene su propio conjunto de propiedades, métodos y eventos, que lo hacen adecuado para una finalidad determinada. Algunos de los controles que puede usar en las aplicaciones son más adecuados para escribir o mostrar texto, mientras que otros controles permiten tener acceso a otras aplicaciones y procesan los datos como si la aplicación remota formara parte del código.

La ventana Editor de código es el lugar donde escribe el código de Visual Basic para su aplicación. El código consta de instrucciones del lenguaje, constantes y declaraciones. Mediante la ventana Editor de código se puede ver y modificar rápidamente el código de su aplicación.

## 6.2 AMBIENTE DE OPERACIÓN

El programa Pressure Vessel 3D está desarrollado en lenguaje Visual Basic for Applications, en una plataforma de AutoCAD 2007. Además el programa cuenta con una amplia base de datos realizada en Microsoft Access 2003.

Para ejecutar adecuadamente la presente aplicación computacional, se debe disponer de cierto hardware y software instalado en el computador. Entre los requisitos mínimos del sistema cabe anotar los siguientes:

- AutoCAD 2006 o Superior
- Microsoft Access 2003 o Superior
- Procesador Pentium IV o superior.
- Disco duro con espacio mínimo de 100 MB.
- Una unidad de CD-ROM.
- Pantalla VGA o de mayor resolución, compatible con Microsoft Windows Resolución mínima 1024 x 768 píxeles o superior.
- 512 MB de RAM para Windows XP o superior
- Un ratón u otro dispositivo de puntero.
- Microsoft Windows XP o superior.

## 6.3 PERSONALIZACIÓN DEL MENU EN AUTOCAD

La disposición del Menú y SubMenús en la barra de menús de AutoCAD se muestra en las Figuras 6.1 hasta 6.5.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Para la personalización de la barra de menús, refiérase al capítulo "Customization Guide", tema "Customize the User Interface" de la ayuda de AutoCAD 2007.

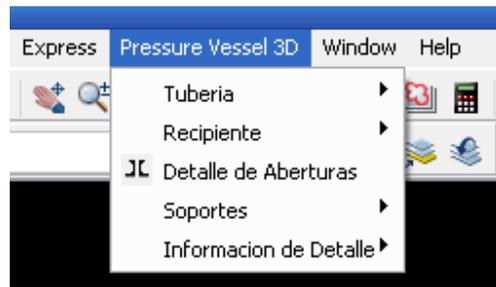


Figura 6.1. Menú principal en la barra de comandos de AutoCAD

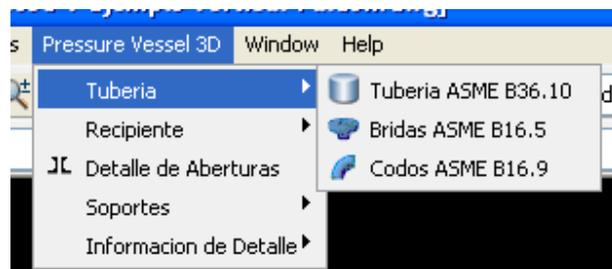


Figura 6.2. SubMenú “Tubería”

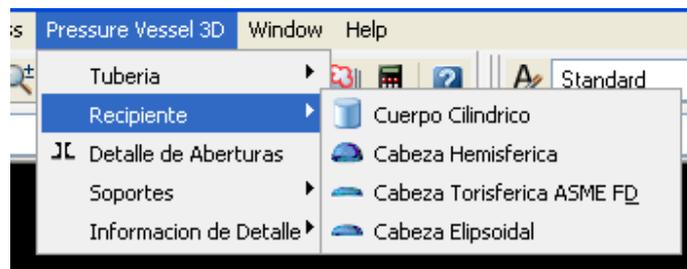


Figura 6.3. SubMenú “Recipiente”

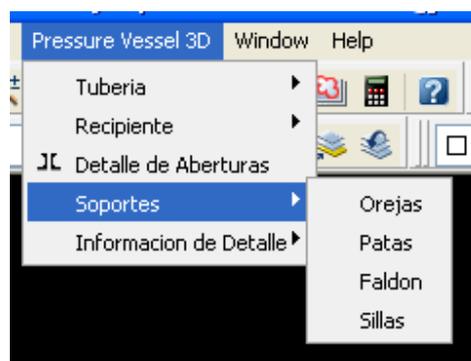


Figura 6.4. SubMenú “Soportes”

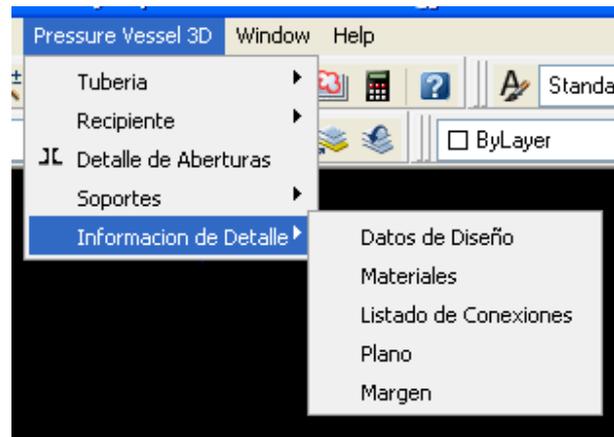


Figura 6.5. SubMenú “Información de Detalle”

## 6.4 FLUJOGRAMAS

Los flujogramas del programa o diagrama de flujo del programa son diagramas que permiten representar de manera gráfica y ordenada las instrucciones que definen operaciones y decisiones lógicas para el computador, orientadas hacia el tratamiento de la información.

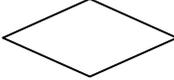
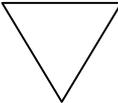
Algunas ventajas de los flujogramas son las siguientes:

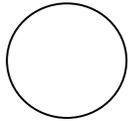
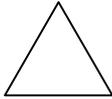
- Es una manera fácil para los analistas y programadores de presentar gráficamente la solución de un problema.
- Es una ayuda eficiente cuando se requiera realizar cambios al programa, ya que se identifican mejor las partes a modificar mirando el código fuente.
- Ayudan a la mejor comprensión de la secuencia lógica de las operaciones del programa para otras personas que no sean el programador original.

La simbología utilizada en los flujogramas ha sido estandarizada por la ISO y la ANSI, sin embargo la ISO recomienda el uso de 7 símbolos más que la ANSI.

A continuación se presenta algunos de los símbolos más utilizados y su significado:

Tabla 6.1. Simbología de los Flujogramas

SIMBOLOGÍA		
SIMBOLO	ACEPCIÓN	
	<b>Organigrama del Sistema</b>	<b>Flujograma del Programa</b>
	arranque / parada detención / demora interrupción	principio / fin parada de proceso
	Toma de decisión que determina caminos alternativos	Instrucción de bifurcación condicional
	Proceso en general	Instrucción de cálculo en general; Operaciones definidas que originan cambios
	Informe impreso	Generación de documento
	Disco Magnético	Instrucción de lectura/grabación en disco magnético
		Instrucción de Entrada / Salida de datos
	Conexión dentro de página, para entrada a (o salida de) otra parte del diagrama	
	Conexión para determinar entrada / salida de una página.	
	Secuencia y dirección del flujo	
		Modificación de programa; Instrucción que modifica a otra o inicialización de rutinas
	Operación de teclado en línea (on line)	Instrucción de entrada de datos por teclado
	Fusión de ficheros o archivos (Merge)	

	Clasificación de ficheros o archivos (sort)	
	Comprobación visual (DISPLAY)	Instrumentación de salida de Mensajes o resultados por pantalla
	Operación auxiliar fuera de línea (off line)	
	Entrada / salida de datos desde un almacenamiento magnético en línea (on line)	
	Clasificación de registros de un fichero o archivo	
	Extracción de datos desde un conjunto	

Fuente: ROJAS, Vicente. "Técnicas de Flujogramas I", 2da. Ed. CICETRONIC. Quito. 1981

Se ha representado un flujograma para cada elemento que se vaya a dibujar por medio del programa y se ha colocado junto al flujograma la pantalla (llamado Form) en donde se ingresan los principales parámetros para comprender de mejor manera el ingreso de datos.

### 6.4.1 Bidas

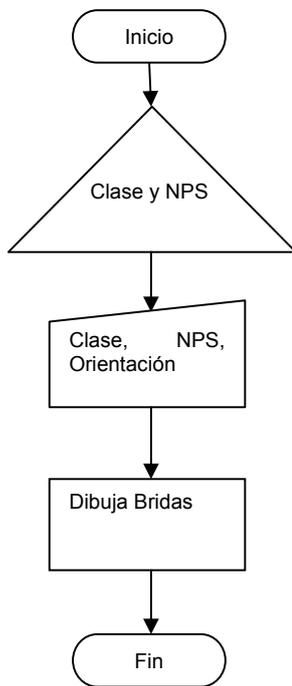


Figura 6.6. Form para las Bidas

### 6.4.2 Tubería

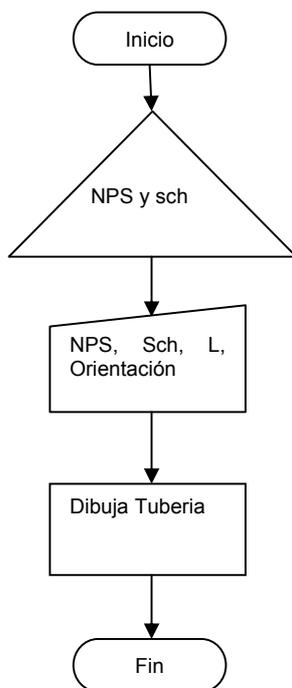
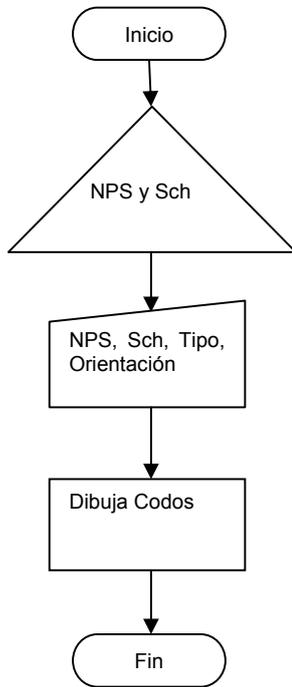


Figura 6.7. Form para la Tubería

### 6.4.3 Codos

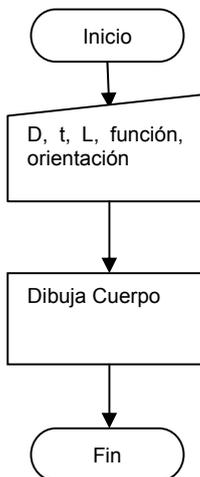


The dialog box 'Codos ASME B16.9' contains the following controls:

- Tipo de Codo:** Radio buttons for 45°, 90°, and 180°. The 45° option is selected.
- Radio Curvatura:** A dropdown menu.
- Tubería:**
  - Diámetro Nominal:** A dropdown menu labeled 'NPS' followed by 'plgs.'.
  - Cédula:** A dropdown menu labeled 'Sch.'.
- Orientación:** Radio buttons for 'Vertical Superior' and 'Vertical Inferior'.
- Rotación:** A text input field followed by a degree symbol (°).
- Buttons:** 'Aceptar' and 'Cancelar'.

Figura 6.8. Form para los Codos

### 6.4.4 Cuerpo



The dialog box 'Cuerpo' contains the following controls:

- Datos:**
  - Diámetro:** D = [ ] mm.
  - Espesor:** t = [ ] mm.
  - Longitud:** L = [ ] mm.
- Cálculo en función del diámetro:** Radio buttons for 'Interno' and 'Externo'.
- Orientación:** Radio buttons for 'Horizontal' and 'Vertical'.
- Buttons:** 'Aceptar' and 'Cancelar'.

Figura 6.9. Form para el cuerpo cilíndrico

### 6.4.5 Cabeza Hemisférica

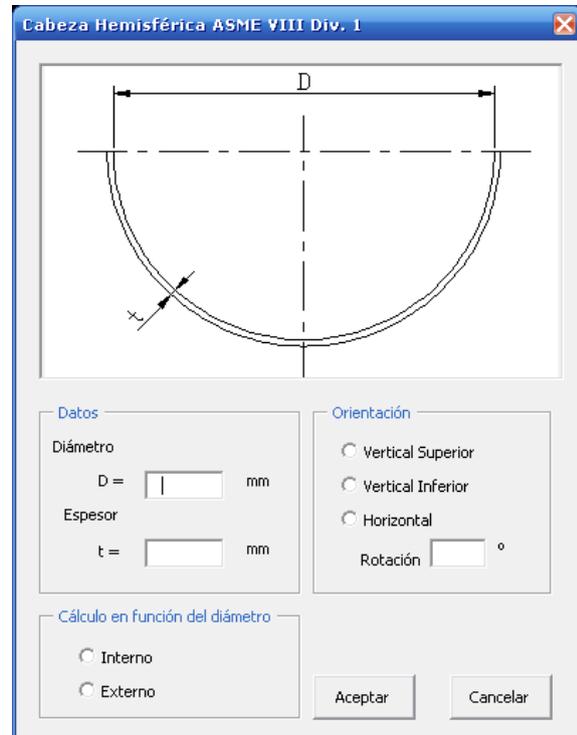
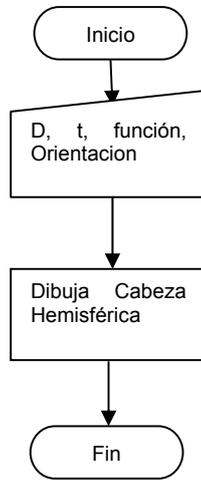


Figura 6.10. Form para la Cabeza Hemisférica

### 6.4.6 Cabeza Elipsoidal

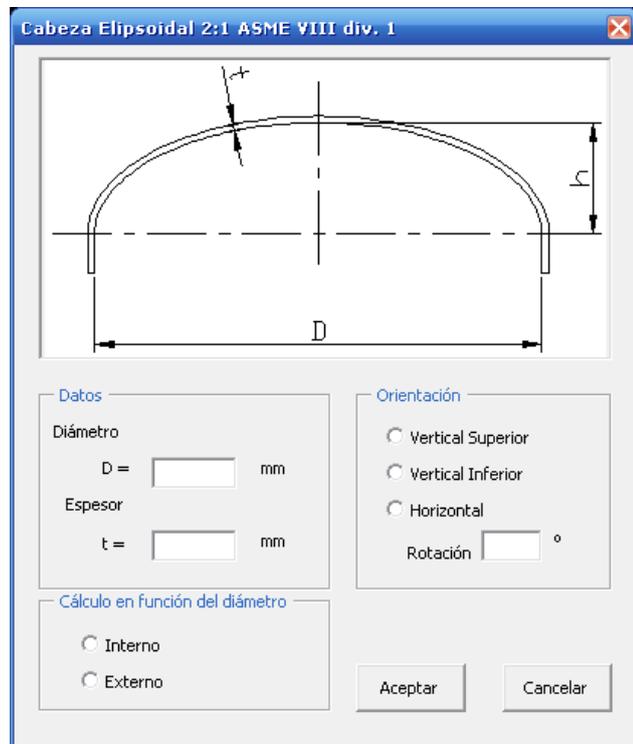
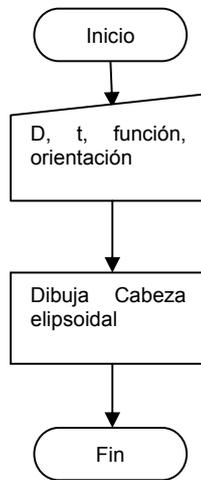


Figura 6.11. Form para la Cabeza Elipsoidal

### 6.4.7 Cabeza Torisférica

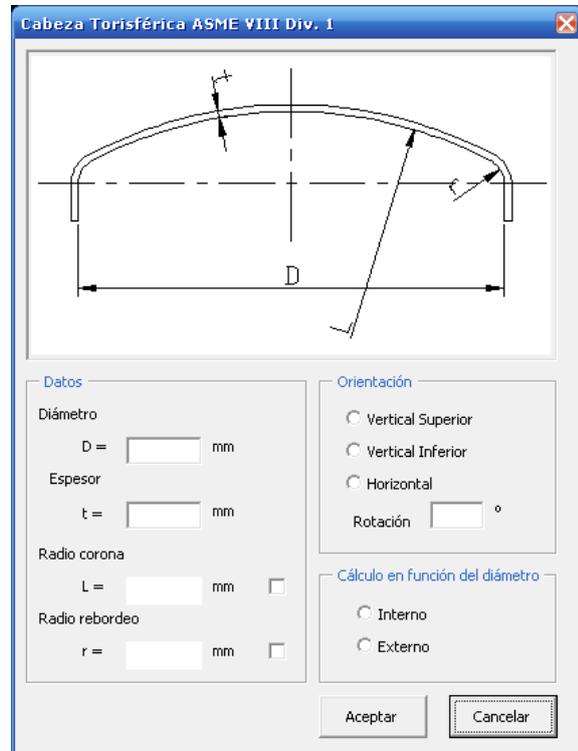
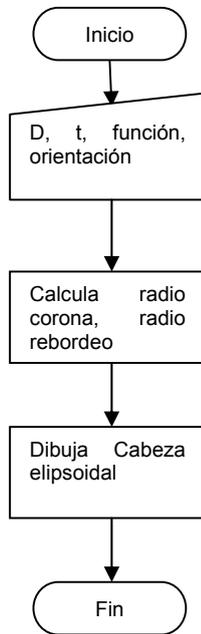


Figura 6.12. Form para la Cabeza Torisférica

### 6.4.8 Detalle de Aberturas

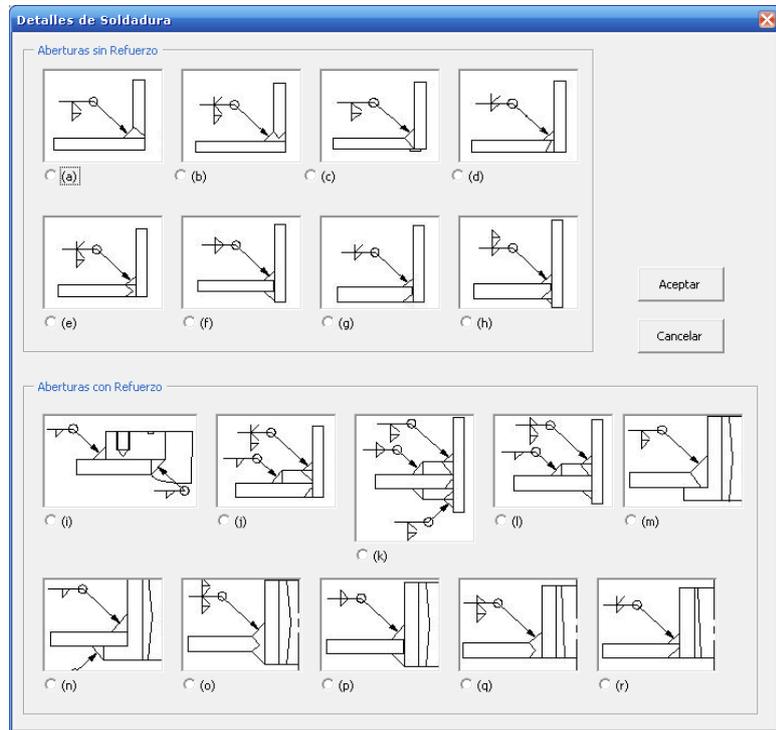
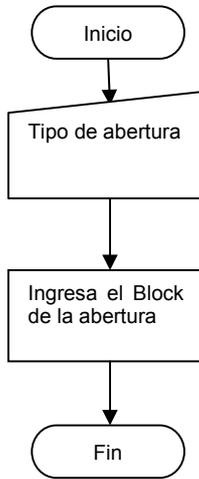


Figura 6.13. Form para los Detalles de Soldadura

### 6.4.9 Orejas

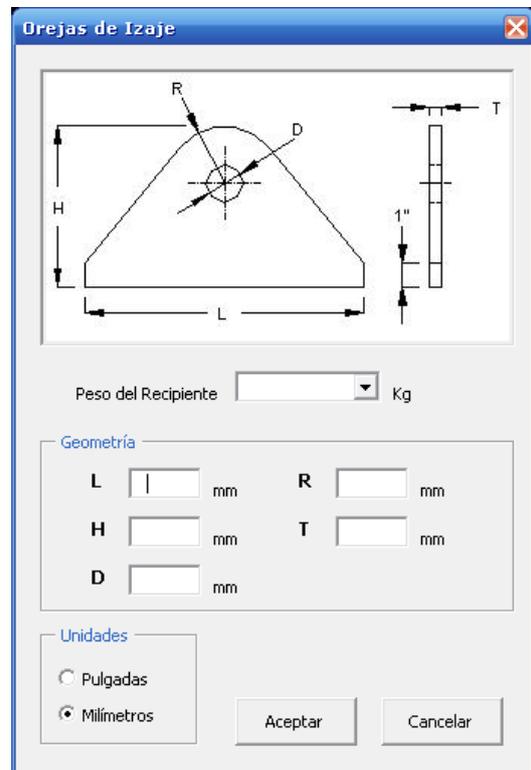
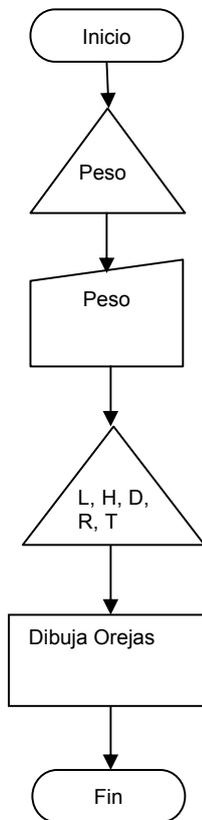


Figura 6.14. Form para las Orejas de Izaje

### 6.4.10 Patas

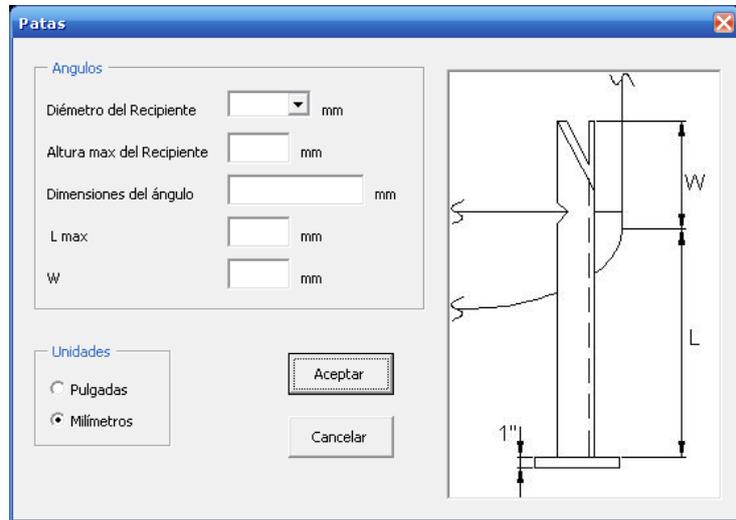
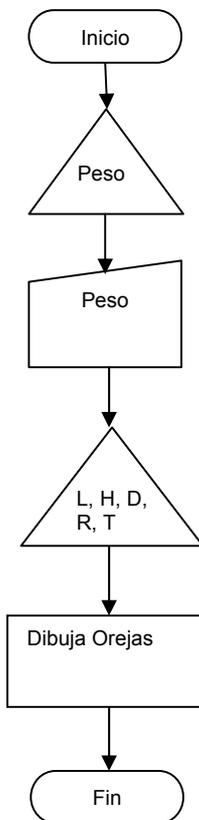


Figura 6.15. Form para las Patas de Soporte

6.4.11 Faldón

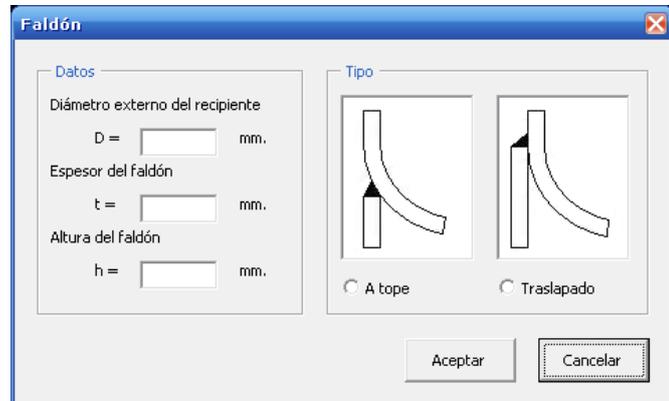
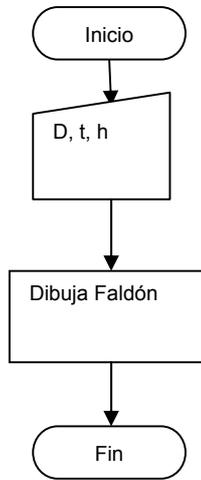


Figura 6.16. Form para el Faldón

6.4.12 Sillas

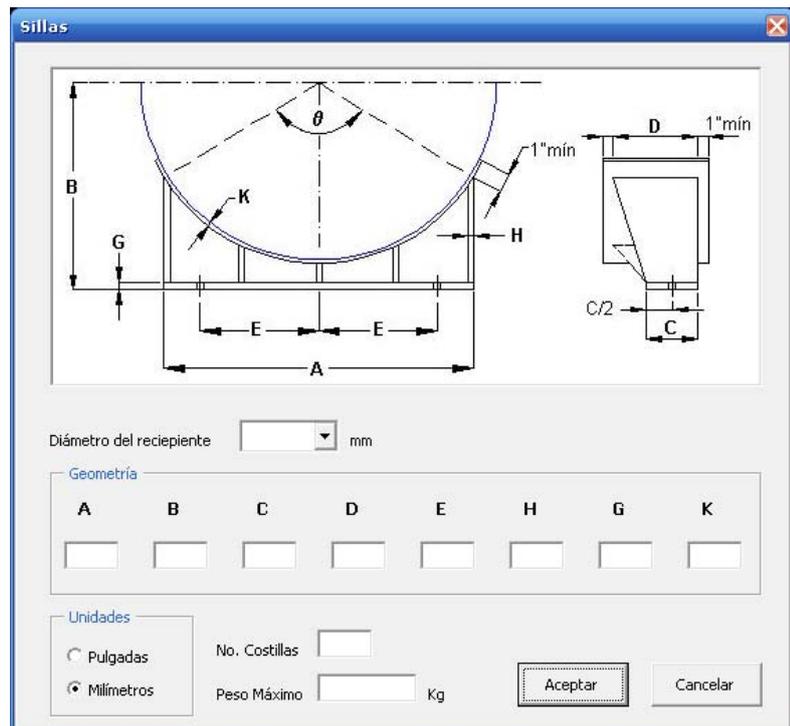
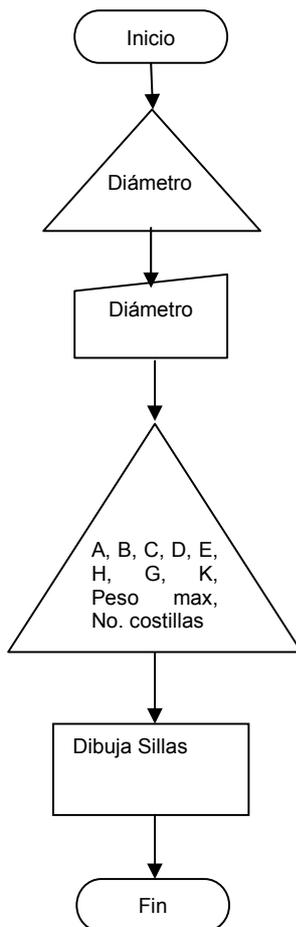
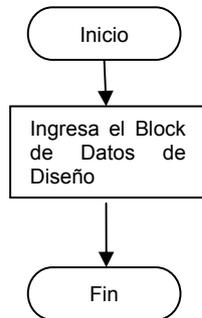
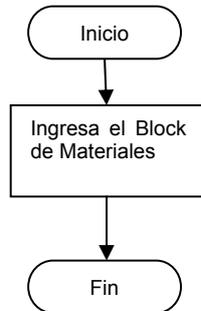


Figura 6.17. Form para las Sillas

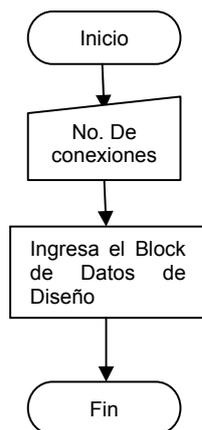
#### 6.4.13 Datos de Diseño



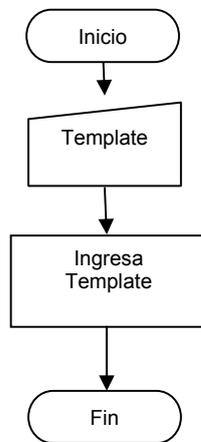
#### 6.4.14 Materiales



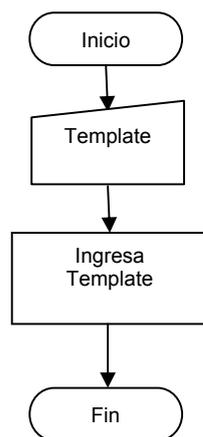
#### 6.4.15 Listado de conexiones



#### 6.4.16 Plano



#### 6.4.17 Margen



### 6.5 BASES DE DATOS

La base de datos fue creada en Microsoft Access y tiene el nombre de PVData. En la tabla 6.1 se muestran tablas que integran esta base de datos, la descripción de cada una y la fuente de la información.

Tabla 6.2. Descripción de las bases de datos del programa

Base de Datos PVData		
Nombre	Descripción	Fuente
Flangesgen	Dimensiones de las bridas según su diámetro y su clase. Pulgadas	Estandar ASME B16.5
LegSupport	Dimensiones recomendadas para las patas de recipientes verticales. Pulgadas	Tabla "LEG SUPPORT", del Pressure Vessel Handbook, pag.108
LegSupportmm	Dimensiones recomendadas para las patas de recipientes verticales. Milímetros	Tabla "LEG SUPPORT", del Pressure Vessel Handbook, pag.108
Liftlug	Dimensiones recomendadas de las orejas para levantamiento de carga. Pulgadas	Tabla "LIFTING LUG", del Pressure Vessel Handbook, pag.118
Liftlugmm	Dimensiones recomendadas de las orejas para levantamiento de carga. Milímetros	Tabla "LIFTING LUG", del Pressure Vessel Handbook, pag.118
Saddles	Dimensiones recomendadas de las sillas para recipientes horizontales, calculadas por el método de Zick. Pulgadas	Tabla "SADDLE FOR SUPPORT OF HORIZONTAL VESSELS", del Pressure Vessel Handbook, pag.100
Saddlesmm	Dimensiones recomendadas de las sillas para recipientes horizontales, calculadas por el método de Zick. Milímetros	Tabla "SADDLE FOR SUPPORT OF HORIZONTAL VESSELS", del Pressure Vessel Handbook, pag.100
SchMetrico	Dimensiones estándar de los diámetros y espesores de las tuberías de acero al carbono. Milímetros	Estándar ASME B36.10
Weldelbows	Dimensiones estándar de los diámetros y espesores de los codos de acero al carbono. Milímetros	Estándar ASME B16.9

## 6.6 CÓDIGO FUENTE

### 6.6.1 *Module1 - Project Piping*

```
Option Explicit
Public Const PI As Double = 3.14159265358979
Public Const plgmm As Double = 25.4
Public i As Integer

Sub carga_bridas()
    Formbridas.Show
End Sub

Sub carga_codos()
    FormCodos.Show
End Sub

Sub carga_pipe()
    Formpipe.Show
End Sub

Sub world()

Dim wcsobj As AcadUCS
Dim origin(0 To 2) As Double
Dim xAxisPnt(0 To 2) As Double
Dim yAxisPnt(0 To 2) As Double

origin(0) = 0: origin(1) = 0: origin(2) = 0
xAxisPnt(0) = 1: xAxisPnt(1) = 0: xAxisPnt(2) = 0
yAxisPnt(0) = 0: yAxisPnt(1) = 1: yAxisPnt(2) = 0
Set wcsobj = ThisDrawing.UserCoordinateSystems.Add(origin, xAxisPnt, yAxisPnt, "WCS")

ThisDrawing.ActiveUCS = wcsobj

End Sub
```

### 6.6.2 *Bridas*

```
Option Explicit
Dim sql As String

Private Sub Aceptar_Click()

'dibuja_bridas

Dim A As Single, H As Single, E As Single, J As Single, C As Single, G As Single, K As Single
Dim clasec As Single, NPSc As String, rot As Double, orien As Integer

On Error GoTo alarm

NPSc = Formbridas.ComboBox_NPS.Text
clasec = Formbridas.ComboBox_clase.Value
```

```
rot = 0

If TextBox_rot.Value <> "" Then rot = TextBox_rot.Value * (PI / 180)

If OptionButton_VP.Value = True Then
    orien = 1
Elseif OptionButton_VN.Value = True Then
    orien = 2
Elseif OptionButton_H.Value = True Then
    orien = 3
Else
    orien = "A"
End If

'Crea la conexion con la base de datos
Dim bdd As ADODB.Connection
Set bdd = New ADODB.Connection
With bdd
    .Provider = "MSDASQL"
    .ConnectionString = "DSN=PVData;"
    .Open
End With

Dim rs As New ADODB.Recordset
'llena listado de clases
sql = "SELECT * FROM Flangesgen WHERE Clase = " & clasec & " AND DNominalNPS = " &
NPSc & ""
rs.Open sql, bdd, adOpenKeyset, adLockReadOnly
A = rs("A") * plgmm
C = rs("C") * plgmm
E = rs("E") * plgmm
G = rs("G") * plgmm
H = rs("H") * plgmm
J = rs("J") * plgmm
K = rs("K") * plgmm
rs.Close

'Translada el UCS al WCS
world

' Define las coordenadas de los puntos del perfil
Dim points(0 To 23) As Double
Dim pini(0 To 2) As Double
Dim ingpoint As Variant
Unload Formbridas
ingpoint = ThisDrawing.Utility.GetPoint(, "Ingresar el punto para insertar: ")
pini(0) = ingpoint(0)
pini(1) = ingpoint(1)
pini(2) = ingpoint(2)
points(0) = pini(0) + A / 2: points(1) = pini(1): points(2) = pini(2)
points(3) = pini(0) + E / 2: points(4) = pini(1): points(5) = pini(2)
points(6) = pini(0) + G / 2: points(7) = pini(1) + C - J: points(8) = pini(2)
points(9) = pini(0) + H / 2: points(10) = pini(1) + C - J: points(11) = pini(2)
points(12) = pini(0) + H / 2: points(13) = pini(1) + C - 1 / 16 * plgmm: points(14) = pini(2)
points(15) = pini(0) + K / 2: points(16) = pini(1) + C - 1 / 16 * plgmm: points(17) = pini(2)
points(18) = pini(0) + K / 2: points(19) = pini(1) + C: points(20) = pini(2)
```

```
points(21) = pini(0) + A / 2: points(22) = pini(1) + C: points(23) = pini(2)
```

```
' Crea el perfil de la brida con Polyline object en el model space  
Dim perfbridobj(0 To 0) As Acad3DPolyline 'para crear una region se necesita un arreglo de  
objetos
```

```
Set perfbridobj(0) = ThisDrawing.ModelSpace.Add3DPoly(points)  
perfbridobj(0).Closed = True
```

```
'Convierte el perfil en region
```

```
Dim regbridobj As Variant
```

```
regbridobj = ThisDrawing.ModelSpace.AddRegion(perfbridobj)
```

```
'Define eje de la brida
```

```
Dim point1(0 To 2) As Double, point2(0 To 2) As Double, direje(0 To 2) As Double
```

```
point1(0) = pini(0): point1(1) = pini(1): point1(2) = pini(2)
```

```
point2(0) = pini(0): point2(1) = pini(1) + C: point2(2) = pini(2)
```

```
direje(0) = 0: direje(1) = 1: direje(2) = 0
```

```
'Realiza revolve al perfil
```

```
Dim bridaobj As Acad3DSolid
```

```
Set bridaobj = ThisDrawing.ModelSpace.AddRevolvedSolid(regbridobj(0), point1, direje, 2 * PI)
```

```
'Borra perfil y region de la brida
```

```
perfbridobj(0).Delete
```

```
regbridobj(0).Delete
```

```
'Rota la brida segun datos de entrada
```

```
Dim ejerot(0 To 2) As Double
```

```
If orien = 1 Then
```

```
    ejerot(0) = pini(0) + 1: ejerot(1) = pini(1): ejerot(2) = pini(2)
```

```
    bridaobj.Rotate3D pini, ejerot, PI / 2
```

```
Elseif orien = 2 Then
```

```
    ejerot(0) = pini(0) + 1: ejerot(1) = pini(1): ejerot(2) = pini(2)
```

```
    bridaobj.Rotate3D pini, ejerot, -(PI / 2)
```

```
Elseif orien = 3 Then
```

```
    ejerot(0) = pini(0): ejerot(1) = pini(1): ejerot(2) = pini(2) + 1
```

```
    bridaobj.Rotate3D pini, ejerot, rot - (PI / 2)
```

```
End If
```

```
Exit Sub
```

```
alarm:
```

```
    MsgBox "Revisar bien los datos de entrada. Error No. " & Err.Number & " - " & Err.Description
```

```
Exit Sub
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Cancelar_Click()
```

```
    Unload Formbridas
```

```
End Sub
```

```
Private Sub OptionButton_H_Click()
```

```
If OptionButton_H.Value = True Then
```

```
    TextBox_rot.Enabled = True
```

```
End If
```

End Sub

Private Sub UserForm\_Activate()

'Crea la conexion con la base de datos

Dim bdd As ADODB.Connection

Set bdd = New ADODB.Connection

With bdd

.Provider = "MSDASQL"

.ConnectionString = "DSN=PVData;"

.Open

End With

Dim rs As New ADODB.Recordset

Dim sql As String

'llena listado de clases

sql = "SELECT Clase, SUM(A) FROM Flangesgen WHERE A IS NOT NULL GROUP BY Clase  
ORDER BY Clase ASC"

rs.Open sql, bdd, adOpenKeyset, adLockReadOnly

With ComboBox\_clase

Do While Not rs.EOF

.AddItem rs("Clase")

rs.MoveNext

Loop

End With

rs.Close

'llena listado de diametros

sql = "SELECT DNominalNPS, Dnominal, SUM(A) FROM Flangesgen GROUP BY  
DNominalNPS, Dnominal ORDER BY Dnominal"

rs.Open sql, bdd, adOpenKeyset, adLockReadOnly

With ComboBox\_NPS

Do While Not rs.EOF

.AddItem rs("DNominalNPS")

rs.MoveNext

Loop

End With

rs.Close

End Sub

### **6.6.3 Tubería**

Option Explicit

Dim NPS As String, sql As String

Private Sub Aceptar\_Click()

'Dibuja tuberías

Dim L As Double, De As Double, D As Double, t As Double, rot As Double

Dim sch As String, orien As Integer

On Error GoTo alarm

```
NPS = ComboBox_diam.Text
sch = "C" & ComboBox_sch.Text
L = TextBoxL.Value
rot = 0

If TextBox_rot.Value <> "" Then rot = TextBox_rot.Value * (PI / 180)

If OptionButton_H.Value = True Then
    orien = 1
ElseIf OptionButton_VP.Value = True Then
    orien = 2
ElseIf OptionButton_VN.Value = True Then
    orien = 3
Else
    orien = "A"
End If

'Crea la conexion con la base de datos
Dim bdd As ADODB.Connection
Set bdd = New ADODB.Connection
With bdd
    .Provider = "MSDASQL"
    .ConnectionString = "DSN=PVData;"
    .Open
End With

'Extrae informacion de la base de datos
Dim rs As New ADODB.Recordset
sql = "SELECT DNominal, DExterior, " & sch & " FROM SchMetrico WHERE DNominal = "" &
NPS & """"
rs.Open sql, bdd, adOpenKeyset, adLockReadOnly
De = rs("DExterior")
t = rs(sch)
rs.Close

Unload Formpipe

'Translada el UCS al WCS
world

Dim centpoint As Variant
Dim pini(0 To 2) As Double
centpoint = ThisDrawing.Utility.GetPoint(, "Ingresar el punto de inicio: ")
pini(0) = centpoint(0): pini(1) = centpoint(1): pini(2) = centpoint(2)

'Dibuja cilindros
Dim cilext As Acad3DSolid
Dim cilint As Acad3DSolid
Set cilext = ThisDrawing.ModelSpace.AddCylinder(centpoint, De / 2, L)
D = De - (2 * t)
Set cilint = ThisDrawing.ModelSpace.AddCylinder(centpoint, D / 2, L)

'Sustrae cilindro interno del externo
cilext.Boolean acSubtraction, cilint
```

```
'Rota la brida segun datos de entrada
Dim ejerot(0 To 2) As Double, point2(0 To 2) As Double
If orien = 1 Then
    'translada punto extremo del elemento al punto de insercion
    point2(0) = pini(0): point2(1) = pini(1): point2(2) = pini(2) + L / 2
    cilext.Move pini, point2
    'pone al elemento en el plano xy
    ejerot(0) = pini(0): ejerot(1) = pini(1) + 1: ejerot(2) = pini(2)
    cilext.Rotate3D pini, ejerot, (PI / 2)
    'rota al elemento segun datos de entrada
    ejerot(0) = pini(0): ejerot(1) = pini(1): ejerot(2) = pini(2) + 1
    cilext.Rotate3D pini, ejerot, rot
Elseif orien = 2 Then
    'translada punto extremo del elemento al punto de insercion
    point2(0) = pini(0): point2(1) = pini(1): point2(2) = pini(2) + L / 2
    cilext.Move pini, point2
Elseif orien = 3 Then
    'translada punto extremo del elemento al punto de insercion
    point2(0) = pini(0): point2(1) = pini(1): point2(2) = pini(2) - L / 2
    cilext.Move pini, point2
End If

Exit Sub

alarm:
    MsgBox "Revisar bien los datos de entrada. Error No. " & Err.Number & " - " & Err.Description
    Exit Sub
End Sub

Private Sub Cancelar_Click()
    Unload Formpipe
End Sub
Private Sub ComboBox_diam_Change()

'Crea la conexion con la base de datos
Dim bdd As ADODB.Connection
Set bdd = New ADODB.Connection
With bdd
    .Provider = "MSDASQL"
    .ConnectionString = "DSN=PVData;"
    .Open
End With

Dim sch(12) As String
sch(0) = "C10": sch(1) = "C20": sch(2) = "C30": sch(3) = "CStd"
sch(4) = "C40": sch(5) = "C60": sch(6) = "CXS": sch(7) = "C80"
sch(8) = "C100": sch(9) = "C120": sch(10) = "C140": sch(11) = "C160"
sch(12) = "CXXS"

NPS = ComboBox_diam.Text

Dim rs As New ADODB.Recordset
Dim sql As String

ComboBox_sch.Clear
```

```
'llena listado de cedula
For i = 0 To 12
    sql = "SELECT DNominal, " & sch(i) & " FROM SchMetrico WHERE DNominal = "" & NPS & """"
    rs.Open sql, bdd, adOpenKeyset, adLockReadOnly
    With ComboBox_sch
        If rs(sch(i)) <> 0 Then
            .AddItem Right(sch(i), (Len(sch(i)) - 1))
        End If
    End With
    rs.Close
Next i

End Sub

Private Sub OptionButton_H_Click()

If OptionButton_H.Value = True Then
    TextBox_rot.Enabled = True
End If

End Sub

Private Sub UserForm_Activate()

'Crea la conexion con la base de datos
Dim bdd As ADODB.Connection
Set bdd = New ADODB.Connection
With bdd
    .Provider = "MSDASQL"
    .ConnectionString = "DSN=PVData;"
    .Open
End With

Dim rs As New ADODB.Recordset
Dim sql As String

'llena listado de diametros
sql = "SELECT DNominal FROM SchMetrico"
rs.Open sql, bdd, adOpenKeyset, adLockReadOnly
With ComboBox_diam
    Do While Not rs.EOF
        .AddItem rs("DNominal")
        rs.MoveNext
    Loop
End With
rs.Close

End Sub
```

#### **6.6.4 Codos**

```
Option Explicit
Dim sql As String, Dnominal As String
```

```
Private Sub Aceptar_Click()
```

```
'Dibuja codos
```

```
Dim A As Integer, dir As Integer
```

```
Dim radio As Double, OD As Double, ID As Double, t As Double, ang As Double, r As Double,  
NPS As Double
```

```
Dim rr As Double, rot As Integer, orien As Integer 'Radius relation
```

```
Dim Dnominal As String, sch As String, rcurve As String
```

```
Dim ingpoint As Variant
```

```
Dim centpt(0 To 2) As Double
```

```
Dim linea1 As AcadObject, linea2 As AcadObject
```

```
On Error GoTo alarm
```

```
Dnominal = ComboBox_NPS.Text
```

```
sch = "C" & ComboBox_sch.Text
```

```
rcurve = ComboBox_tipo.Text
```

```
rot = 0
```

```
If TextBox_rot.Value <> "" Then rot = TextBox_rot.Value * (PI / 180)
```

```
If OptionButton_VS.Value = True Then
```

```
    orien = 1
```

```
Elseif OptionButton_VI.Value = True Then
```

```
    orien = 2
```

```
Else
```

```
    orien = "A"
```

```
End If
```

```
'Crea la conexion con la base de datos
```

```
Dim bdd As ADODB.Connection
```

```
Set bdd = New ADODB.Connection
```

```
With bdd
```

```
    .Provider = "MSDASQL"
```

```
    .ConnectionString = "DSN=PVData;"
```

```
    .Open
```

```
End With
```

```
'Extrae informacion de la base de datos
```

```
Dim rs As New ADODB.Recordset
```

```
sql = "SELECT Dnominal, Dexterior, NPS, " & sch & " FROM Weldelbows WHERE DNominal = "  
& Dnominal & ""
```

```
rs.Open sql, bdd, adOpenKeyset, adLockReadOnly
```

```
OD = rs("Dexterior")
```

```
t = rs(sch)
```

```
NPS = rs("NPS")
```

```
rs.Close
```

```
ID = OD - t
```

```
If rcurve = "LR" Then
```

```
    rr = 1.5
```

```
Elseif rcurve = "SR" Then
```

```
    rr = 1
```

```
End If
```

```
r = rr * NPS * plgmm

If OptionButton_45.Value = True Then
ang = PI / 4
Elseif OptionButton_90.Value = True Then
ang = PI / 2
Elseif OptionButton_180.Value = True Then
ang = PI
End If

Unload FormCodos

'Translada el UCS al WCS
world

ingpoint = ThisDrawing.Utility.GetPoint(, "Ingresar el punto para insertar: ")

centpt(0) = ingpoint(0) - r
centpt(1) = ingpoint(1) + r
centpt(2) = ingpoint(2)
'Dibuja el arco base
Dim arco As AcadArc
Set arco = ThisDrawing.ModelSpace.AddArc(centpt, r, 0, ang)

'Dibuja los circulos para el perfil del codo
Dim circint(0 To 0) As AcadCircle, circext(0 To 0) As AcadCircle
Set circint(0) = ThisDrawing.ModelSpace.AddCircle(ingpoint, (ID / 2))
Set circext(0) = ThisDrawing.ModelSpace.AddCircle(ingpoint, (OD / 2))

'Rota los circulos perpendiculas al arco
Dim eje(0 To 2) As Double
eje(0) = ingpoint(0) + 1: eje(1) = ingpoint(1): eje(2) = ingpoint(2)
circint(0).Rotate3D ingpoint, eje, PI / 2
circext(0).Rotate3D ingpoint, eje, PI / 2

'Convierte los perfiles ciruclares en regiones
Dim regcodoint As Variant, regcodoext As Variant
regcodoint = ThisDrawing.ModelSpace.AddRegion(circint)
regcodoext = ThisDrawing.ModelSpace.AddRegion(circext)

'Extruye las regiones circulares a traves del arco
Dim codoext As Acad3DSolid, codoint As Acad3DSolid
Set codoint = ThisDrawing.ModelSpace.AddExtrudedSolidAlongPath(regcodoint(0), arco)
Set codoext = ThisDrawing.ModelSpace.AddExtrudedSolidAlongPath(regcodoext(0), arco)

'Sustrae el solido interno del solido externo
codoext.Boolean acSubtraction, codoint

'Borra las regiones el circulos auxiliares
arco.Delete
circint(0).Delete
circext(0).Delete
regcodoint(0).Delete
regcodoext(0).Delete

'Rota el codo segun datos de entrada
```

```
Dim ejerot(0 To 2) As Double
If orien = 1 Then
    ejerot(0) = ingpoint(0) + 1: ejerot(1) = ingpoint(1): ejerot(2) = ingpoint(2)
    codoext.Rotate3D ingpoint, ejerot, PI / 2
Elseif orien = 2 Then
    ejerot(0) = ingpoint(0) + 1: ejerot(1) = ingpoint(1): ejerot(2) = ingpoint(2)
    codoext.Rotate3D ingpoint, ejerot, -(PI / 2)
End If

ejerot(0) = ingpoint(0): ejerot(1) = ingpoint(1): ejerot(2) = ingpoint(2) + 1
codoext.Rotate3D ingpoint, ejerot, rot - PI

Exit Sub

alarm:
    MsgBox "Revisar bien los datos de entrada. Error No. " & Err.Number & " - " & Err.Description
    Exit Sub

End Sub

Private Sub ComboBox_NPS_Change()

'Crea la conexion con la base de datos
Dim bdd As ADODB.Connection
Set bdd = New ADODB.Connection
With bdd
    .Provider = "MSDASQL"
    .ConnectionString = "DSN=PVData;"
    .Open
End With

Dim sch(0 To 12) As String
sch(0) = "C10": sch(1) = "C20": sch(2) = "C30": sch(3) = "CStd"
sch(4) = "C40": sch(5) = "C60": sch(6) = "CXS": sch(7) = "C80"
sch(8) = "C100": sch(9) = "C120": sch(10) = "C140": sch(11) = "C160"
sch(12) = "CXXS"

Dnominal = ComboBox_NPS.Text

Dim rs As New ADODB.Recordset

ComboBox_sch.Clear

'llena listado de cedula
For i = 0 To 12
    sql = "SELECT Dnominal, " & sch(i) & " FROM Weldelbows WHERE Dnominal = " & Dnominal
    & " GROUP BY Dnominal, " & sch(i) & ""
    rs.Open sql, bdd, adOpenKeyset, adLockReadOnly
    With ComboBox_sch
        If rs(sch(i)) <> 0 Then
            .AddItem Right(sch(i), (Len(sch(i)) - 1))
        End If
    End With
    rs.Close
Next i
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Cancelar_Click()  
Unload FormCodos
```

```
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_Activate()
```

```
ComboBox_tipo.AddItem ("LR")  
ComboBox_tipo.AddItem ("SR")
```

```
'Crea la conexion con la base de datos  
Dim bdd As ADODB.Connection  
Set bdd = New ADODB.Connection  
With bdd  
    .Provider = "MSDASQL"  
    .ConnectionString = "DSN=PVData;"  
    .Open  
End With
```

```
Dim rs As New ADODB.Recordset  
Dim sql As String
```

```
'llena listado de diametros  
sql = "SELECT DNominal, NPS FROM Weldelbows GROUP BY DNominal, NPS ORDER BY  
NPS"  
rs.Open sql, bdd, adOpenKeyset, adLockReadOnly  
With ComboBox_NPS  
    Do While Not rs.EOF  
        .AddItem rs("DNominal")  
        rs.MoveNext  
    Loop  
End With  
rs.Close
```

```
End Sub
```

### **6.6.5 Module1 - Project PressureVessel**

```
Option Explicit  
Public Const pad As String = "C:\Archivos de Programa\Pressure Vessel 3D\  
Public sql As String, i As Integer  
Public Const plgmm As Double = 25.4  
Public Const PI As Double = 3.14159265358979
```

```
Sub carga_soldadura()  
    FormSoldadura.Show  
End Sub
```

```
Sub carga_recipiente()
```

```
    FormRecipiente.Show  
End Sub
```

```
Sub carga_hemi()  
    Formhemi.Show  
End Sub
```

```
Sub carga_tori()  
    Formtori.Show  
End Sub
```

```
Sub carga_elip()  
    Formelip.Show  
End Sub
```

```
Sub carga_legs()  
    FormLegs.Show  
End Sub
```

```
Sub carga_sillas()  
    Formsillas.Show  
End Sub
```

```
Sub carga_orejas()  
    FormOrejas.Show  
End Sub
```

```
Sub carga_cuerpo()  
    FormCuerpo.Show  
End Sub
```

```
Sub carga_faldon()  
    FormFaldon.Show  
End Sub
```

```
Sub materiales()
```

```
On Error GoTo alarm
```

```
Dim keyWord As String  
ThisDrawing.Utility.InitializeUserInput 0, "Model Paper"  
keyWord = ThisDrawing.Utility.GetKeyword(vbCrLf & "Enter an option (Model/<Paper>): ")  
If keyWord = "" Then keyWord = "Paper"
```

```
'Crea el punto de insercion del bloque
```

```
Dim pini(0 To 2) As Double  
Dim ingpoint As Variant
```

```
ingpoint = ThisDrawing.Utility.GetPoint(, "Ingresar el punto para insertar: ")  
pini(0) = ingpoint(0)  
pini(1) = ingpoint(1)  
pini(2) = ingpoint(2)
```

```
'Inserta el bloque de lista de materiales  
Dim blockRefObj As AcadBlockReference  
Dim blockpad As String
```

```
blockpad = pad & "Materiales.dwg"

If keyWord = "Model" Then
    Set blockRefObj = ThisDrawing.ModelSpace.InsertBlock(pini, blockpad, 1#, 1#, 1#, 0)
Else
    Set blockRefObj = ThisDrawing.PaperSpace.InsertBlock(pini, blockpad, 1#, 1#, 1#, 0)
End If
Exit Sub

alarm:
    MsgBox "Revisar bien los datos de entrada. Error No. " & Err.Number & " - " & Err.Description
    Exit Sub
End Sub
Sub datos_diseno()

    On Error GoTo alarm
    Dim keyWord As String
    ThisDrawing.Utility.InitializeUserInput 0, "Model Paper"
    keyWord = ThisDrawing.Utility.GetKeyword(vbCrLf & "Enter an option (Model/<Paper>): ")
    If keyWord = "" Then keyWord = "Paper"

    'Crea el punto de insercion del bloque
    Dim pini(0 To 2) As Double
    Dim ingpoint As Variant

    ingpoint = ThisDrawing.Utility.GetPoint(, "Ingresar el punto para insertar: ")
    pini(0) = ingpoint(0)
    pini(1) = ingpoint(1)
    pini(2) = ingpoint(2)

    'Inserta el bloque de lista de materiales
    Dim blockRefObj As AcadBlockReference
    Dim blockpad As String
    blockpad = pad & "Condiciones diseño.dwg"

    If keyWord = "Model" Then
        Set blockRefObj = ThisDrawing.ModelSpace.InsertBlock(pini, blockpad, 1#, 1#, 1#, 0)
    Else
        Set blockRefObj = ThisDrawing.PaperSpace.InsertBlock(pini, blockpad, 1#, 1#, 1#, 0)
    End If
    Exit Sub

    alarm:
        MsgBox "Revisar bien los datos de entrada. Error No. " & Err.Number & " - " & Err.Description
        Exit Sub
    End Sub
    Sub Listado_conexiones()

        On Error GoTo alarm
        Dim keyWord As String
        ThisDrawing.Utility.InitializeUserInput 0, "Model Paper"
        keyWord = ThisDrawing.Utility.GetKeyword(vbCrLf & "Enter an option (Model/<Paper>): ")
        If keyWord = "" Then keyWord = "Paper"

        Dim n As Integer
        n = ThisDrawing.Utility.GetString(0, vbCrLf & "Número de conexiones: ")
```

```
'Crea el punto de insercion del bloque
Dim pini(0 To 2) As Double
Dim ingpoint As Variant

ingpoint = ThisDrawing.Utility.GetPoint(, "Ingresar el punto para insertar: ")
pini(0) = ingpoint(0)
pini(1) = ingpoint(1)
pini(2) = ingpoint(2)

' Define el bloque
Dim conexblock As AcadBlock
Dim pt(2) As Double
pt(0) = 0: pt(1) = 0: pt(2) = 0
Set conexblock = ThisDrawing.Blocks.Add(pt, "Listado_conexiones" & n)
ThisDrawing.Blocks.Item("Listado_conexiones" & n).Delete
Set conexblock = ThisDrawing.Blocks.Add(pt, "Listado_conexiones" & n)

'Dibuja lineas verticales
ReDim lineah(n + 2) As AcadLine
Dim lineav(5) As AcadLine
Dim stpt(0 To 2) As Double, enpt(0 To 2) As Double
stpt(0) = 0: stpt(1) = 0: stpt(2) = 0
enpt(0) = 85: enpt(1) = 0: enpt(2) = 0
Set lineah(0) = conexblock.AddLine(stpt, enpt)

stpt(0) = 0: stpt(1) = 5.2: stpt(2) = 0
enpt(0) = 85: enpt(1) = 5.2: enpt(2) = 0

For i = 0 To n + 1
    stpt(0) = 0: stpt(1) = 5.2 + (i * 4.5): stpt(2) = 0
    enpt(0) = 85: enpt(1) = 5.2 + (i * 4.5): enpt(2) = 0
    Set lineah(i + 1) = conexblock.AddLine(stpt, enpt)
Next i

'Dibuja lineas horizontales
stpt(0) = 0: stpt(1) = 0: stpt(2) = 0
enpt(0) = 0: enpt(1) = 5.2 + (4.5 * (n + 1)): enpt(2) = 0
Set lineav(0) = conexblock.AddLine(stpt, enpt)

stpt(0) = 8.7: stpt(1) = 5.2: stpt(2) = 0
enpt(0) = 8.7: enpt(1) = 5.2 + (4.5 * (n + 1)): enpt(2) = 0
Set lineav(1) = conexblock.AddLine(stpt, enpt)

stpt(0) = 21: stpt(1) = 5.2: stpt(2) = 0
enpt(0) = 21: enpt(1) = 5.2 + (4.5 * (n + 1)): enpt(2) = 0
Set lineav(2) = conexblock.AddLine(stpt, enpt)

stpt(0) = 36: stpt(1) = 5.2: stpt(2) = 0
enpt(0) = 36: enpt(1) = 5.2 + (4.5 * (n + 1)): enpt(2) = 0
Set lineav(3) = conexblock.AddLine(stpt, enpt)

stpt(0) = 56: stpt(1) = 5.2: stpt(2) = 0
enpt(0) = 56: enpt(1) = 5.2 + (4.5 * (n + 1)): enpt(2) = 0
Set lineav(4) = conexblock.AddLine(stpt, enpt)
```

```
stpt(0) = 85: stpt(1) = 0: stpt(2) = 0
enpt(0) = 85: enpt(1) = 5.2 + (4.5 * (n + 1)): enpt(2) = 0
Set lineav(5) = conexblock.AddLine(stpt, enpt)
```

'Agrega titulos

```
Dim textObj As AcadText, text As String, H As Single, fontfile As String
```

```
ThisDrawing.TextStyles.Add ("ROMANS")
fontfile = pad & "romans.shx"
ThisDrawing.TextStyles.Item("ROMANS").fontfile = fontfile
```

H = 1.7

```
text = "LISTADO DE CONEXIONES"
```

```
pt(0) = 27: pt(1) = 2.8: pt(2) = 0
```

```
Set textObj = conexblock.AddText(text, pt, H)
```

```
textObj.Update
```

```
textObj.StyleName = "ROMANS"
```

H = 1.4

```
text = "SCHEDULE OF OPENINGS"
```

```
pt(0) = 29.6: pt(1) = 0.6: pt(2) = 0
```

```
Set textObj = conexblock.AddText(text, pt, H)
```

```
textObj.Update
```

```
textObj.StyleName = "ROMANS"
```

H = 1.54

```
text = "ITEM"
```

```
pt(0) = 0.9: pt(1) = 7.7: pt(2) = 0
```

```
Set textObj = conexblock.AddText(text, pt, H)
```

```
textObj.Update
```

```
textObj.StyleName = "ROMANS"
```

```
text = "TAMAÑO"
```

```
pt(0) = 9.5: pt(1) = 7.7: pt(2) = 0
```

```
Set textObj = conexblock.AddText(text, pt, H)
```

```
textObj.Update
```

```
textObj.StyleName = "ROMANS"
```

```
text = "CLASE"
```

```
pt(0) = 22: pt(1) = 7.7: pt(2) = 0
```

```
Set textObj = conexblock.AddText(text, pt, H)
```

```
textObj.Update
```

```
textObj.StyleName = "ROMANS"
```

```
text = "ESTANDAR"
```

```
pt(0) = 37: pt(1) = 7.7: pt(2) = 0
```

```
Set textObj = conexblock.AddText(text, pt, H)
```

```
textObj.Update
```

```
textObj.StyleName = "ROMANS"
```

```
text = "SERVICIO"
```

```
pt(0) = 65: pt(1) = 7.7: pt(2) = 0
```

```
Set textObj = conexblock.AddText(text, pt, H)
```

```
textObj.Update
```

```
textObj.StyleName = "ROMANS"
```

H = 1.4

```
text = "SIZE"
```

```
pt(0) = 9.5: pt(1) = 5.7: pt(2) = 0
```

```
Set textObj = conexblock.AddText(text, pt, H)
```

```
textObj.Update
```

```
textObj.StyleName = "ROMANS"
```

```
text = "CLASS"
```

```

pt(0) = 22: pt(1) = 5.7: pt(2) = 0
Set textObj = conexblock.AddText(text, pt, H)
  textObj.Update
  textObj.StyleName = "ROMANS"
text = "SPECIFICATION"
pt(0) = 37: pt(1) = 5.7: pt(2) = 0
Set textObj = conexblock.AddText(text, pt, H)
  textObj.Update
  textObj.StyleName = "ROMANS"
text = "SERVICE"
pt(0) = 65: pt(1) = 5.7: pt(2) = 0
Set textObj = conexblock.AddText(text, pt, H)
  textObj.Update
  textObj.StyleName = "ROMANS"

'Agrega atributos
Dim attributeObj As AcadAttribute
H = 1.54
For i = 0 To n - 1
  pt(0) = 2: pt(1) = 11 + 4.5 * i: pt(2) = 0
  Set attributeObj = conexblock.AddAttribute(H, acAttributeModeNormal, "Item", pt, "ITEM" & i + 1, i + 1)
  pt(0) = 9.5: pt(1) = 11 + 4.5 * i: pt(2) = 0
  Set attributeObj = conexblock.AddAttribute(H, acAttributeModeNormal, "Tamaño", pt, "TAMAÑO" & i + 1, "XXXX")
  pt(0) = 22: pt(1) = 11 + 4.5 * i: pt(2) = 0
  Set attributeObj = conexblock.AddAttribute(H, acAttributeModeNormal, "Clase", pt, "CLASE" & i + 1, "XXXX")
  pt(0) = 37: pt(1) = 11 + 4.5 * i: pt(2) = 0
  Set attributeObj = conexblock.AddAttribute(H, acAttributeModeNormal, "Estandar", pt, "ESTANDAR" & i + 1, "XXXX")
  pt(0) = 58: pt(1) = 11 + 4.5 * i: pt(2) = 0
  Set attributeObj = conexblock.AddAttribute(H, acAttributeModeNormal, "Servicio", pt, "SERVICIO" & i + 1, "XXXX")
Next i

'Inserta el bloque de lista de materiales
Dim blockRefObj As AcadBlockReference
If keyWord = "Model" Then
  Set blockRefObj = ThisDrawing.ModelSpace.InsertBlock(pini, "Listado_conexiones" & n, 1#, 1#, 1#, 0)
Else
  Set blockRefObj = ThisDrawing.PaperSpace.InsertBlock(pini, "Listado_conexiones" & n, 1#, 1#, 1#, 0)
End If
Exit Sub

alarm:
  MsgBox "Revisar bien los datos de entrada. Error No. " & Err.Number & " - " & Err.Description
  Exit Sub
End Sub
Sub margen()

On Error GoTo alarm

'Crea el punto de insercion del bloque

```

```
Dim pini(0 To 2) As Double
Dim ingpoint As Variant
pini(0) = -20
pini(1) = -7.5
pini(2) = 0

'Inserta el bloque del margen
Dim blockRefObj As AcadBlockReference
Dim blockpad As String
blockpad = pad & "Formato A3.dwg"

Dim aspace
aspace = ThisDrawing.ActiveSpace

If aspace = acModelSpace Then
    ingpoint = ThisDrawing.Utility.GetPoint(, "Ingresar el punto para insertar: ")
    pini(0) = ingpoint(0)
    pini(1) = ingpoint(1)
    pini(2) = ingpoint(2)
    Set blockRefObj = ThisDrawing.ModelSpace.InsertBlock(pini, blockpad, 1#, 1#, 1#, 0)
Elseif aspace = acPaperSpace Then
    Set blockRefObj = ThisDrawing.PaperSpace.InsertBlock(pini, blockpad, 1#, 1#, 1#, 0)
End If

Exit Sub

alarm:
    MsgBox "Revisar bien los datos de entrada. Error No. " & Err.Number & " - " & Err.Description
    Exit Sub
End Sub

Sub plano()

ThisDrawing.SendCommand "_Layout" & vbCr & "T" & vbCr

End Sub

Sub world()

On Error GoTo alarm

'Transforma el UCS en WCS
Dim wcsobj As AcadUCS
Dim origin(0 To 2) As Double
Dim xAxisPnt(0 To 2) As Double
Dim yAxisPnt(0 To 2) As Double

origin(0) = 0: origin(1) = 0: origin(2) = 0
xAxisPnt(0) = 1: xAxisPnt(1) = 0: xAxisPnt(2) = 0
yAxisPnt(0) = 0: yAxisPnt(1) = 1: yAxisPnt(2) = 0
Set wcsobj = ThisDrawing.UserCoordinateSystems.Add(origin, xAxisPnt, yAxisPnt, "WCS")
ThisDrawing.ActiveUCS = wcsobj
Exit Sub

alarm:
    MsgBox "Revisar bien los datos de entrada. Error No. " & Err.Number & " - " & Err.Description
```

```
Exit Sub
End Sub
```

### 6.6.6 *Cuerpo*

```
Option Explicit
```

```
Private Sub Aceptar_Click()
```

```
'Dibuja el cuerpo
```

```
Dim D As Double, De As Double, t As Double, L As Double
Dim flaj As Integer, orien As Integer
```

```
On Error GoTo alarm
```

```
D = TextBoxD.Value
t = TextBoxt.Value
L = TextBoxL.Value
```

```
If OptionButtonH.Value = True Then
    orien = 1
Elseif OptionButtonV.Value = True Then
    orien = 2
Else
    orien = "A"
End If
```

```
If OptionButtonI.Value = True Then
    flaj = 1
Elseif OptionButtonE.Value = True Then
    flaj = 2
Else
    flaj = "A"
End If
```

```
Unload FormCuerpo
```

```
'Translada el UCS al WCS
world
```

```
Dim centpoint As Variant, pini(0 To 2) As Double
centpoint = ThisDrawing.Utility.GetPoint(, "Ingresar el punto para insertar: ")
pini(0) = centpoint(0): pini(1) = centpoint(1): pini(2) = centpoint(2)
```

```
'Dibuja cilindros
Dim cilext As Acad3DSolid
Dim cilint As Acad3DSolid
```

```
If flaj = 1 Then
    Set cilint = ThisDrawing.ModelSpace.AddCylinder(centpoint, D / 2, L)
    De = D + (2 * t)
    Set cilext = ThisDrawing.ModelSpace.AddCylinder(centpoint, De / 2, L)
Elseif flaj = 2 Then
```

```

Set cilext = ThisDrawing.ModelSpace.AddCylinder(centpoint, D / 2, L)
De = D - (2 * t)
Set cilint = ThisDrawing.ModelSpace.AddCylinder(centpoint, De / 2, L)
End If

```

```

'Sustrae cilindro interno del externo
cilext.Boolean acSubtraction, cilint

```

```

If orien = 1 Then
'pone al elemento en el plano xy (horizontal)
Dim ejerot(0 To 2) As Double, point2(0 To 2) As Double
ejerot(0) = pini(0): ejerot(1) = pini(1) + 1: ejerot(2) = pini(2)
cilext.Rotate3D pini, ejerot, (PI / 2)
End If

```

```
Exit Sub
```

```

alarm:
MsgBox "Revisar bien los datos de entrada. Error No. " & Err.Number & " - " & Err.Description
Exit Sub

```

```
End Sub
```

```

Private Sub Cancelar_Click()
Unload FormCuerpo
End Sub

```

### 6.6.7 Cabeza Hemisférica

```
Option Explicit
```

```

Private Sub Cancelar_Click()
Unload Formhemi
End Sub

```

```
Private Sub Aceptar_Click()
```

```
'Dibuja cabeza hemisferica
'
```

```

Dim D As Double, E As Double, t As Double, rot As Double
Dim pini(0 To 2) As Variant, pfin(0 To 2) As Variant
Dim flaj As Integer, orien As Integer

```

```
On Error GoTo alarm
```

```

D = Formhemi.TextBoxD.Value
t = Formhemi.TextBoxt.Value
rot = 0

```

```
If TextBox_rot.Value <> "" Then rot = TextBox_rot.Value * (PI / 180)
```

```

If OptionButton_VS.Value = True Then
orien = 1
Elseif OptionButton_VI.Value = True Then

```

```
    orien = 2
Elseif OptionButton_H.Value = True Then
    orien = 3
Else
    orien = "A"
End If

If OptionButtonI.Value = False And OptionButtonE.Value = False Then
    MsgBox "Ingresar todos los parámetros", vbOKOnly, "Pressure Vessel"
Elseif OptionButtonI.Value = True Then flaj = 1
Else: flaj = 0
End If

Unload Formhemi

'Translada el UCS al WCS
world

Dim centpoint As Variant
centpoint = ThisDrawing.Utility.GetPoint(, "Ingresar el punto para insertar: ")

'Dibuja primer arco
Dim arcbase As AcadArc, sptarcbase As Variant, eptarcbase As Variant
Set arcbase = ThisDrawing.ModelSpace.AddArc(centpoint, D / 2, 0, PI / 2)
sptarcbase = arcbase.StartPoint
eptarcbase = arcbase.EndPoint

Dim arcsec As Variant, sptarcsec As Variant, eptarcsec As Variant
If flaj = 1 Then
    'Dibuja arco secundario (offset externo)
    arcsec = arcbase.Offset(t)
    sptarcsec = arcsec(0).StartPoint
    eptarcsec = arcsec(0).EndPoint
Elseif flaj = 0 Then
    'Dibuja arco secundario (offset interno)
    arcsec = arcbase.Offset(-t)
    sptarcsec = arcsec(0).StartPoint
    eptarcsec = arcsec(0).EndPoint
End If

'Dibuja lineas uniendo los arcos
Dim linea1 As AcadLine, linea2 As AcadLine
Set linea1 = ThisDrawing.ModelSpace.AddLine(sptarcbase, sptarcsec)
Set linea2 = ThisDrawing.ModelSpace.AddLine(eptarcbase, eptarcsec)

Dim perfhemi(0 To 3) As AcadEntity
Set perfhemi(0) = arcbase
Set perfhemi(1) = arcsec(0)
Set perfhemi(2) = linea1
Set perfhemi(3) = linea2

'Convierte el perfil en region
Dim reghemi As Variant
reghemi = ThisDrawing.ModelSpace.AddRegion(perfhemi)

'Define eje de la cabeza
```

```
Dim direje(0 To 2) As Double
direje(0) = 0: direje(1) = 1: direje(2) = 0

'Realiza revolve al perfil
Dim hemiobj As Acad3DSolid
Set hemiobj = ThisDrawing.ModelSpace.AddRevolvedSolid(reghemi(0), eptarcbase, direje, 2 *
PI)

'Borra perfil y region de la brida
perfhemi(0).Delete
perfhemi(1).Delete
perfhemi(2).Delete
perfhemi(3).Delete
'reghemi(0).Delete

'Rota la brida segun datos de entrada
Dim ejerot(0 To 2) As Double
If orien = 1 Then
    ejerot(0) = centpoint(0) + 1: ejerot(1) = centpoint(1): ejerot(2) = centpoint(2)
    hemiobj.Rotate3D centpoint, ejerot, PI / 2
    reghemi(0).Rotate3D centpoint, ejerot, PI / 2
Elseif orien = 2 Then
    ejerot(0) = centpoint(0) + 1: ejerot(1) = centpoint(1): ejerot(2) = centpoint(2)
    hemiobj.Rotate3D centpoint, ejerot, -(PI / 2)
    reghemi(0).Rotate3D centpoint, ejerot, -(PI / 2)
Elseif orien = 3 Then
    ejerot(0) = centpoint(0): ejerot(1) = centpoint(1): ejerot(2) = centpoint(2) + 1
    hemiobj.Rotate3D centpoint, ejerot, rot - (PI / 2)
    reghemi(0).Rotate3D centpoint, ejerot, rot - (PI / 2)
End If

Exit Sub

alarm:
MsgBox "Revisar bien los datos de entrada. Error No. " & Err.Number & " - " & Err.Description
Exit Sub

End Sub

Private Sub OptionButton_H_Click()

If OptionButton_H.Value = True Then
    TextBox_rot.Enabled = True
End If

End Sub
```

### **6.6.8 Cabeza Elipsoidal**

```
Option Explicit

Private Sub Cancelar_Click()
    Unload Formelip
End Sub
```

```
Private Sub Aceptar_Click()
'Dibuja cabeza elipsoidal
,
Dim D As Double, E As Double, t As Double, flaj As Integer, rot As Double
Dim pini(0 To 2) As Variant, pfin(0 To 2) As Variant, orien As Integer

On Error GoTo alarm

D = Formelip.TextBoxD.Value
t = Formelip.TextBoxt.Value
rot = 0

If TextBox_rot.Value <> "" Then rot = TextBox_rot.Value * (PI / 180)

If OptionButton_VS.Value = True Then
    orien = 1
Elseif OptionButton_VI.Value = True Then
    orien = 2
Elseif OptionButton_H.Value = True Then
    orien = 3
Else
    orien = "A"
End If

If OptionButtonI.Value = True Then
    flaj = 1
Elseif OptionButtonE.Value = True Then
    flaj = 2
End If

Unload Formelip

'Translada el UCS al WCS
world

Dim centpoint As Variant
centpoint = ThisDrawing.Utility.GetPoint(, "Ingresar el punto para insertar: ")

'Dibuja primer arco
Dim arcbase As AcadEllipse, sptarcbase As Variant, eptarcbase As Variant, ejep(0 To 2) As
Double, ctrptnum As Double
ejep(0) = D / 2: ejep(1) = 0: ejep(2) = 0
Set arcbase = ThisDrawing.ModelSpace.AddEllipse(centpoint, ejep, 0.5)
arcbase.EndAngle = PI / 2
sptarcbase = arcbase.StartPoint
eptarcbase = arcbase.EndPoint

Dim arcsec, controlpoints As Variant, sptarcsec(0 To 2) As Double, eptarcsec(0 To 2) As Double
If flaj = 1 Then
'Dibuja arco secundario (offset externo)
arcsec = arcbase.Offset(t)
ctrptnum = arcsec(0).NumberOfControlPoints
controlpoints = arcsec(0).controlpoints
sptarcsec(0) = controlpoints(0): sptarcsec(1) = controlpoints(1): sptarcsec(2) = controlpoints(2)
eptarcsec(0) = controlpoints(ctrptnum * 3 - 3): eptarcsec(1) = controlpoints(ctrptnum * 3 - 2):
eptarcsec(2) = controlpoints(ctrptnum * 3 - 1)
```

```
Elseif flaj = 2 Then
  'Dibuja arco secundario (offset interno)
  arcsec = arcbase.Offset(-t)
  ctrptnum = arcsec(0).NumberOfControlPoints
  controlpoints = arcsec(0).controlpoints
  sptarcsec(0) = controlpoints(0): sptarcsec(1) = controlpoints(1): sptarcsec(2) = controlpoints(2)
  eptarcsec(0) = controlpoints(ctrptnum * 3 - 3): eptarcsec(1) = controlpoints(ctrptnum * 3 - 2):
  eptarcsec(2) = controlpoints(ctrptnum * 3 - 1)
End If

'Dibuja lineas uniendo los arcos
Dim linea1 As AcadLine, linea2 As AcadLine
Set linea1 = ThisDrawing.ModelSpace.AddLine(sptarcbase, sptarcsec)
Set linea2 = ThisDrawing.ModelSpace.AddLine(eptarcbase, eptarcsec)

Dim perfelip(0 To 3) As AcadEntity
Set perfelip(0) = arcbase
Set perfelip(1) = arcsec(0)
Set perfelip(2) = linea1
Set perfelip(3) = linea2

'Convierte el perfil en region
Dim regelip As Variant
regelip = ThisDrawing.ModelSpace.AddRegion(perfelip)

'Define eje de la cabeza
Dim direje(0 To 2) As Double
direje(0) = 0: direje(1) = 1: direje(2) = 0

'Realiza revolve al perfil
Dim elipobj As Acad3DSolid
Set elipobj = ThisDrawing.ModelSpace.AddRevolvedSolid(regelip(0), eptarcbase, direje, 2 * PI)

'Borra perfil y region de la cabeza
perfelip(0).Delete
perfelip(1).Delete
perfelip(2).Delete
perfelip(3).Delete
regelip(0).Delete

'Rota la brida segun datos de entrada
Dim ejerot(0 To 2) As Double
If orien = 1 Then
  ejerot(0) = centpoint(0) + 1: ejerot(1) = centpoint(1): ejerot(2) = centpoint(2)
  elipobj.Rotate3D centpoint, ejerot, PI / 2
Elseif orien = 2 Then
  ejerot(0) = centpoint(0) + 1: ejerot(1) = centpoint(1): ejerot(2) = centpoint(2)
  elipobj.Rotate3D centpoint, ejerot, -(PI / 2)
Elseif orien = 3 Then
  ejerot(0) = centpoint(0): ejerot(1) = centpoint(1): ejerot(2) = centpoint(2) + 1
  elipobj.Rotate3D centpoint, ejerot, rot - (PI / 2)
End If

Exit Sub
```

```
alarm:
  MsgBox "Revisar bien los datos de entrada. Error No. " & Err.Number & " - " & Err.Description
  Exit Sub

End Sub

Private Sub OptionButton_H_Click()

If OptionButton_H.Value = True Then
  TextBox_rot.Enabled = True
End If

End Sub
```

### **6.6.9 Cabeza Torisférica**

```
Option Explicit

Private Sub Cancelar_Click()
  Unload Formtori
End Sub

Private Sub Aceptar_Click()

'Dibuja cabeza torisférica
,

Dim D As Double, t As Double, L As Double, R As Double, A As Double, B As Double, alfa As Double
Dim rot As Double
Dim flaj As Integer, orien As Integer

On Error GoTo alarm

D = Formtori.TextBoxD.Value
t = Formtori.TextBoxt.Value
L = Formtori.TextBoxL.Value
R = Formtori.TextBoxr.Value
rot = 0

If TextBox_rot.Value <> "" Then rot = TextBox_rot.Value * (PI / 180)

If OptionButton_VS.Value = True Then
  orien = 1
ElseIf OptionButton_VI.Value = True Then
  orien = 2
ElseIf OptionButton_H.Value = True Then
  orien = 3
Else
  orien = "A"
End If

If OptionButtonI.Value = True Then
  flaj = 1
ElseIf OptionButtonE.Value = True Then
```

```
flaj = 2
Else
flaj = "A"
End If

Unload Formtori

'Translada el UCS al WCS
world

Dim centpoint As Variant
centpoint = ThisDrawing.Utility.GetPoint(, "Ingresar el punto para insertar: ")

Dim arcsec As Variant, sptarcsec As Variant, eptarcsec As Variant

'If flaj = 1 Then

A = D / 2 - R
B = -Sqr((L - R) ^ 2 - A ^ 2)
alfa = Atn(-B / A)

'Dibuja arcos rebordeo
Dim sptarcreb(0 To 2) As Double, sptarcreb2, eptarcreb2 As Variant
Dim arcreb As AcadArc, centpoint2(0 To 2) As Double, arcreb2 As Variant

sptarcreb(0) = centpoint(0) + D / 2: sptarcreb(1) = centpoint(1): sptarcreb(2) = centpoint(2)
centpoint2(0) = sptarcreb(0) - R: centpoint2(1) = sptarcreb(1): centpoint2(2) = sptarcreb(2)
Set arcreb = ThisDrawing.ModelSpace.AddArc(centpoint2, R, 0, alfa)

'Dibuja arco corona
Dim arccor As AcadArc, centpoint3(0 To 2) As Double, arccor2 As Variant
Dim eptarccor As Variant, eptarccor2 As Variant, sptarccor2 As Variant
centpoint3(0) = centpoint(0): centpoint3(1) = centpoint(1) + B: centpoint3(2) = centpoint(2)
Set arccor = ThisDrawing.ModelSpace.AddArc(centpoint3, L, alfa, PI / 2)
eptarccor = arccor.EndPoint

If flaj = 1 Then
'Dibuja arcos secundarios (offset interno)
arcreb2 = arcreb.Offset(t)
sptarcreb2 = arcreb2(0).StartPoint
eptarcreb2 = arcreb2(0).EndPoint

arccor2 = arccor.Offset(t)
sptarccor2 = arccor2(0).StartPoint
eptarccor2 = arccor2(0).EndPoint

Elseif flaj = 2 Then
'Dibuja arcos secundarios (offset externo)
arcreb2 = arcreb.Offset(-t)
sptarcreb2 = arcreb2(0).StartPoint
eptarcreb2 = arcreb2(0).EndPoint

arccor2 = arccor.Offset(-t)
sptarccor2 = arccor2(0).StartPoint
eptarccor2 = arccor2(0).EndPoint
End If
```

```
'Dibuja lineas uniendo los arcos
Dim linea1 As AcadLine, linea2 As AcadLine
Set linea1 = ThisDrawing.ModelSpace.AddLine(sptarcreb, sptarcreb2)
Set linea2 = ThisDrawing.ModelSpace.AddLine(eptarccor, eptarccor2)

Dim perftori(0 To 5) As AcadEntity
Set perftori(0) = arcreb
Set perftori(1) = arcreb2(0)
Set perftori(2) = arccor
Set perftori(3) = arccor2(0)
Set perftori(4) = linea1
Set perftori(5) = linea2

'Convierte el perfil en region
Dim regtori As Variant
regtori = ThisDrawing.ModelSpace.AddRegion(perftori)

'Define eje de la cabeza
Dim direje(0 To 2) As Double
direje(0) = 0: direje(1) = 1: direje(2) = 0

'Realiza revolve al perfil
Dim toriobj As Acad3DSolid
Set toriobj = ThisDrawing.ModelSpace.AddRevolvedSolid(regtori(0), eptarccor, direje, 2 * PI)

'Borra perfil y region de la brida
For i = 0 To 5
    perftori(i).Delete
Next i
'regtori(0).Delete

'Rota la brida segun datos de entrada
Dim ejerot(0 To 2) As Double
If orien = 1 Then
    ejerot(0) = centpoint(0) + 1: ejerot(1) = centpoint(1): ejerot(2) = centpoint(2)
    toriobj.Rotate3D centpoint, ejerot, PI / 2
    regtori(0).Rotate3D centpoint, ejerot, PI / 2
Elseif orien = 2 Then
    ejerot(0) = centpoint(0) + 1: ejerot(1) = centpoint(1): ejerot(2) = centpoint(2)
    toriobj.Rotate3D centpoint, ejerot, -(PI / 2)
    regtori(0).Rotate3D centpoint, ejerot, -(PI / 2)
Elseif orien = 3 Then
    ejerot(0) = centpoint(0): ejerot(1) = centpoint(1): ejerot(2) = centpoint(2) + 1
    toriobj.Rotate3D centpoint, ejerot, rot - (PI / 2)
    regtori(0).Rotate3D centpoint, ejerot, rot - (PI / 2)
End If
Exit Sub

alarm:
    MsgBox "Revisar bien los datos de entrada. Error No. " & Err.Number & " - " & Err.Description
Exit Sub

End Sub

Private Sub CheckBox1_Click()
```

```
If Formtori.CheckBox1.Value = True Then
    Formtori.TextBoxL.SpecialEffect = fmSpecialEffectSunken
    Formtori.TextBoxL.Enabled = True
Else
    Formtori.TextBoxL.SpecialEffect = fmSpecialEffectFlat
    Formtori.TextBoxL.Enabled = False
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox2_Click()
```

```
If Formtori.CheckBox2.Value = True Then
    Formtori.TextBoxr.SpecialEffect = fmSpecialEffectSunken
    Formtori.TextBoxr.Enabled = True
Else
    Formtori.TextBoxr.SpecialEffect = fmSpecialEffectFlat
    Formtori.TextBoxr.Enabled = False
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub OptionButton_H_Click()
```

```
If OptionButton_H.Value = True Then
    TextBox_rot.Enabled = True
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TextBoxD_Change()
```

```
If Formtori.TextBoxt.Value <> "" Then
    Dim D, t As Double

    If Formtori.TextBoxD.Value = "" Then
        D = 0
    Else: D = Formtori.TextBoxD.Value
    End If

    If Formtori.TextBoxt.Value = "" Then
        t = 0
    Else: t = Formtori.TextBoxt.Value
    End If

    Formtori.TextBoxL.Value = D + 2 * t
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TextBoxL_Change()
```

```
Dim L As Double
    L = Formtori.TextBoxL.Value
    Formtori.TextBoxr.Value = (3 * L) / 50
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TextBoxt_Change()  
  
If Formtori.TextBoxD.Value <> "" Then  
    Dim D, t As Double  
  
    If Formtori.TextBoxD.Value = "" Then  
        D = 0  
    Else: D = Formtori.TextBoxD.Value  
    End If  
  
    If Formtori.TextBoxt.Value = "" Then  
        t = 0  
    Else: t = Formtori.TextBoxt.Value  
    End If  
  
    Formtori.TextBoxL.Value = D + 2 * t  
End If  
  
End Sub
```

### **6.6.10 Detalle de Aberturas**

```
Option Explicit  
  
Private Sub Cancelar_Click()  
    Unload FormSoldadura  
End Sub  
  
Private Sub Aceptar_Click()  
  
On Error GoTo alarm  
  
'Define el nombre bloque de soldadura a insertar  
Dim blockRefObj As AcadBlockReference  
Dim blockname As String, blockpad As String  
  
If FormSoldadura.OptionButton_a.Value = True Then  
    blockname = FormSoldadura.OptionButton_a.Caption  
    blockpad = pad & "Weld_detail UW-16" & blockname & ".L.dwg"  
  
ElseIf FormSoldadura.OptionButton_b.Value = True Then  
    blockname = FormSoldadura.OptionButton_b.Caption  
    blockpad = pad & "Weld_detail UW-16" & blockname & ".L.dwg"  
  
ElseIf FormSoldadura.OptionButton_c.Value = True Then  
    blockname = FormSoldadura.OptionButton_c.Caption  
    blockpad = pad & "Weld_detail UW-16" & blockname & ".L.dwg"  
  
ElseIf FormSoldadura.OptionButton_d.Value = True Then  
    blockname = FormSoldadura.OptionButton_d.Caption  
    blockpad = pad & "Weld_detail UW-16" & blockname & ".L.dwg"  
  
ElseIf FormSoldadura.OptionButton_e.Value = True Then  
    blockname = FormSoldadura.OptionButton_e.Caption
```

```
blockpad = pad & "Weld_detail UW-16" & blockname & ".L.dwg"

Elseif FormSoldadura.OptionButton_f.Value = True Then
    blockpad = pad & "Weld_detail UW-16(i)L.dwg"

Elseif FormSoldadura.OptionButton_g.Value = True Then
    blockpad = pad & "Weld_detail UW-16(j)L.dwg"

Elseif FormSoldadura.OptionButton_h.Value = True Then
    blockpad = pad & "Weld_detail UW-16(l)L.dwg"

Elseif FormSoldadura.OptionButton_i.Value = True Then
    blockpad = pad & "Weld_detail UW-16(p)L.dwg"

Elseif FormSoldadura.OptionButton_j.Value = True Then
    blockpad = pad & "Weld_detail UW-16(q)L.dwg"

Elseif FormSoldadura.OptionButton_k.Value = True Then
    blockpad = pad & "Weld_detail UW-16(r)L.dwg"

Elseif FormSoldadura.OptionButton_l.Value = True Then
    blockpad = pad & "Weld_detail UW-16(s)L.dwg"

Elseif FormSoldadura.OptionButton_m.Value = True Then
    blockpad = pad & "Weld_detail UW-16(x1)L.dwg"

Elseif FormSoldadura.OptionButton_n.Value = True Then
    blockpad = pad & "Weld_detail UW-16(x2)L.dwg"

Elseif FormSoldadura.OptionButton_o.Value = True Then
    blockpad = pad & "Weld_detail UW-16(y1)L.dwg"

Elseif FormSoldadura.OptionButton_p.Value = True Then
    blockpad = pad & "Weld_detail UW-16(y2)L.dwg"

Elseif FormSoldadura.OptionButton_q.Value = True Then
    blockpad = pad & "Weld_detail UW-16(z1)L.dwg"

Elseif FormSoldadura.OptionButton_r.Value = True Then
    blockpad = pad & "Weld_detail UW-16(z2)L.dwg"
End If

Unload FormSoldadura

Dim keyWord As String
ThisDrawing.Utility.InitializeUserInput 0, "Model Paper"
keyWord = ThisDrawing.Utility.GetKeyword(vbCrLf & "Enter an option (Model/<Paper>): ")
If keyWord = "" Then keyWord = "Paper"

'Translada el UCS al WCS
world

'Crea el punto de insercion del bloque
Dim pini(0 To 2) As Double
Dim ingpoint As Variant
ingpoint = ThisDrawing.Utility.GetPoint(, "Ingresar el punto para insertar ")
```

```
pini(0) = ingpoint(0)
pini(1) = ingpoint(1)
pini(2) = ingpoint(2)
```

```
If keyWord = "Model" Then
    Set blockRefObj = ThisDrawing.ModelSpace.InsertBlock(pini, blockpad, 1#, 1#, 1#, 0)
Else
    Set blockRefObj = ThisDrawing.PaperSpace.InsertBlock(pini, blockpad, 1#, 1#, 1#, 0)
End If
```

```
Exit Sub
```

```
alarm:
    MsgBox "Revisar bien los datos de entrada. Error No. " & Err.Number & " - " & Err.Description
    Exit Sub
```

```
End Sub
```

### 6.6.11 Orejas

```
Private Sub Aceptar_Click()
```

```
'Dibuja orejas de izaje
Dim L As Double, H As Double, R As Double, t As Double, D As Double, aux As Double
```

```
On Error GoTo alarm
```

```
If OptionButton_plgs.Value = True Then
    aux = plgmm
ElseIf OptionButton_mm.Value = True Then
    aux = 1
End If
```

```
L = TextBox1.Value * aux
H = TextBox2.Value * aux
R = TextBox3.Value * aux
t = TextBox4.Value * aux
D = TextBox5.Value * aux
```

```
Unload FormOrejas
```

```
'Translada el UCS al WCS
world
```

```
'Dibuja contorno de la seccion
Dim pini(0 To 2) As Double
Dim ingpoint As Variant
ingpoint = ThisDrawing.Utility.GetPoint(, "Ingresar el punto para insertar: ")
pini(0) = ingpoint(0)
pini(1) = ingpoint(1)
pini(2) = ingpoint(2)
```

```
'Encuentra puntos tangentes
```

```
Dim centpoint(0 To 2) As Double, auxpoint1(0 To 2) As Double, auxpoint2(0 To 2) As Double,
midpoint(0 To 2) As Double
```

```
Dim tanpoint1 As Variant, tanpoint2 As Variant
```

```
centpoint(0) = pini(0) + L / 2: centpoint(1) = pini(1) + (H - R): centpoint(2) = pini(2)
```

```
Dim circext As AcadCircle
```

```
Set circext = ThisDrawing.ModelSpace.AddCircle(centpoint, R)
```

```
'Primer punto tan
```

```
auxpoint1(0) = pini(0) + (L): auxpoint1(1) = pini(1) + plgmm: auxpoint1(2) = pini(2)
```

```
Dim auxline(0 To 1) As AcadLine
```

```
Set auxline(0) = ThisDrawing.ModelSpace.AddLine(auxpoint1, centpoint)
```

```
midpoint(0) = auxpoint1(0) - ((auxpoint1(0) - centpoint(0)) / 2)
```

```
midpoint(1) = centpoint(1) - ((centpoint(1) - auxpoint1(1)) / 2)
```

```
midpoint(2) = pini(2)
```

```
Dim raux As Double, alfa As Double
```

```
raux = auxline(0).Length / 2
```

```
alfa = Atn((midpoint(1) - auxpoint1(1)) / (auxpoint1(0) - midpoint(0)))
```

```
Dim arcaux(0 To 1) As AcadArc
```

```
Set arcaux(0) = ThisDrawing.ModelSpace.AddArc(midpoint, raux, -alfa, PI - alfa)
```

```
tanpoint1 = circext.IntersectWith(arcaux(0), acExtendNone)
```

```
'Segundo punto tan
```

```
auxpoint2(0) = pini(0): auxpoint2(1) = pini(1) + plgmm: auxpoint2(2) = pini(2)
```

```
Set auxline(1) = ThisDrawing.ModelSpace.AddLine(auxpoint2, centpoint)
```

```
midpoint(0) = centpoint(0) - (centpoint(0) - auxpoint2(0)) / 2
```

```
midpoint(1) = centpoint(1) - (centpoint(1) - auxpoint2(1)) / 2
```

```
midpoint(2) = pini(2)
```

```
Set arcaux(1) = ThisDrawing.ModelSpace.AddArc(midpoint, raux, alfa, PI + alfa)
```

```
tanpoint2 = circext.IntersectWith(arcaux(1), acExtendNone)
```

```
'Llena vector 1 de coordenadas de 3DPolyline
```

```
Dim points1(0 To 11) As Double
```

```
points1(0) = pini(0): points1(1) = pini(1): points1(2) = pini(2) 'A
```

```
points1(3) = pini(0) + (L): points1(4) = pini(1): points1(5) = pini(2) 'B
```

```
points1(6) = auxpoint1(0): points1(7) = auxpoint1(1): points1(8) = pini(2) 'C
```

```
points1(9) = tanpoint1(0): points1(10) = tanpoint1(1): points1(11) = pini(2) 'P1
```

```
' Crea perfil 1 con 3dPolyline object en el model space
```

```
Dim perfore(0 To 2) As AcadEntity 'para crear una region se necesita un arreglo de objetos
```

```
Set perfore(0) = ThisDrawing.ModelSpace.Add3DPoly(points1)
```

```
'Llena vector 2 de coordenadas de 3dPolyline
```

```
Dim points2(0 To 8) As Double
```

```
points2(0) = pini(0): points2(1) = pini(1): points2(2) = pini(2) 'A
```

```
points2(3) = auxpoint2(0): points2(4) = auxpoint2(1): points2(5) = pini(2) 'E
```

```
points2(6) = tanpoint2(0): points2(7) = tanpoint2(1): points2(8) = pini(2) 'P2
```

```
' Crea perfil 2 con 3DPolyline object en el model space
```

```
Set perfore(1) = ThisDrawing.ModelSpace.Add3DPoly(points2)
```

```
'Dibuja arco externo para perfil
Dim beta1 As Double, beta2 As Double
beta1 = Atn((tanpoint1(1) - centpoint(1)) / (tanpoint1(0) - centpoint(0)))
beta2 = Atn((tanpoint2(1) - centpoint(1)) / (centpoint(0) - tanpoint2(0)))
Set perfore(2) = ThisDrawing.ModelSpace.AddArc(centpoint, R, beta1, PI - beta2)

'Convierte el perfil en region
Dim regore As Variant
regore = ThisDrawing.ModelSpace.AddRegion(perfore)

'Dibuja cilindro interno
Dim circint(0 To 0) As AcadCircle
Set circint(0) = ThisDrawing.ModelSpace.AddCircle(centpoint, D / 2)
Dim regore2 As Variant
regore2 = ThisDrawing.ModelSpace.AddRegion(circint)

'Extruye el perfil
Dim oreobj As Acad3DSolid, cilint As Acad3DSolid
Set oreobj = ThisDrawing.ModelSpace.AddExtrudedSolid(regore(0), t, 0)
Set cilint = ThisDrawing.ModelSpace.AddExtrudedSolid(regore2(0), t, 0)

'Sustrae volúmenes
oreobj.Boolean acSubtraction, cilint

auxline(0).Delete
auxline(1).Delete
circext.Delete
circint(0).Delete
arcaux(0).Delete
arcaux(1).Delete
perfore(0).Delete
perfore(1).Delete
perfore(2).Delete
regore(0).Delete
regore2(0).Delete

'Rota la oreja
Dim ejerot(0 To 2) As Double
ejerot(0) = pini(0) + 1: ejerot(1) = pini(1): ejerot(2) = pini(2)
oreobj.Rotate3D pini, ejerot, PI / 2

Exit Sub

alarm:
MsgBox "Revisar bien los datos de entrada. Error No. " & Err.Number & " - " & Err.Description
Exit Sub

End Sub

Private Sub ComboBox_peso_Change()

Dim peso
Dim D As Double, t As Double, H As Double, R As Double, L As Double

peso = ComboBox_peso.text
```

```
'Crea la conexion con la base de datos
Dim bdd As ADODB.Connection
Set bdd = New ADODB.Connection
With bdd
    .Provider = "MSDASQL"
    .ConnectionString = "DSN=PVData;"
    .Open
End With

Dim rs As New ADODB.Recordset

'Extrae datos de la tabla
If OptionButton_plgs.Value = True Then
    sql = "SELECT * FROM Liftlug WHERE Peso =" & peso
ElseIf OptionButton_mm.Value = True Then
    sql = "SELECT * FROM Liftlugmm WHERE Peso =" & peso
End If

If ComboBox_peso.Value <> "" Then
rs.Open sql, bdd, adOpenKeyset, adLockReadOnly
D = rs("D")
t = rs("T")
H = rs("H")
R = rs("R")
L = rs("L")

rs.Close

TextBox1.text = L
TextBox2.text = H
TextBox3.text = R
TextBox4.text = t
TextBox5.text = D
End If

End Sub

Private Sub Cancelar_Click()
    Unload FormOrejas
End Sub

Private Sub OptionButton_mm_Click()

ComboBox_peso.Clear
TextBox1.text = ""
TextBox2.text = ""
TextBox3.text = ""
TextBox4.text = ""
TextBox5.text = ""

If OptionButton_mm.Value = True Then
    'Crea la conexion con la base de datos
    Dim bdd As ADODB.Connection
    Set bdd = New ADODB.Connection
```

```
With bdd
    .Provider = "MSDASQL"
    .ConnectionString = "DSN=PVData;"
    .Open
End With

Dim rs As New ADODB.Recordset

'Llena listado de diametros
sql = "SELECT Peso FROM Liftlugmm"
rs.Open sql, bdd, adOpenKeyset, adLockReadOnly
With ComboBox_peso
    Do While Not rs.EOF
        .AddItem rs("Peso")
        rs.MoveNext
    Loop
End With
rs.Close

Label7.Caption = "Kg"
Label8.Caption = "mm"
Label9.Caption = "mm"
Label10.Caption = "mm"
Label11.Caption = "mm"
Label12.Caption = "mm"
End If

End Sub

Private Sub UserForm_Activate()

OptionButton_mm.Value = True

End Sub
Private Sub OptionButton_plgs_change()

ComboBox_peso.Clear
TextBox1.text = ""
TextBox2.text = ""
TextBox3.text = ""
TextBox4.text = ""
TextBox5.text = ""

If OptionButton_plgs.Value = True Then
'Crea la conexion con la base de datos
Dim bdd As ADODB.Connection
Set bdd = New ADODB.Connection
With bdd
    .Provider = "MSDASQL"
    .ConnectionString = "DSN=PVData;"
    .Open
End With

Dim rs As New ADODB.Recordset

'Llena listado de diametros
```

```
sql = "SELECT Peso FROM Liftlug"
rs.Open sql, bdd, adOpenKeyset, adLockReadOnly
With ComboBox_peso
  Do While Not rs.EOF
    .AddItem rs("Peso")
    rs.MoveNext
  Loop
End With
rs.Close

Label7.Caption = "lbs"
Label8.Caption = "plgs"
Label9.Caption = "plgs"
Label10.Caption = "plgs"
Label11.Caption = "plgs"
Label12.Caption = "plgs"
End If

End Sub
```

### 6.6.12 Patas

```
Option Explicit
Dim lado As Double
Dim t As Double

Private Sub Aceptar_Click()
'
'Dibuja perfiles en L
Dim D As Double, alt As Double, lmax As Double, W As Double

'On Error GoTo alarm

D = ComboBox_diam.Value

If OptionButton_plgs.Value = True Then
  lmax = TextBox3.Value * plgmm
  W = TextBox4.Value * plgmm
  lado = lado * plgmm
  t = t * plgmm
Elseif OptionButton_mm.Value = True Then
  lmax = TextBox3.Value
  W = TextBox4.Value
End If

Unload FormLegs

'Translada el UCS al WCS
world

'Dibuja contorno de la seccion
Dim points(0 To 17) As Double
Dim pini(0 To 2) As Double
Dim ingpoint As Variant
```

```

ingpoint = ThisDrawing.Utility.GetPoint(, "Ingresar el centro de la base del recipiente: ")
Dim R As Double
R = ThisDrawing.Utility.GetDistance(ingpoint, "Ingresar el diámetro externo del recipiente: ")

Dim A As Double, B As Double, DG As Double, x As Double, y As Double
x = ((lado - t) * Sin(PI / 4)) / R
A = Atn(x / Sqr(-x * x + 1))
B = (3 * PI / 4) - A
DG = Sqr(R ^ 2 + (lado - t) ^ 2 - (2 * R * (lado - t) * Cos(B)))
y = Sin(PI / 4) * (DG + Sqr(2 * t ^ 2))

pini(0) = ingpoint(0) - y
pini(1) = ingpoint(1) - y
pini(2) = ingpoint(2)
points(0) = pini(0): points(1) = pini(1): points(2) = pini(2)
points(3) = pini(0) + (lado): points(4) = pini(1): points(5) = pini(2)
points(6) = pini(0) + (lado): points(7) = pini(1) + (t): points(8) = pini(2)
points(9) = pini(0) + (t): points(10) = pini(1) + (t): points(11) = pini(2)
points(12) = pini(0) + (t): points(13) = pini(1) + (lado): points(14) = pini(2)
points(15) = pini(0): points(16) = pini(1) + (lado): points(17) = pini(2)

' Crea el perfil de la brida con 3DPolyline object en el model space
Dim perflegobj(0 To 0) As Acad3DPolyline 'para crear una region se necesita un arreglo de
objetos
Set perflegobj(0) = ThisDrawing.ModelSpace.Add3DPoly(points)
perflegobj(0).Closed = True

'Convierte el perfil en region
Dim reglegobj As Variant
reglegobj = ThisDrawing.ModelSpace.AddRegion(perflegobj)

'Extruye el perfil
Dim legobj As Acad3DSolid
Set legobj = ThisDrawing.ModelSpace.AddExtrudedSolid(reglegobj(0), W + lmax, 0)

perflegobj(0).Delete
reglegobj(0).Delete

'Dibuja placa base
Dim points2(0 To 11) As Double
points2(0) = pini(0) - plgmm: points2(1) = pini(1) - plgmm: points2(2) = pini(2)
points2(3) = pini(0) + lado + plgmm: points2(4) = pini(1) - (plgmm): points2(5) = pini(2)
points2(6) = pini(0) + lado + plgmm: points2(7) = pini(1) + lado + plgmm: points2(8) = pini(2)
points2(9) = pini(0) - plgmm: points2(10) = pini(1) + lado + plgmm: points2(11) = pini(2)

Dim perfplaca(0 To 0) As Acad3DPolyline 'para crear una region se necesita un arreglo de
objetos
Set perfplaca(0) = ThisDrawing.ModelSpace.Add3DPoly(points2)
perfplaca(0).Closed = True

Dim regplaca As Variant
regplaca = ThisDrawing.ModelSpace.AddRegion(perfplaca)

Dim placaobj As Acad3DSolid
Set placaobj = ThisDrawing.ModelSpace.AddExtrudedSolid(regplaca(0), (-0.75 * plgmm), 0)

```

```
perfplaca(0).Delete  
regplaca(0).Delete
```

```
Dim arrayleg As Variant  
arrayleg = legobj.ArrayPolar(4, 2 * PI, ingpoint)  
Dim arrayplaca As Variant  
arrayplaca = placaobj.ArrayPolar(4, 2 * PI, ingpoint)
```

```
'translada punto extremo del elemento al punto de insercion  
Dim point2(0 To 2) As Double  
point2(0) = pini(0): point2(1) = pini(1): point2(2) = pini(2) - lmax  
legobj.Move pini, point2  
arrayleg(0).Move pini, point2  
arrayleg(1).Move pini, point2  
arrayleg(2).Move pini, point2  
placaobj.Move pini, point2  
arrayplaca(0).Move pini, point2  
arrayplaca(1).Move pini, point2  
arrayplaca(2).Move pini, point2
```

```
Exit Sub
```

```
alarm:
```

```
MsgBox "Revisar bien los datos de entrada. Error No. " & Err.Number & " - " & Err.Description  
Exit Sub  
End Sub
```

```
Private Sub Cancelar_Click()  
Unload FormLegs  
End Sub
```

```
Private Sub ComboBox_diam_Change()
```

```
Dim diam, lmax As Double, alt As Double, W As Double  
Dim dimen As String
```

```
diam = ComboBox_diam.text
```

```
Dim bdd As ADODB.Connection  
Set bdd = New ADODB.Connection  
With bdd  
.Provider = "MSDASQL"  
.ConnectionString = "DSN=PVData;"  
.Open  
End With
```

```
Dim rs As New ADODB.Recordset
```

```
'Extrae dimensiones de base de datos  
If OptionButton_plgs.Value = True Then  
sql = "SELECT * FROM LegSupport WHERE Diamrecip =" & diam  
Elseif OptionButton_mm.Value = True Then  
sql = "SELECT * FROM LegSupportmm WHERE Diamrecip =" & diam  
End If
```

```
If ComboBox_diam.Value <> "" Then
```

```
rs.Open sql, bdd, adOpenKeyset, adLockReadOnly
  alt = rs("hmaxrecip")
  lmax = rs("lmax")
  W = rs("W")
  dimen = rs("Dimensiones")
  lado = rs("Lado")
  t = rs("t")
rs.Close

TextBox1.text = alt
TextBox2.text = dimen
TextBox3.text = lmax
TextBox4.text = W
End If

End Sub

Private Sub OptionButton_mm_Click()

ComboBox_diam.Clear
TextBox1.text = ""
TextBox2.text = ""
TextBox3.text = ""
TextBox4.text = ""

If OptionButton_mm.Value = True Then
  'Crea la conexion con la base de datos
  Dim bdd As ADODB.Connection
  Set bdd = New ADODB.Connection
  With bdd
    .Provider = "MSDASQL"
    .ConnectionString = "DSN=PVData;"
    .Open
  End With

  Dim rs As New ADODB.Recordset

  'Llena listado de diametros
  sql = "SELECT DiamRecip FROM LegSupportmm"
  rs.Open sql, bdd, adOpenKeyset, adLockReadOnly
  With ComboBox_diam
    Do While Not rs.EOF
      .AddItem rs("DiamRecip")
      rs.MoveNext
    Loop
  End With
  rs.Close
  Label6.Caption = "mm"
  Label7.Caption = "mm"
  Label8.Caption = "mm"
  Label9.Caption = "mm"
  Label10.Caption = "mm"
End If
End Sub

Private Sub OptionButton_plgs_change()
```

```
ComboBox_diam.Clear
TextBox1.text = ""
TextBox2.text = ""
TextBox3.text = ""
TextBox4.text = ""

If OptionButton_plgs.Value = True Then
'Crea la conexion con la base de datos
Dim bdd As ADODB.Connection
Set bdd = New ADODB.Connection
With bdd
.Provider = "MSDASQL"
.ConnectionString = "DSN=PVData;"
.Open
End With

Dim rs As New ADODB.Recordset

'Llena listado de diametros
sql = "SELECT DiamRecip FROM LegSupport"
rs.Open sql, bdd, adOpenKeyset, adLockReadOnly
With ComboBox_diam
Do While Not rs.EOF
.AddItem rs("DiamRecip")
rs.MoveNext
Loop
End With
rs.Close
Label6.Caption = "plgs"
Label7.Caption = "plgs"
Label8.Caption = "plgs"
Label9.Caption = "plgs"
Label10.Caption = "plgs"
End If

End Sub

Private Sub UserForm_Activate()
OptionButton_mm.Value = True
End Sub
```

### **6.6.13 Faldón**

```
Option Explicit

Private Sub Aceptar_Click()

'Dibuja el faldon

Dim D As Double, De As Double, t As Double, H As Double
Dim flaj As Integer, orien As Integer

On Error GoTo alarm
```

```
D = TextBoxD.Value
t = TextBoxt.Value
H = TextBoxh.Value

If OptionButtonI.Value = True Then
    flaj = 1
Elseif OptionButtonE.Value = True Then
    flaj = 2
Else
    flaj = "A"
End If

Unload FormFaldon

'Translada el UCS al WCS
world

Dim centpoint As Variant, pini(0 To 2) As Double
centpoint = ThisDrawing.Utility.GetPoint(, "Ingresar el punto para insertar: ")
pini(0) = centpoint(0): pini(1) = centpoint(1): pini(2) = centpoint(2)

'Dibuja cilindros
Dim cilext As Acad3DSolid
Dim cilint As Acad3DSolid

If flaj = 1 Then
    Set cilint = ThisDrawing.ModelSpace.AddCylinder(centpoint, D / 2, H)
    De = D + (2 * t)
    Set cilext = ThisDrawing.ModelSpace.AddCylinder(centpoint, De / 2, H)
Elseif flaj = 2 Then
    Set cilext = ThisDrawing.ModelSpace.AddCylinder(centpoint, D / 2, H)
    De = D - (2 * t)
    Set cilint = ThisDrawing.ModelSpace.AddCylinder(centpoint, De / 2, H)
End If

'Sustrae cilindro interno del externo
cilext.Boolean acSubtraction, cilint

'translada punto extremo del elemento al punto de insercion
Dim point2(0 To 2) As Double
point2(0) = pini(0): point2(1) = pini(1): point2(2) = pini(2) - H / 2
cilext.Move pini, point2

Exit Sub

alarm:
    MsgBox "Revisar bien los datos de entrada. Error No. " & Err.Number & " - " & Err.Description
Exit Sub

End Sub

Private Sub Cancelar_Click()
    Unload FormFaldon
End Sub
```

### 6.6.14 Sillas

```
Dim A As Double, B As Double, C As Double, D As Double, E As Double, G As Double
Dim K As Double, L As Double, H As Double, diam, pesomax As Double, nr As Integer
Private Sub Aceptar_Click()
```

```
'Dibuja sillas
```

```
On Error GoTo alarm
```

```
If OptionButton_plgs.Value = True Then
```

```
    aux = plgmm
```

```
Elseif OptionButton_mm.Value = True Then
```

```
    aux = 1
```

```
End If
```

```
A = TextBox1.Value * aux
```

```
B = TextBox2.Value * aux
```

```
C = TextBox3.Value * aux
```

```
D = TextBox4.Value * aux
```

```
E = TextBox5.Value * aux
```

```
H = TextBox6.Value * aux
```

```
G = TextBox7.Value * aux
```

```
K = TextBox8.Value * aux
```

```
nr = TextBox10.Value
```

```
Unload Formsillas
```

```
'Translada el UCS al WCS
```

```
world
```

```
Dim ingpoint As Variant
```

```
ingpoint = ThisDrawing.Utility.GetPoint(, "Ingresar el punto extremo del cuerpo: ")
```

```
Dim h2 As Double
```

```
h2 = ThisDrawing.Utility.GetDistance(ingpoint, "Ingresar la altura la cabeza: ")
```

```
Dim L As Variant
```

```
L = ThisDrawing.Utility.GetDistance(, "Ingresar la longitud del cuerpo: ")
```

```
Dim R As Double
```

```
R = ThisDrawing.Utility.GetDistance(ingpoint, "Ingresar el radio externo del recipiente: ")
```

```
'Translada coordenadas al punto inicial del dibujo
```

```
Dim pini(0 To 2) As Double
```

```
pini(0) = ingpoint(0): pini(1) = ingpoint(1) - A / 2: pini(2) = ingpoint(2) - B
```

```
Dim x As Double, Ls As Double
```

```
Ls = 0.586 * (L + 4 / 3 * h2)
```

```
x = (L - Ls) / 2
```

```
desp = x + H / 2 + Ls
```

```
'Dibuja base
```

```
Dim points(0 To 11) As Double
```

```
points(0) = pini(0): points(1) = pini(1): points(2) = pini(2)
```

```
points(3) = pini(0) + C: points(4) = pini(1): points(5) = pini(2)
```

```
points(6) = pini(0) + C: points(7) = pini(1) + A: points(8) = pini(2)
```

```
points(9) = pini(0): points(10) = pini(1) + A: points(11) = pini(2)
```

```
' Crea el perfil de la base con 3DPolyline object
```

Dim perfbase(0 To 0) As Acad3DPolyline 'para crear una region se necesita un arreglo de objetos

Set perfbase(0) = ThisDrawing.ModelSpace.Add3DPoly(points)

perfbase(0).Closed = True

'Convierte el perfil de la base en region

Dim regbase As Variant 'para crear una region se necesita un arreglo de objetos

regbase = ThisDrawing.ModelSpace.AddRegion(perfbase)

'Extruye region de la base

Dim baseobj As Acad3DSolid

Set baseobj = ThisDrawing.ModelSpace.AddExtrudedSolid(regbase(0), G, 0)

perfbase(0).Delete

regbase(0).Delete

'Dibuja las paredes

Dim points2(0 To 11) As Double

Dim y As Double, z As Double

$$y = \text{Sqr}((R + K) ^ 2 - (A / 2 - H) ^ 2)$$

$$z = B - y - G$$

'Coordenadas pared #1

points2(0) = pini(0): points2(1) = pini(1): points2(2) = pini(2) + G

points2(3) = pini(0) + D: points2(4) = pini(1): points2(5) = pini(2) + G

points2(6) = pini(0) + D: points2(7) = pini(1) + H: points2(8) = pini(2) + G

points2(9) = pini(0): points2(10) = pini(1) + H: points2(11) = pini(2) + G

' Crea el perfil de la pared #1 con 3DPolyline object

Dim perfrib(0 To 0) As Acad3DPolyline 'para crear una region se necesita un arreglo de objetos

Set perfrib(0) = ThisDrawing.ModelSpace.Add3DPoly(points2)

perfrib(0).Closed = True

'Convierte el perfil de la costilla #1 en region

Dim regrib1 As Variant 'para crear una region se necesita un arreglo de objetos

regrib1 = ThisDrawing.ModelSpace.AddRegion(perfrib)

'Extruye region de la costilla #1

Dim ribobj(0 To 5) As Acad3DSolid

Set ribobj(0) = ThisDrawing.ModelSpace.AddExtrudedSolid(regrib1(0), z, 0)

perfrib(0).Delete

regrib1(0).Delete

'Coordenadas pared #2

points2(0) = pini(0): points2(1) = pini(1) - H + A: points2(2) = pini(2) + G

points2(3) = pini(0) + D: points2(4) = pini(1) + A - H: points2(5) = pini(2) + G

points2(6) = pini(0) + D: points2(7) = pini(1) + A: points2(8) = pini(2) + G

points2(9) = pini(0): points2(10) = pini(1) + A: points2(11) = pini(2) + G

' Crea el perfil de la pared #2 con 3DPolyline object

Set perfrib(0) = ThisDrawing.ModelSpace.Add3DPoly(points2)

perfrib(0).Closed = True

Dim regrib2 As Variant 'para crear una region se necesita un arreglo de objetos

regrib2 = ThisDrawing.ModelSpace.AddRegion(perfrib)

'Extruye region de la pared #2

Set ribobj(1) = ThisDrawing.ModelSpace.AddExtrudedSolid(regrib2(0), z, 0)

perfrib(0).Delete

regrib2(0).Delete

'Coordenadas pared #3

points2(0) = pini(0): points2(1) = pini(1) + H: points2(2) = pini(2) + G

points2(3) = pini(0) + H: points2(4) = pini(1) + H: points2(5) = pini(2) + G

```

points2(6) = pini(0) + H: points2(7) = pini(1) - H + A: points2(8) = pini(2) + G
points2(9) = pini(0): points2(10) = pini(1) - H + A: points2(11) = pini(2) + G
'Crea el perfil de la pared #3 con 3DPolyline object
Set perfrib(0) = ThisDrawing.ModelSpace.Add3DPoly(points2)
perfrib(0).Closed = True
regrib2 = ThisDrawing.ModelSpace.AddRegion(perfrib)
'Extruye region de la pared #3
Set ribobj(2) = ThisDrawing.ModelSpace.AddExtrudedSolid(regrib2(0), z, 0)
perfrib(0).Delete
regrib2(0).Delete
'Gira pared
Dim ejerot(0 To 2) As Double, point(0 To 2) As Double
point(0) = pini(0): point(1) = pini(1): point(2) = pini(2) + G
ejerot(0) = pini(0): ejerot(1) = pini(1) + 1: ejerot(2) = pini(2) + G
ribobj(2).Rotate3D point, ejerot, -(PI / 2)
Dim cilaux As Acad3DSolid
point(0) = pini(0) + G - B: point(1) = pini(1) + A / 2: point(2) = pini(2) + G
Set cilaux = ThisDrawing.ModelSpace.AddCylinder(point, R + K, 2 * H)
'Sustrae cilindro de la placa
ribobj(2).Boolean acSubtraction, cilaux
point(0) = pini(0): point(1) = pini(1): point(2) = pini(2) + G
ribobj(2).Rotate3D point, ejerot, (PI / 2)
'Une las paredes
ribobj(0).Boolean acUnion, ribobj(1)
ribobj(0).Boolean acUnion, ribobj(2)
'Realiza slice a paredes
Dim ptslice1(0 To 2) As Double, ptslice2(0 To 2) As Double, ptslice3(0 To 2) As Double
Dim ribobj2 As Acad3DSolid
ptslice1(0) = pini(0) + C: ptslice1(1) = pini(1): ptslice1(2) = pini(2) + G
ptslice2(0) = pini(0) + D: ptslice2(1) = pini(1): ptslice2(2) = pini(2) + G + z
ptslice3(0) = pini(0) + C: ptslice3(1) = pini(1) + A: ptslice3(2) = pini(2) + G
Set ribobj2 = ribobj(0).SliceSolid(ptslice1, ptslice2, ptslice3, 1)
ribobj(0).Delete

'Desplaza paredes
Dim pt(0 To 2) As Double
pt(0) = pini(0) - desp: pt(1) = pini(1): pt(2) = pini(2)
ribobj2.Move pini, pt
baseobj.Move pini, pt

Dim sillobj(0 To 6) As Acad3DSolid, point1(0 To 2) As Double, point2(0 To 2) As Double
point1(0) = pini(0) - L / 2: point1(1) = pini(1): point2(2) = pini(2)
point2(0) = pini(0) - L / 2: point2(1) = pini(1) + 1: point2(2) = pini(2)
'Copia elementos
Set sillobj(0) = ribobj2.Mirror(point1, point2)
Set sillobj(5) = baseobj.Mirror(point1, point2)

'Dibuja placa de refuerzo
Dim lines(0 To 3) As AcadEntity
Dim alfa As Double, beta As Double, xx As Double
alfa = Atn(y / (A / 2 - H))
xx = (12.7 / aux) / (R + H)
beta = 2 * Atn(xx / Sqr(-xx * xx + 1))
'Dibuja perfil
Dim ptd(0 To 2) As Double
ptd(0) = ingpoint(0) + (25.4 / aux) + D: ptd(1) = ingpoint(1): ptd(2) = ingpoint(2)

```

```

Set lines(0) = ThisDrawing.ModelSpace.AddArc(ptd, R, PI / 2 + alfa - beta, 1.5 * PI - alfa + beta)
Set lines(1) = ThisDrawing.ModelSpace.AddArc(ptd, R + K, PI / 2 + alfa - beta, 1.5 * PI - alfa +
beta)
Set lines(2) = ThisDrawing.ModelSpace.AddLine(lines(0).StartPoint, lines(1).StartPoint)
Set lines(3) = ThisDrawing.ModelSpace.AddLine(lines(0).EndPoint, lines(1).EndPoint)
'Agrega region
Dim regplaref As Variant
regplaref = ThisDrawing.ModelSpace.AddRegion(lines)
'Extruye la region
Dim plarefobj As Acad3DSolid
Set plarefobj = ThisDrawing.ModelSpace.AddExtrudedSolid(regplaref(0), D + (50.8 / aux), 0)
'Gira placa de refuerzo
point1(0) = ptd(0): point1(1) = ptd(0): point(2) = ptd(0)
point2(0) = ptd(0): point2(1) = ptd(0) + 1: point(2) = ptd(0)
plarefobj.Rotate3D point1, point2, -PI / 2
'Desplaza y copia objeto
plarefobj.Move pini, pt
point1(0) = pini(0) - L / 2: point1(1) = pini(1): point(2) = pini(2)
point2(0) = pini(0) - L / 2: point2(1) = pini(1) + 1: point(2) = pini(2)
Set sillobj(6) = plarefobj.Mirror(point1, point2)
regplaref(0).Delete
lines(0).Delete
lines(1).Delete
lines(2).Delete
lines(3).Delete

'Dibuja costillas
Select Case nr
Case 1
  y = R + K
  z = B - y - G
  'Coordenadas costilla central
  points2(0) = pini(0) + H: points2(1) = pini(1) + A / 2 - H / 2: points2(2) = pini(2) + G
  points2(3) = pini(0) + D: points2(4) = pini(1) + A / 2 - H / 2: points2(5) = pini(2) + G
  points2(6) = pini(0) + D: points2(7) = pini(1) + A / 2 + H / 2: points2(8) = pini(2) + G
  points2(9) = pini(0) + H: points2(10) = pini(1) + A / 2 + H / 2: points2(11) = pini(2) + G
  ' Crea el perfil de la pared #1 con 3DPolyline object
  Set perfrib(0) = ThisDrawing.ModelSpace.Add3DPoly(points2)
  perfrib(0).Closed = True
  'Convierte el perfil de la costilla #1 en region
  regrib1 = ThisDrawing.ModelSpace.AddRegion(perfrib)
  'Extruye region de la costilla #1
  Set ribobj(3) = ThisDrawing.ModelSpace.AddExtrudedSolid(regrib1(0), z, 0)
  perfrib(0).Delete
  regrib1(0).Delete
  'Realiza slice a costilla
  ptslice1(0) = pini(0) + C: ptslice1(1) = pini(1) + A / 2: ptslice1(2) = pini(2) + G
  ptslice2(0) = pini(0) + D: ptslice2(1) = pini(1) + A / 2: ptslice2(2) = pini(2) + G + z
  ptslice3(0) = pini(0) + C: ptslice3(1) = pini(1) + A: ptslice3(2) = pini(2) + G
  Set ribobj2 = ribobj(3).SliceSolid(ptslice1, ptslice2, ptslice3, 1)
  ribobj(3).Delete
  'Desplaza y copia el objeto
  ribobj2.Move pini, pt
  Set sillobj(1) = ribobj2.Mirror(point1, point2)

```

Case 2, 3

```

y = Sqr((R + K) ^ 2 - (A / 4 + H / 2) ^ 2)
z = B - y - G
'Coordenadas costilla #1
points2(0) = pini(0) + H: points2(1) = pini(1) + A / 4 - H / 2: points2(2) = pini(2) + G
points2(3) = pini(0) + D: points2(4) = pini(1) + A / 4 - H / 2: points2(5) = pini(2) + G
points2(6) = pini(0) + D: points2(7) = pini(1) + A / 4 + H / 2: points2(8) = pini(2) + G
points2(9) = pini(0) + H: points2(10) = pini(1) + A / 4 + H / 2: points2(11) = pini(2) + G
' Crea el perfil de la pared #1 con 3DPolyline object
Set perfrib(0) = ThisDrawing.ModelSpace.Add3DPoly(points2)
perfrib(0).Closed = True
'Convierte el perfil de la costilla #1 en region
regrib1 = ThisDrawing.ModelSpace.AddRegion(perfrib)
'Extruye region de la costilla #1
Set ribobj(4) = ThisDrawing.ModelSpace.AddExtrudedSolid(regrib1(0), z, 0)
perfrib(0).Delete
regrib1(0).Delete

'Coordenadas costilla #2
points2(0) = pini(0) + H: points2(1) = pini(1) + (3 * A / 4 - H / 2): points2(2) = pini(2) + G
points2(3) = pini(0) + D: points2(4) = pini(1) + (3 * A / 4 - H / 2): points2(5) = pini(2) + G
points2(6) = pini(0) + D: points2(7) = pini(1) + (3 * A / 4 + H / 2): points2(8) = pini(2) + G
points2(9) = pini(0) + H: points2(10) = pini(1) + (3 * A / 4 + H / 2): points2(11) = pini(2) + G
' Crea el perfil de la pared #2 con 3DPolyline object
Set perfrib(0) = ThisDrawing.ModelSpace.Add3DPoly(points2)
perfrib(0).Closed = True
regrib2 = ThisDrawing.ModelSpace.AddRegion(perfrib)
'Extruye region de la pared #2
Set ribobj(5) = ThisDrawing.ModelSpace.AddExtrudedSolid(regrib2(0), z, 0)
perfrib(0).Delete
regrib2(0).Delete
'Realiza slice a costilla
ptslice1(0) = pini(0) + C: ptslice1(1) = pini(1) + A / 4: ptslice1(2) = pini(2) + G
ptslice2(0) = pini(0) + D: ptslice2(1) = pini(1) + A / 4: ptslice2(2) = pini(2) + G + z
ptslice3(0) = pini(0) + C: ptslice3(1) = pini(1) + A: ptslice3(2) = pini(2) + G
Set ribobj2 = ribobj(4).SliceSolid(ptslice1, ptslice2, ptslice3, 1)
ribobj(4).Delete
Dim ribobj3 As Acad3DSolid
Set ribobj3 = ribobj(5).SliceSolid(ptslice1, ptslice2, ptslice3, 1)
ribobj(5).Delete
'Desplaza y copia el objeto
ribobj2.Move pini, pt
Set sillobj(2) = ribobj2.Mirror(point1, point2)
ribobj3.Move pini, pt
Set sillobj(3) = ribobj3.Mirror(point1, point2)

If nr = 3 Then
  y = R + K
  z = B - y - G
  'Coordenadas costilla central
  points2(0) = pini(0) + H: points2(1) = pini(1) + A / 2 - H / 2: points2(2) = pini(2) + G
  points2(3) = pini(0) + D: points2(4) = pini(1) + A / 2 - H / 2: points2(5) = pini(2) + G
  points2(6) = pini(0) + D: points2(7) = pini(1) + A / 2 + H / 2: points2(8) = pini(2) + G
  points2(9) = pini(0) + H: points2(10) = pini(1) + A / 2 + H / 2: points2(11) = pini(2) + G
  ' Crea el perfil de la pared #1 con 3DPolyline object
  Set perfrib(0) = ThisDrawing.ModelSpace.Add3DPoly(points2)
  perfrib(0).Closed = True

```

```

'Convierte el perfil de la costilla #1 en region
regrib1 = ThisDrawing.ModelSpace.AddRegion(perfrib)
'Extruye region de la costilla #1
Set ribobj(3) = ThisDrawing.ModelSpace.AddExtrudedSolid(regrib1(0), z, 0)
perfrib(0).Delete
regrib1(0).Delete
'Realiza slice a costilla
ptslice1(0) = pini(0) + C: ptslice1(1) = pini(1) + A / 2: ptslice1(2) = pini(2) + G
ptslice2(0) = pini(0) + D: ptslice2(1) = pini(1) + A / 2: ptslice2(2) = pini(2) + G + z
ptslice3(0) = pini(0) + C: ptslice3(1) = pini(1) + A: ptslice3(2) = pini(2) + G
Set ribobj2 = ribobj(3).SliceSolid(ptslice1, ptslice2, ptslice3, 1)
ribobj(3).Delete
'Desplaza y copia el objeto
ribobj2.Move pini, pt
Set sillobj(4) = ribobj2.Mirror(point1, point2)
End If
End Select

Exit Sub

alarm:
MsgBox "Revisar bien los datos de entrada. Error No. " & Err.Number & " - " & Err.Description
Exit Sub
End Sub

Private Sub ComboBox_diam_Change()

diam = ComboBox_diam.Value

'Crea la conexion con la base de datos
Dim bdd As ADODB.Connection
Set bdd = New ADODB.Connection
With bdd
.Provider = "MSDASQL"
.ConnectionString = "DSN=PVData;"
.Open
End With

Dim rs As New ADODB.Recordset

'Extrae dimensiones de base de datos
If OptionButton_mm.Value = True Then
sql = "SELECT * FROM Saddlesmm WHERE Diamrecip =" & diam
ElseIf OptionButton_plgs.Value = True Then
sql = "SELECT * FROM Saddles WHERE Diamrecip =" & diam
End If

If ComboBox_diam.Value <> "" Then
rs.Open sql, bdd, adOpenKeyset, adLockReadOnly

A = rs("A")
B = rs("B")
C = rs("C")
D = rs("D")
E = rs("E")
H = rs("H")

```

```
G = rs("G")
K = rs("K")
nr = rs("Nervios")
pesomax = rs("Pesomax")

rs.Close

TextBox1.text = A
TextBox2.text = B
TextBox3.text = C
TextBox4.text = D
TextBox5.text = E
TextBox6.text = H
TextBox7.text = G
TextBox8.text = K
TextBox9.text = pesomax
TextBox10.text = nr

End If

End Sub

Private Sub Cancelar_Click()
Unload Formsillas
End Sub

Private Sub OptionButton_mm_Change()

ComboBox_diam.Clear
TextBox1.text = ""
TextBox2.text = ""
TextBox3.text = ""
TextBox4.text = ""
TextBox5.text = ""
TextBox6.text = ""
TextBox7.text = ""
TextBox8.text = ""
TextBox9.text = ""

If OptionButton_mm.Value = True Then
'Crea la conexion con la base de datos
Dim bdd As ADODB.Connection
Set bdd = New ADODB.Connection
With bdd
.Provider = "MSDASQL"
.ConnectionString = "DSN=PVData;"
.Open
End With

Dim rs As New ADODB.Recordset
'Llena listado de diametros
sql = "SELECT Diamrecip FROM Saddlesmm"
rs.Open sql, bdd, adOpenKeyset, adLockReadOnly
With ComboBox_diam
Do While Not rs.EOF
.AddItem rs("Diamrecip")
```

```
        rs.MoveNext
    Loop
End With
rs.Close

Label10.Caption = "mm"
Label12.Caption = "Kg"
End If
End Sub

Private Sub OptionButton_plgs_change()

ComboBox_diam.Clear
TextBox1.text = ""
TextBox2.text = ""
TextBox3.text = ""
TextBox4.text = ""
TextBox5.text = ""
TextBox6.text = ""
TextBox7.text = ""
TextBox8.text = ""
TextBox9.text = ""

If OptionButton_plgs.Value = True Then
'Crea la conexion con la base de datos
Dim bdd As ADODB.Connection
Set bdd = New ADODB.Connection
With bdd
.Provider = "MSDASQL"
.ConnectionString = "DSN=PVData;"
.Open
End With

Dim rs As New ADODB.Recordset

'Llena listado de diametros
sql = "SELECT Diamrecip FROM Saddles"
rs.Open sql, bdd, adOpenKeyset, adLockReadOnly
With ComboBox_diam
Do While Not rs.EOF
.AddItem rs("Diamrecip")
rs.MoveNext
Loop
End With
rs.Close

Label10.Caption = "plgs"
Label12.Caption = "lbs"
End If

End Sub

Private Sub UserForm_Activate()
OptionButton_mm.Value = True
End Sub
```

## 7 VERIFICACIÓN DE RESULTADOS

Para la verificación de todas las herramientas, se ha dibujado tres recipientes. Uno horizontal con cabezas torisféricas, otro vertical con cabezas elípticas y patas y otro vertical con cabezas hemisféricas con faldón. Los planos generados se encuentran en el ANEXO 6. A continuación se presentan las pantallas para el ingreso de datos y los resultados que generan en el espacio del modelo en AutoCAD.

### 7.1 RECIPIENTE HORIZONTAL

#### Datos generales:

Diámetro interno: 1230mm  
Espesor cuerpo: 12.7mm  
Tipo cabeza: torisférica L = 1200mm; r = 70mm  
Espesor cabeza: 13.5mm  
Longitud cuerpo tan-tan: 3200  
Peso vacío = 2100Kg

#### 7.1.1 Cuerpo

The image shows a software dialog box titled "Cuerpo" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is divided into two main sections: "Datos" and "Cálculo en función del diámetro".

**Datos:**

- Diámetro: D = 1230 mm.
- Espesor: t = 12.7 mm.
- Longitud tan-tan: L = 3200 mm.

**Cálculo en función del diámetro:**

- Interno
- Externo

**Orientación:**

- Horizontal
- Vertical

At the bottom of the dialog are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

Figura 7.1. Ingreso de datos para cuerpo horizontal

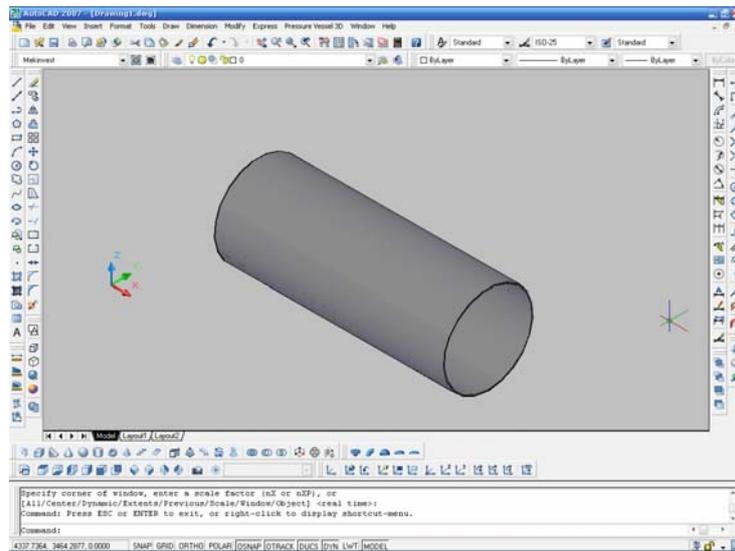


Figura 7.2. Cuerpo horizontal

### 7.1.2 Cabeza Torisférica

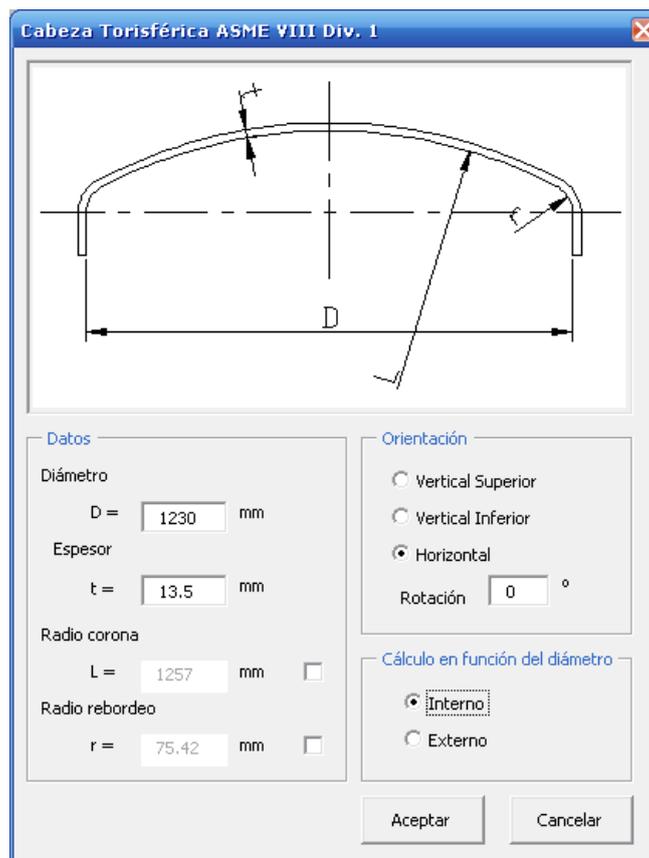


Figura 7.3. Ingreso de datos de la primera cabeza torisférica ASME

El radio de la corona se calcula según la ecuación (5.1)

$$L = D + 2*t$$

$$L = 1230 + 2*13.5$$

$$L = 1257\text{mm}$$

Este valor concuerda con el valor calculado por el programa.

El radio de rebordeo  $r$  calculado con la ecuación (5.2)

$$r = (3*L)/50$$

$$r = (3*1257)/50$$

$$r = 75.42\text{mm}$$

*El cálculo por parte del programa es correcto.*

Si el usuario desea cambiar los valores de  $L$  y  $r$  activamos la celda dando click en el casillero de la derecha e ingresamos los valores de 1200 y 70 respectivamente.

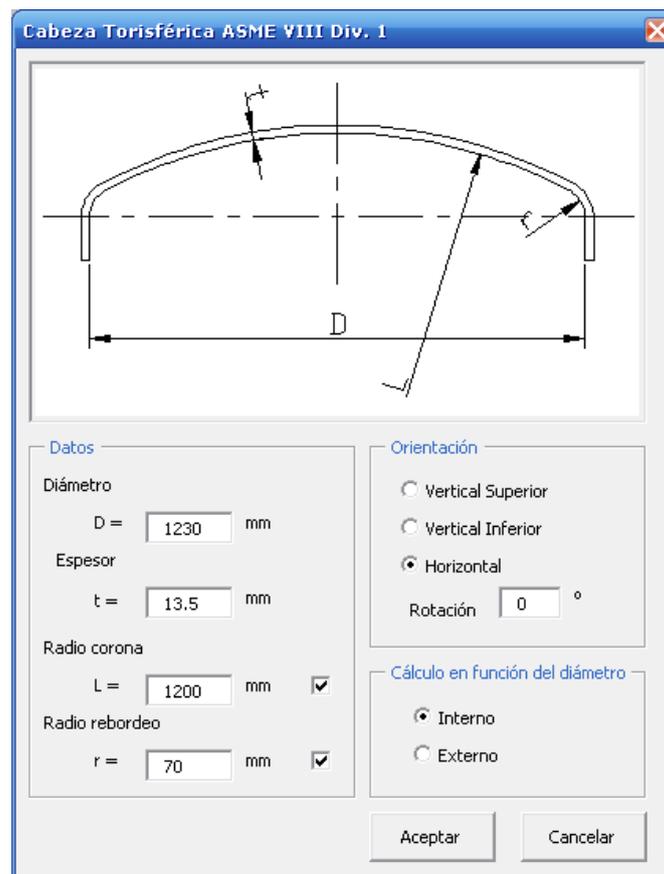


Figura 7.4. Modificación de valores del radio de corona y rebordeo.

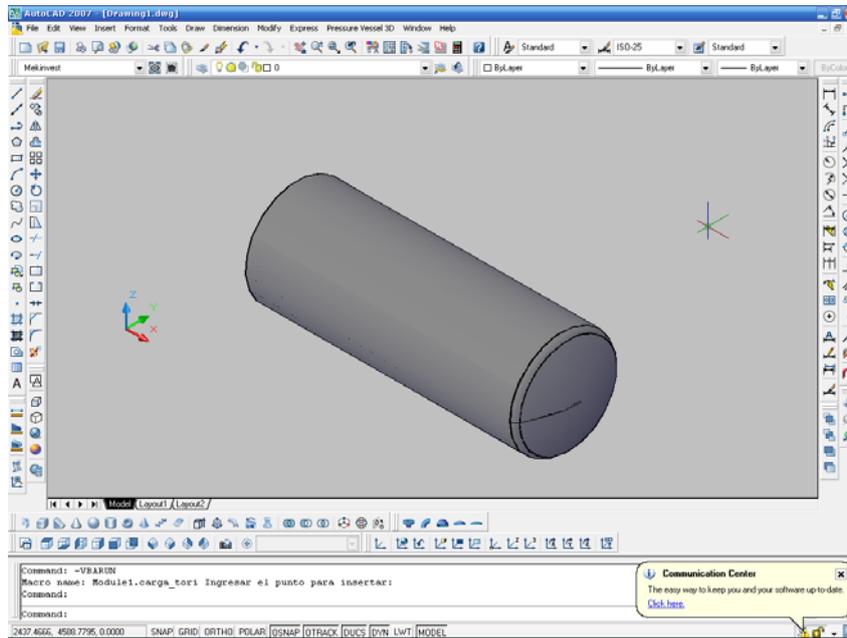


Figura 7.5. Primera cabeza torisférica

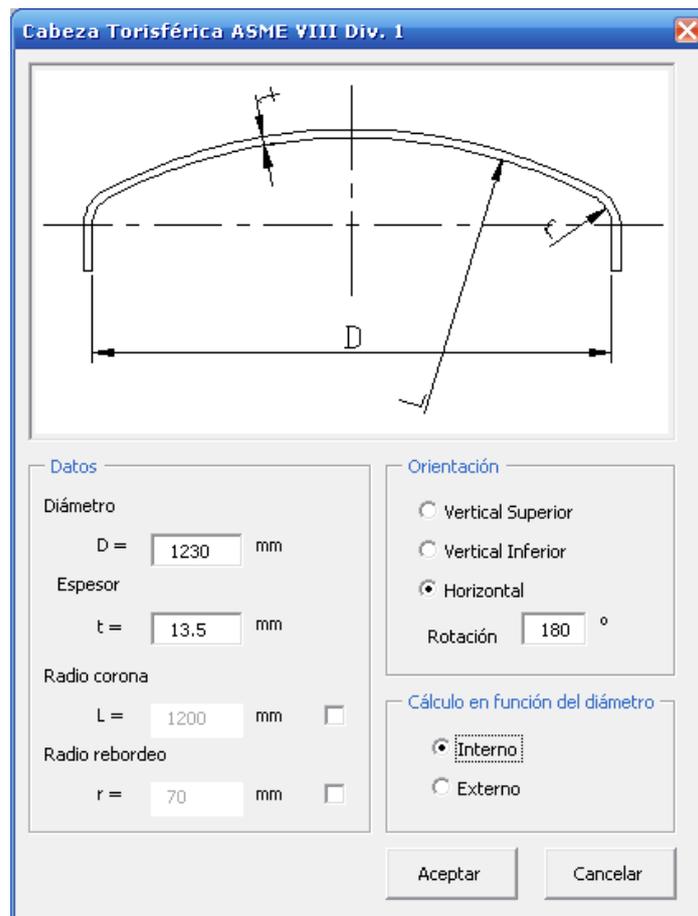


Figura 7.6. Ingreso de datos de la primera cabeza torisférica ASME

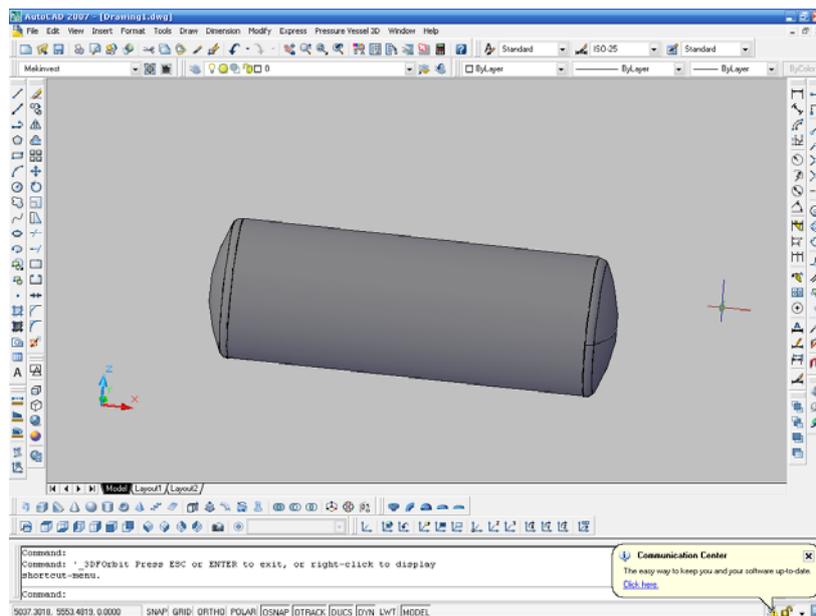


Figura 7.6. Segunda cabeza torisférica.

### 7.1.3 Boca #1



Figura 7.7. Ingreso de datos de tubería boca 1

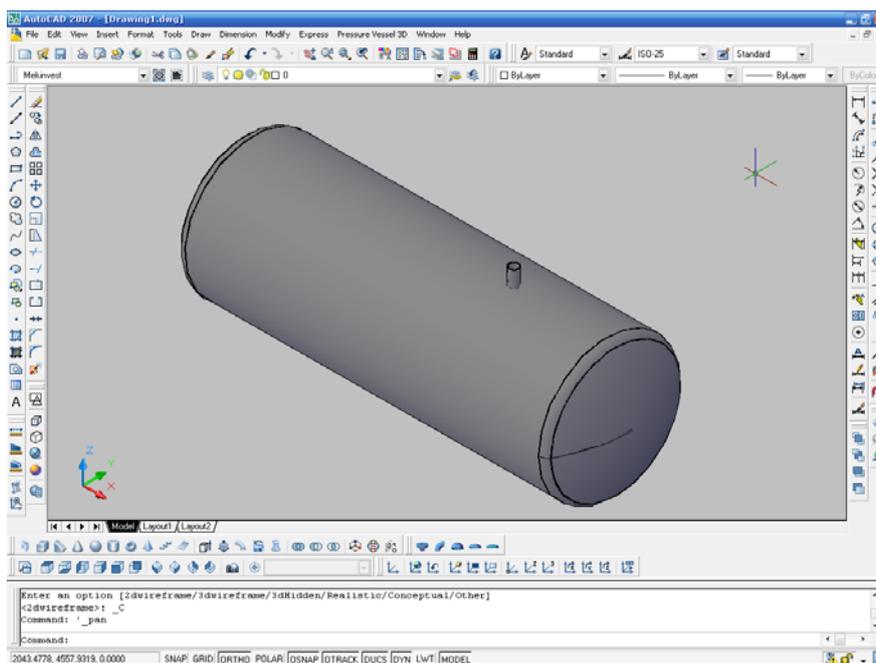


Figura 7.8. Tubería de la boca 1



Figura 7.9. Ingreso datos de brida de boca 1

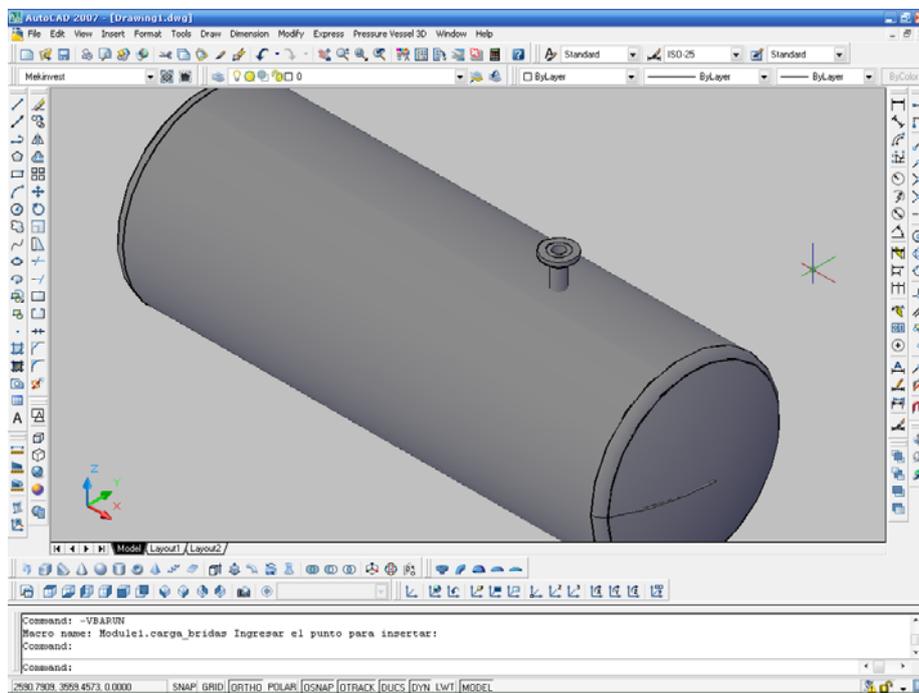


Figura 7.10. Brida en Boca #1

### 7.1.4 Boca #2

Los datos de la Boca #2 son los mismo que la Boca #1.

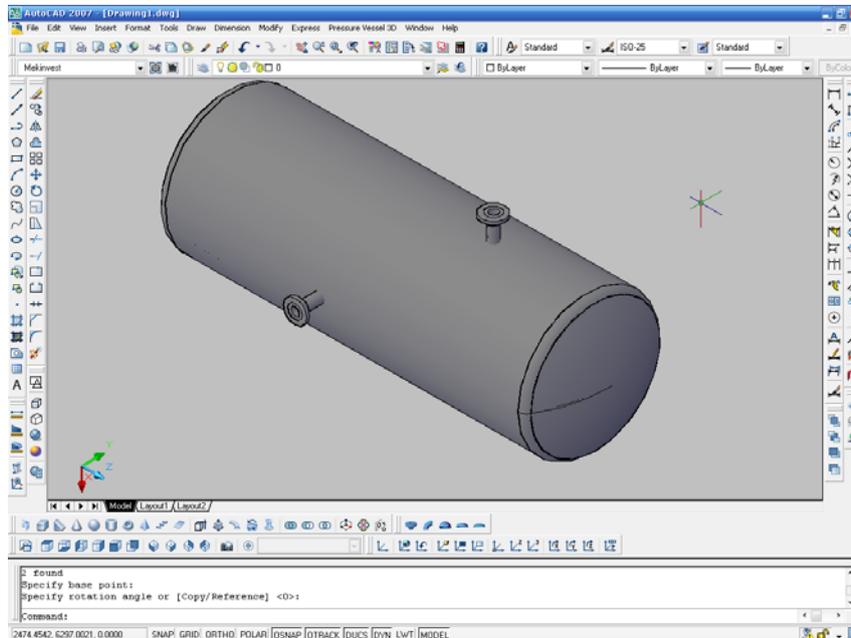


Figura 7.11. Boca # 2

### 7.1.5 Manhole

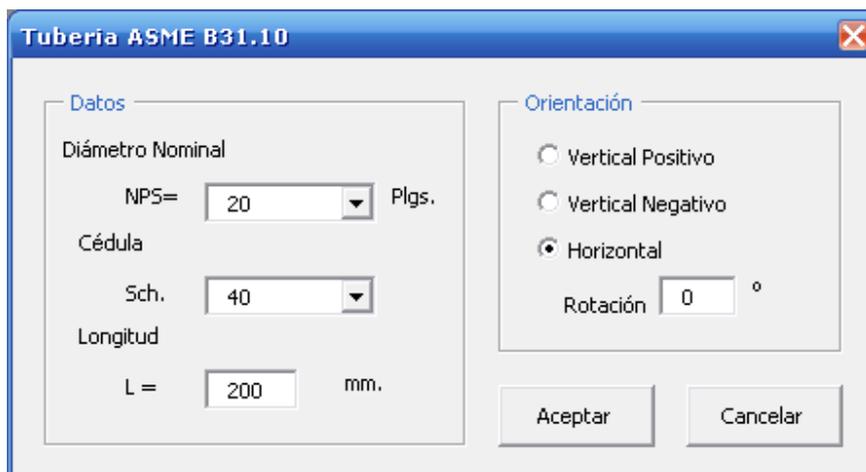


Figura 7.12. Ingreso de datos de tubería para Manhole

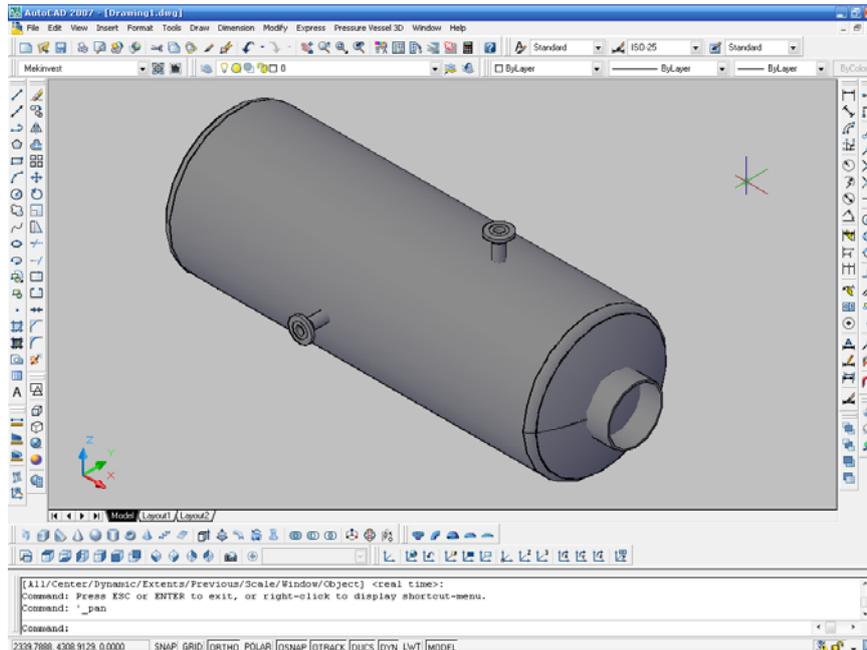


Figura 7.13. Tubería para manhole



Figura 7.14. Ingreso de datos para la brida del Manhole

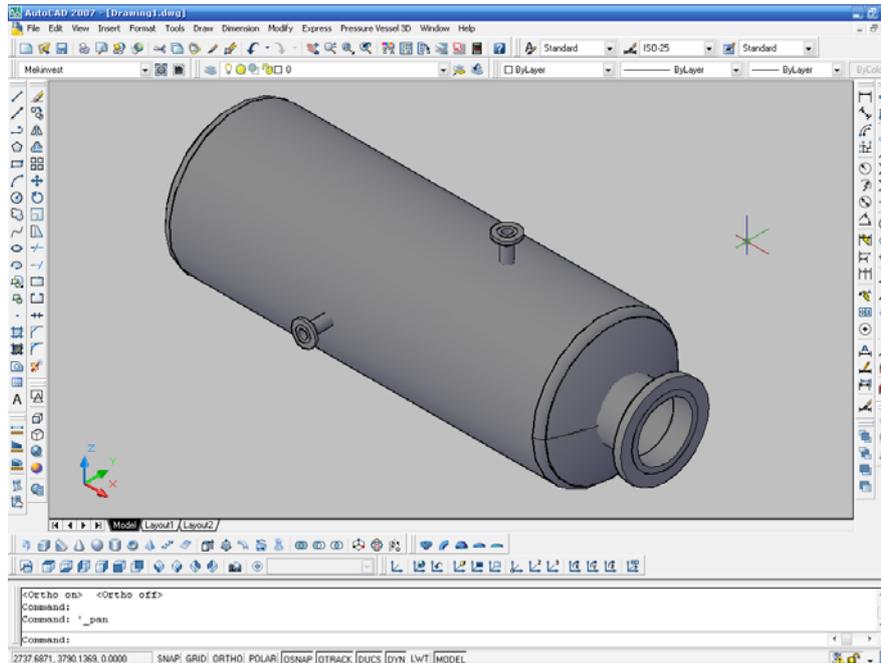


Figura 7.15. Brida del Manhole

### 7.1.6 Sillas

Para el dibujo de las sillas, se escoge el diámetro aproximado del recipiente y se procede a cambiar el valor de B por 1000mm. Esto es para poder sacar con un codo la tubería del sumidero.

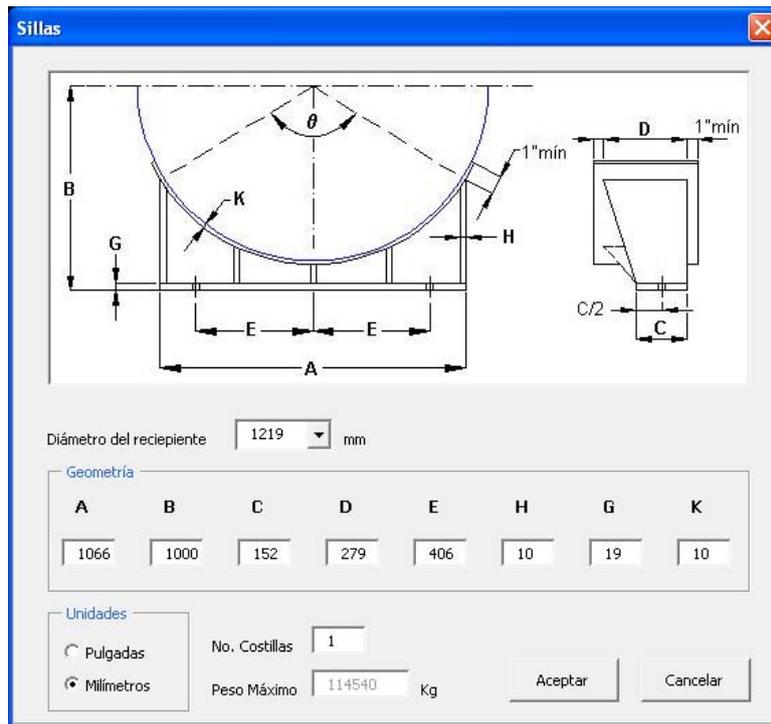


Figura 7.16. Ingreso de datos para sillas

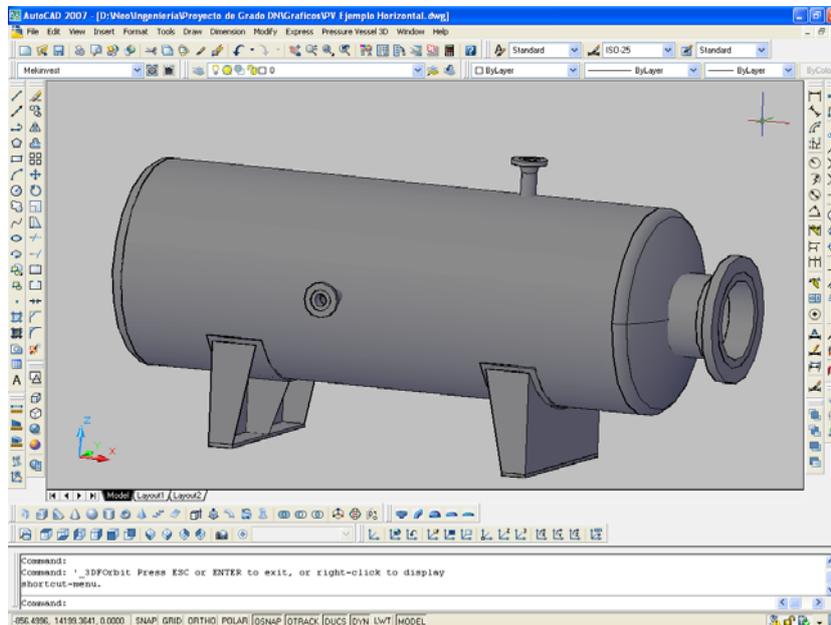


Figura 7.17. Sillas para recipiente horizontal

7.1.7 Boca # 3

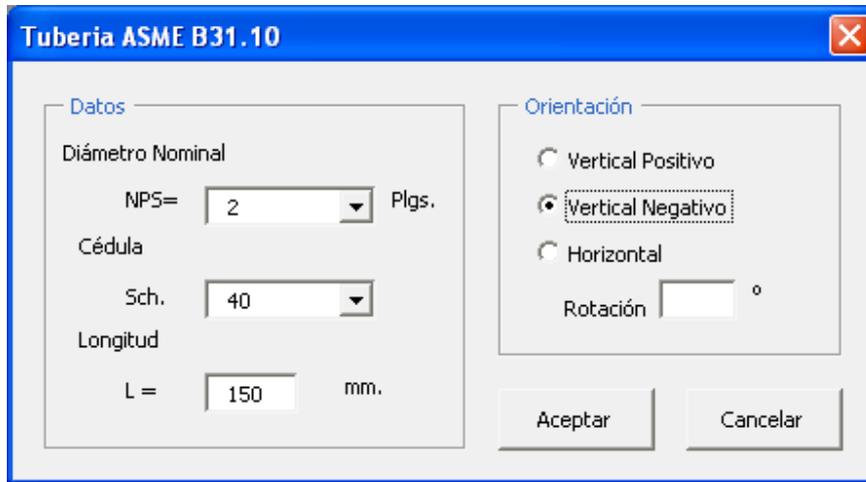


Figura 7.18. Ingreso de datos para la tubería de la Boca #3

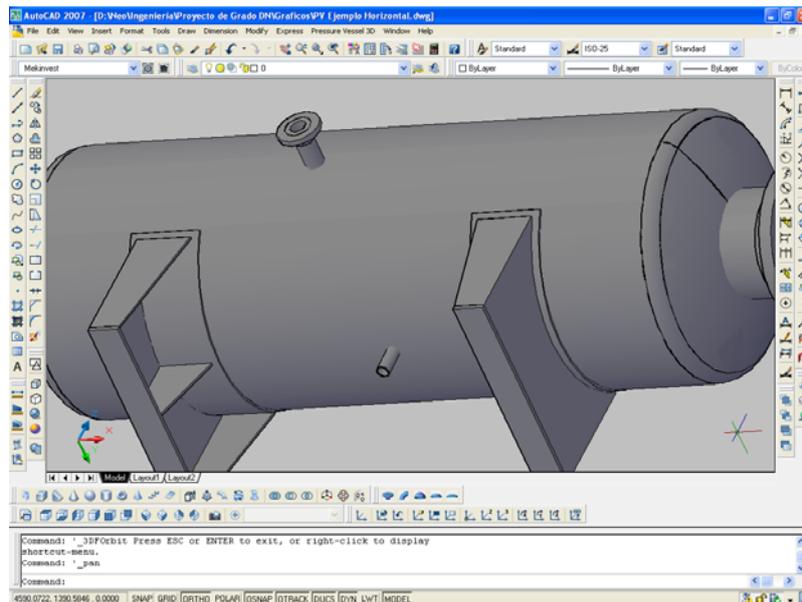


Figura 7.19. Tubería para Boca #3

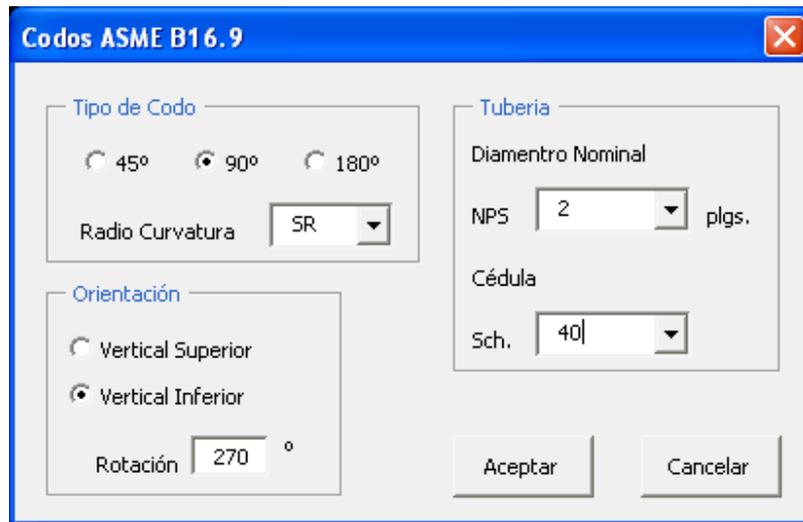


Figura 7.20. Ingreso de datos para el codo de Boca # 3

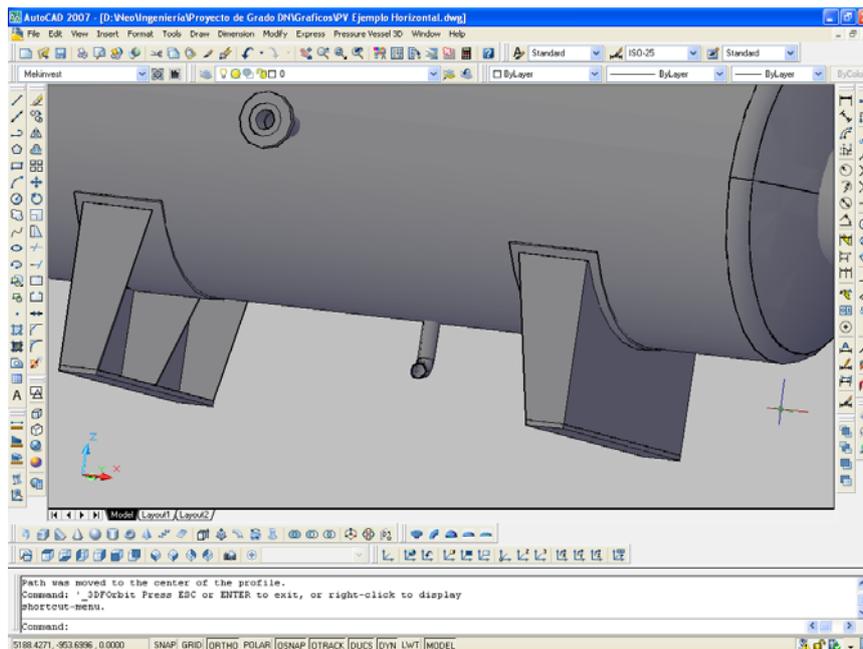


Figura 7.21. Codo de Boca # 3



Figura 7.22. Ingreso de datos para la brida de la boca #3

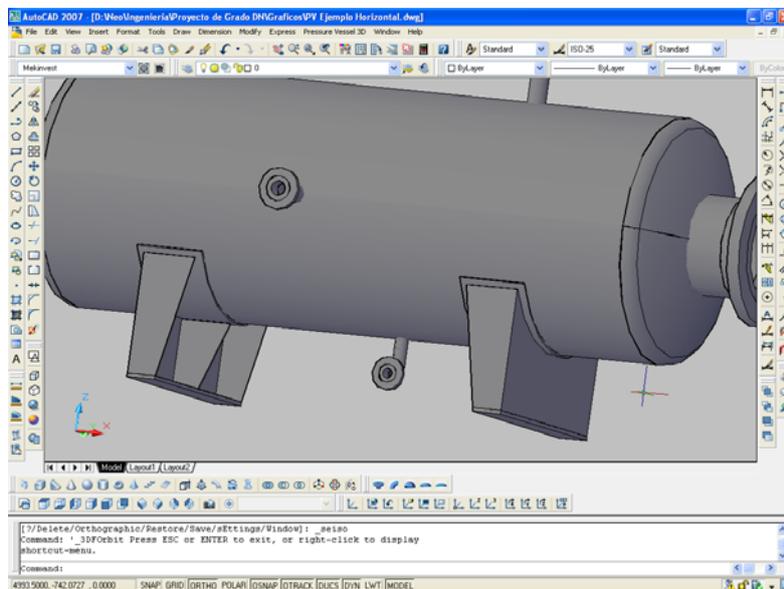


Figura 7.23. Brida de la Boca #3

### 7.1.8 Orejas de izaje

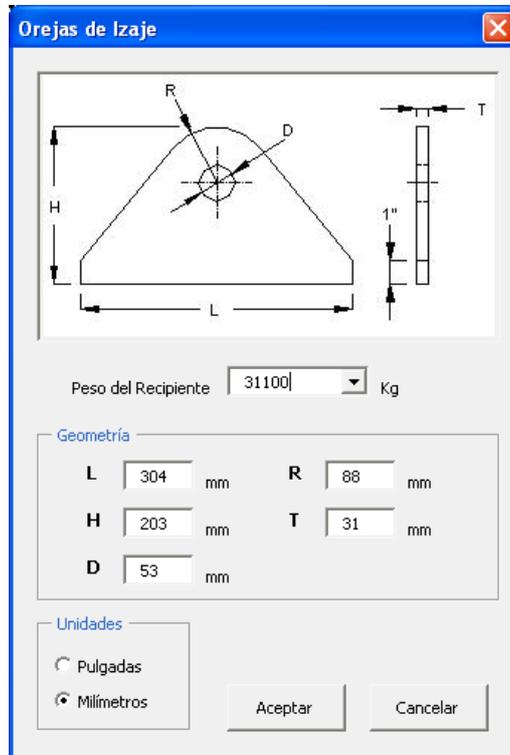


Figura 7.24. Ingreso de datos de las orejas

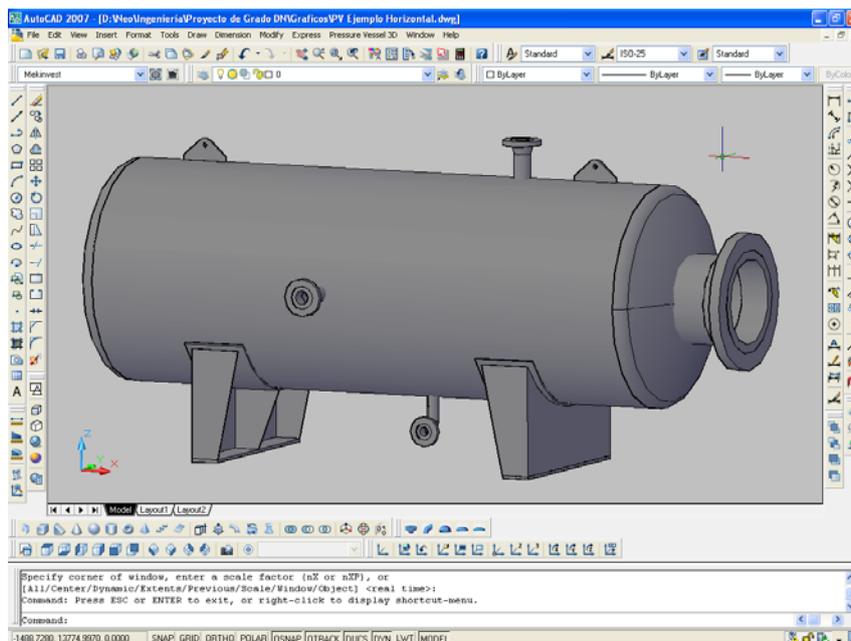


Figura 7.25. Orejas de izaje

### 7.1.9 Generación del Plano

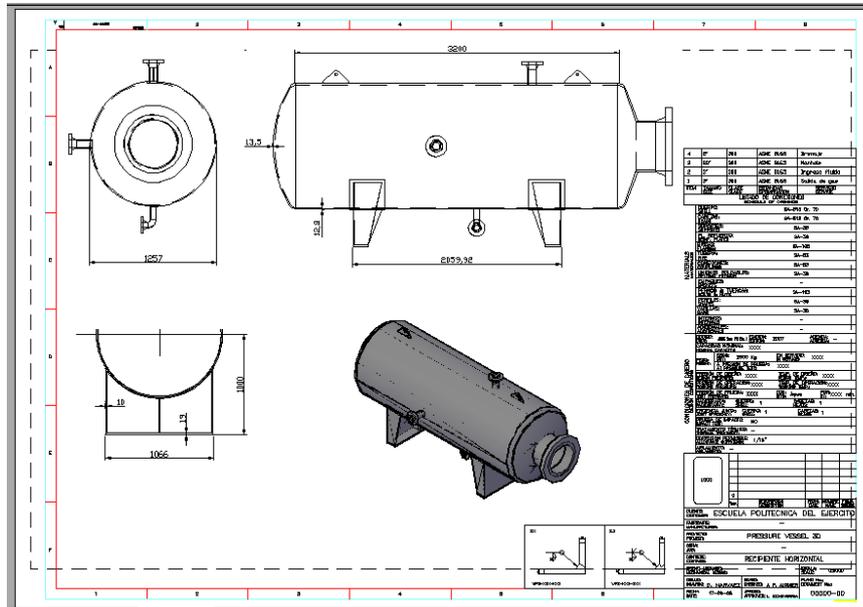


Figura 7.26. Layout final con vistas del recipiente

El plan impreso se encuentra en el ANEXO 6.

## 7.2 RECIPIENTE VERTICAL #1

### Datos generales:

- Diámetro externo: 1524mm
- Espesor cuerpo: 12.7mm
- Tipo cabezas: elípticas
- Espesor cabeza: 12.7mm
- Longitud cuerpo tan-tan: 3150
- Tipo de Soportes: Patas
- Peso vacío = 5360Kg

### 7.2.1 Cuerpo Vertical

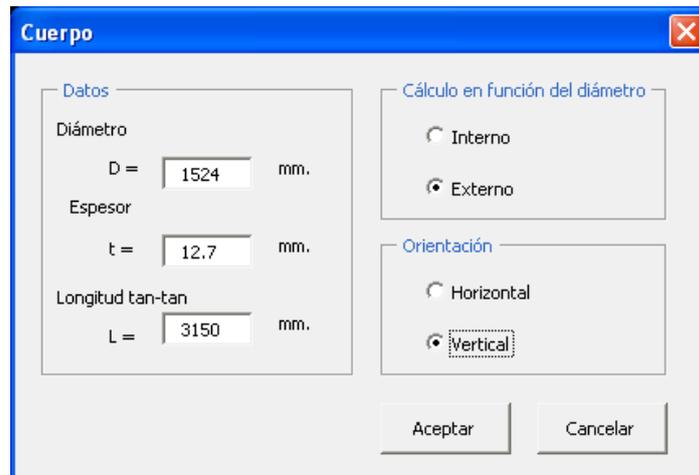


Figura 7.27. Ingreso de datos del cuerpo vertical

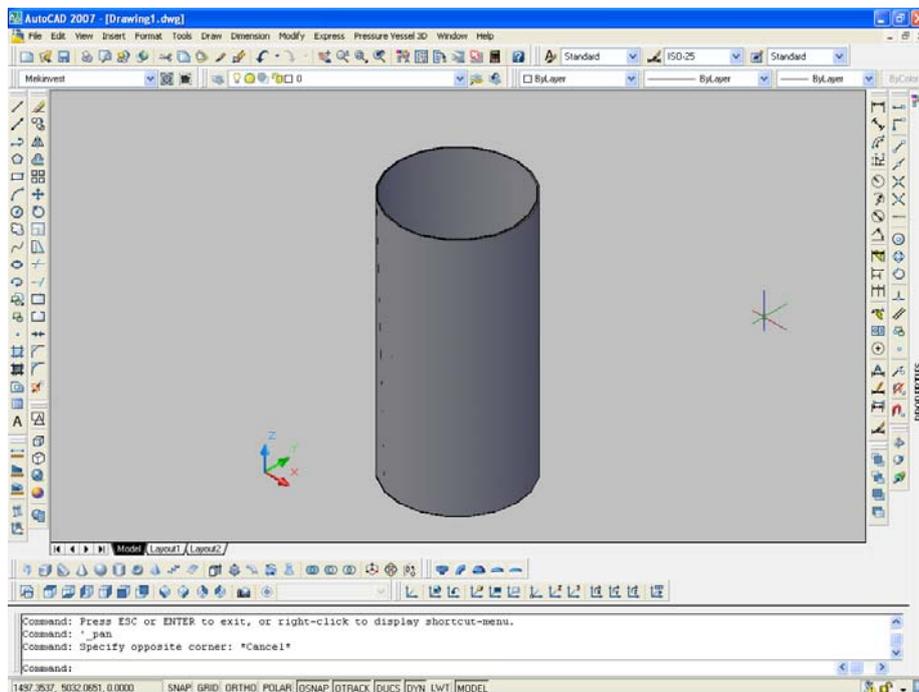


Figura 7.28. Cuerpo vertical

### 7.2.2 Cabezas elipsoidales

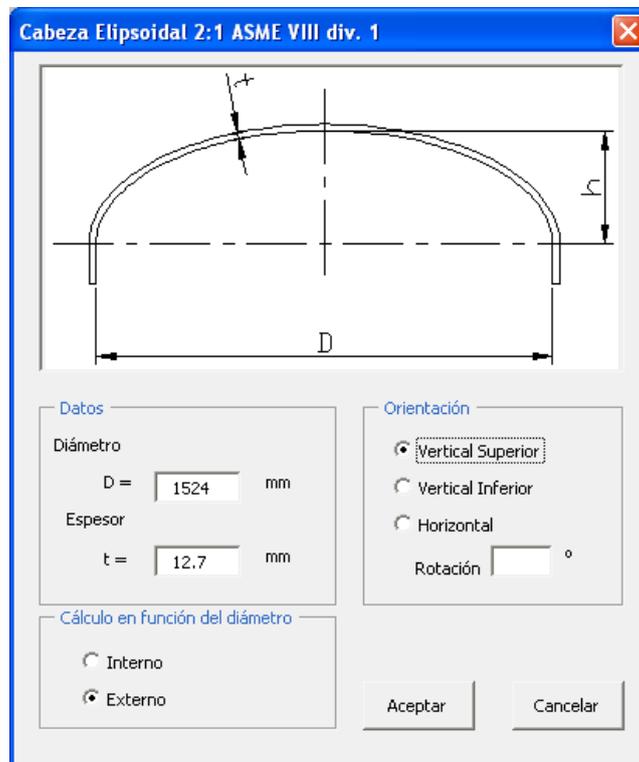


Figura 7.30. Ingreso de datos de la cabeza elipsoidal superior

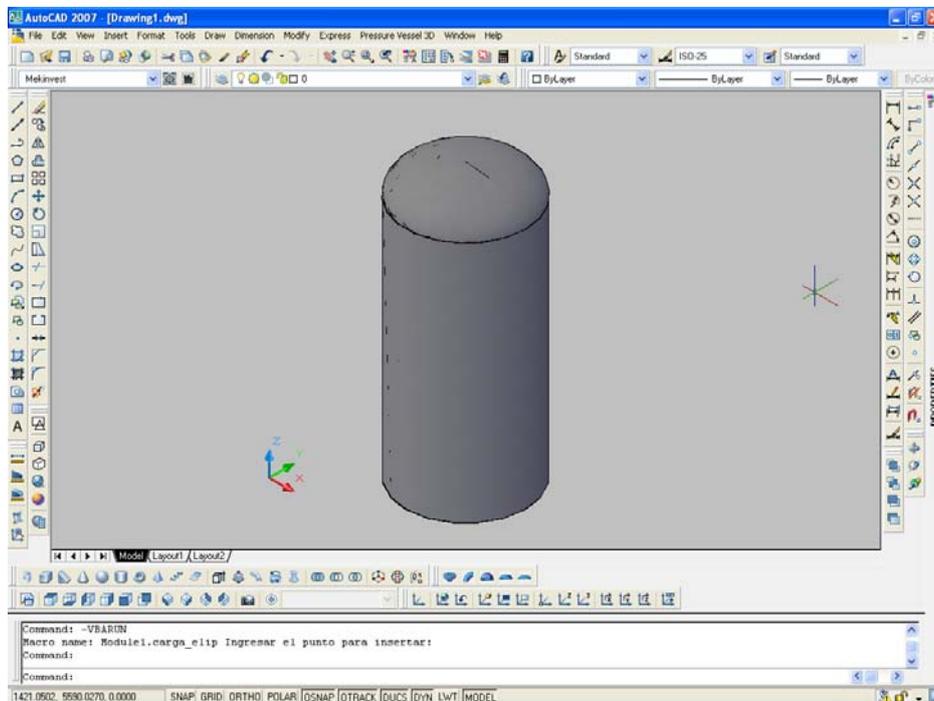


Figura 7.31. Cabeza elipsoidal superior

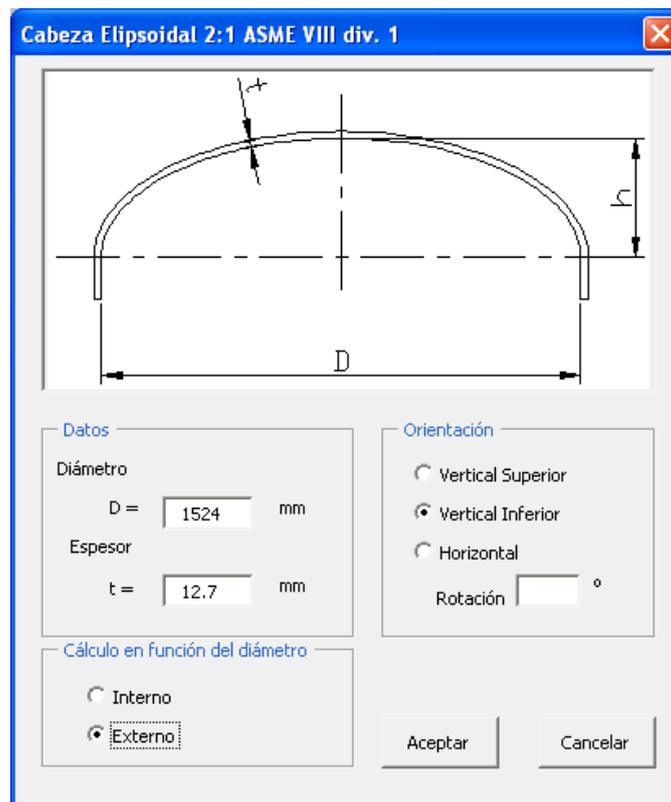


Figura 7.32. Ingreso de datos de la cabeza elipsoidal inferior

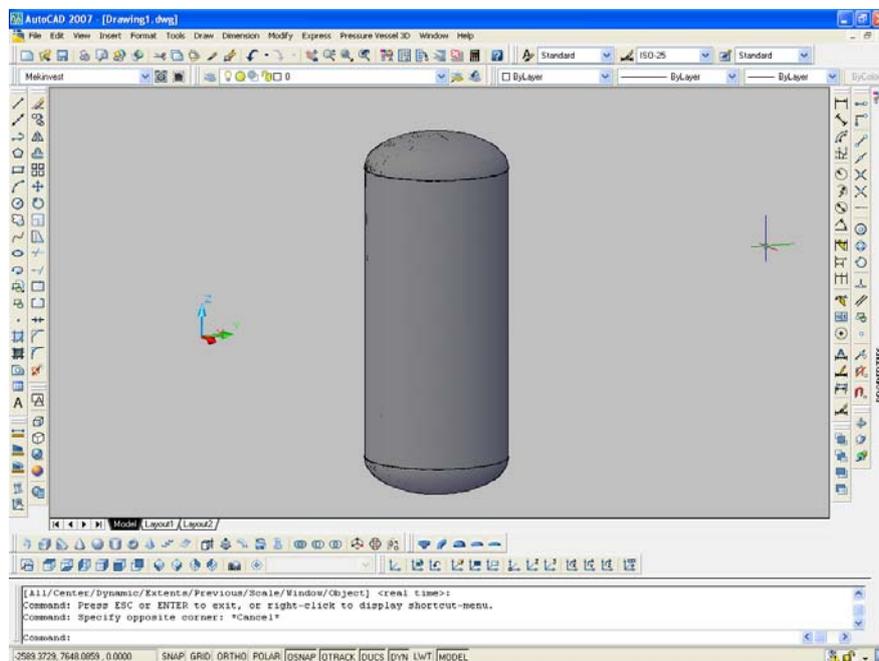


Figura 7.33. Cabeza elipsoidal inferior

### 7.2.3 Boca #1

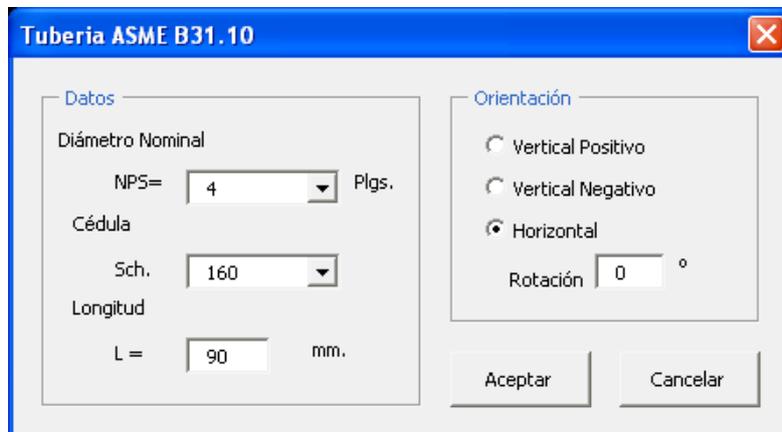


Figura 7.34. Ingreso de datos para la tubería de la Boca #1

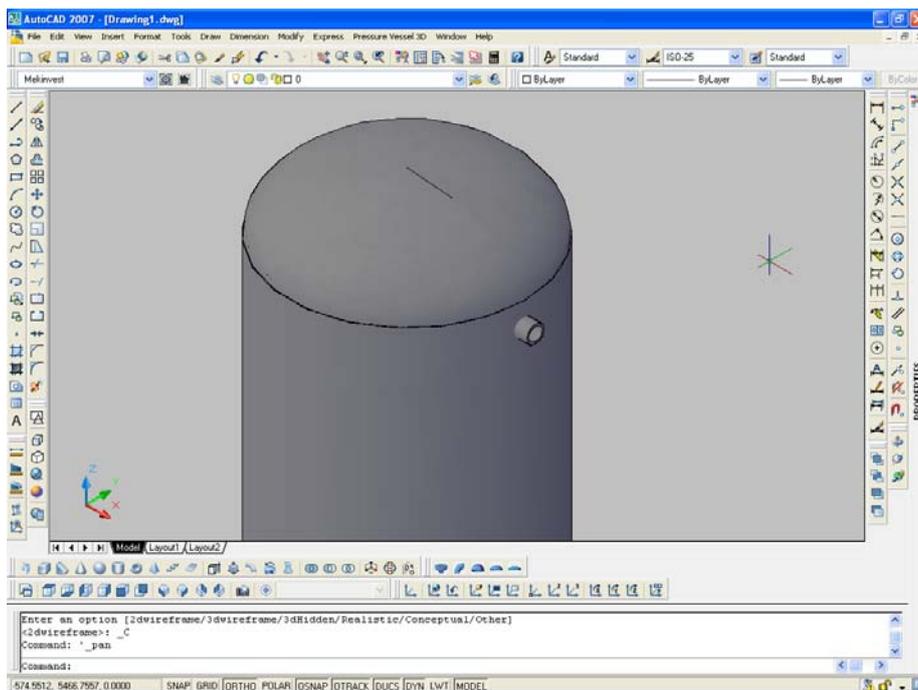


Figura 7.35. Tubería de la Boca #1



Figura 7.36. Ingreso de datos de la brida de la Boca #1

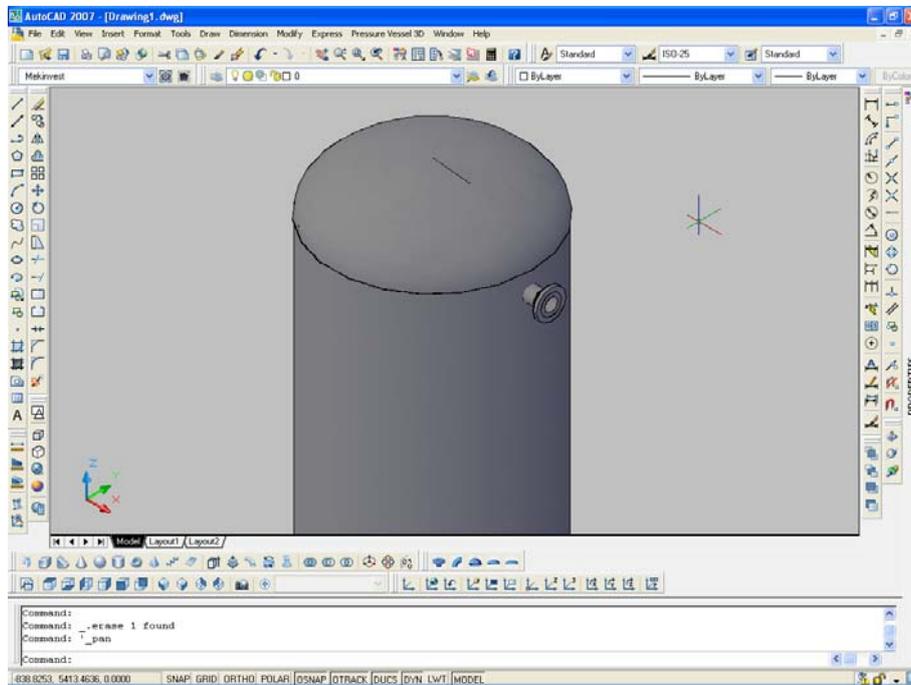


Figura 7.37. Brida de la Boca #1

### 7.2.4 Boca #2

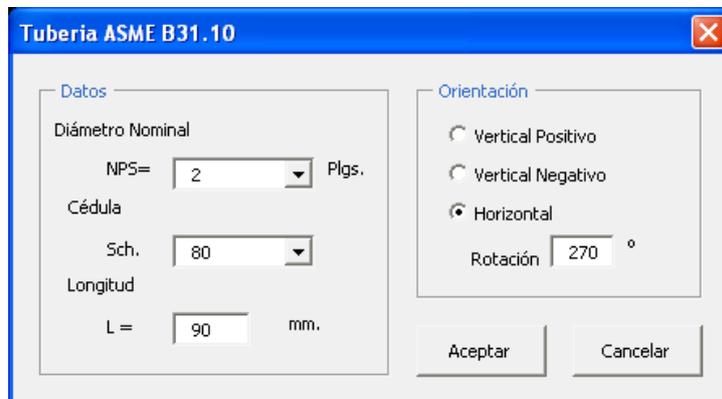


Figura 7.38. Ingreso de datos de la tubería de la Boca #2

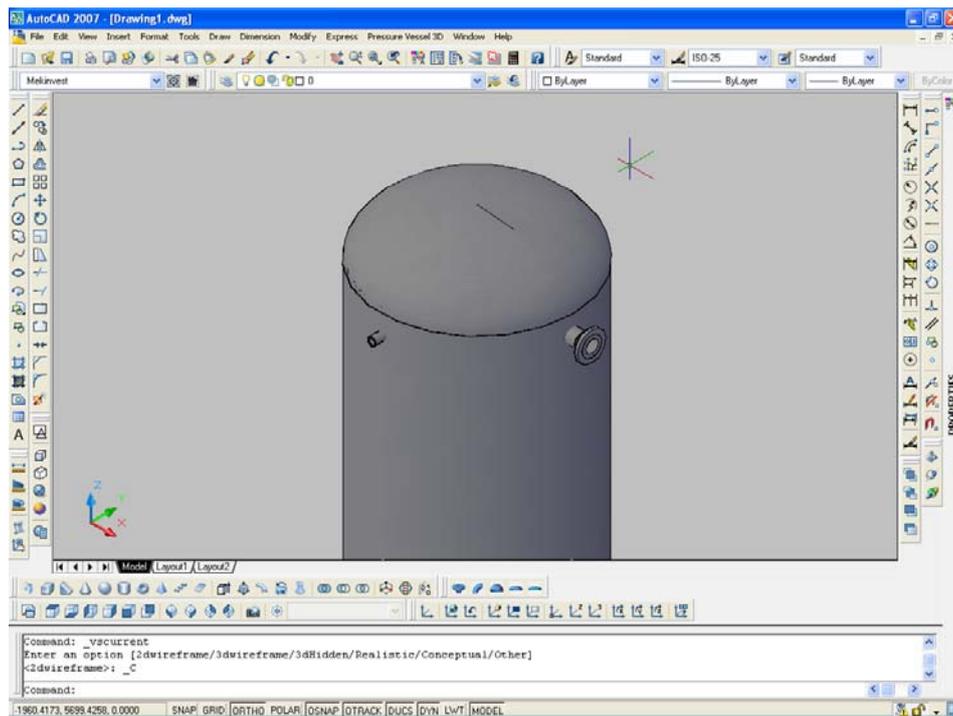


Figura 7.39. Tubería de la Boca #2



Figura 7.40. Ingreso de datos de la brida de la Boca #2

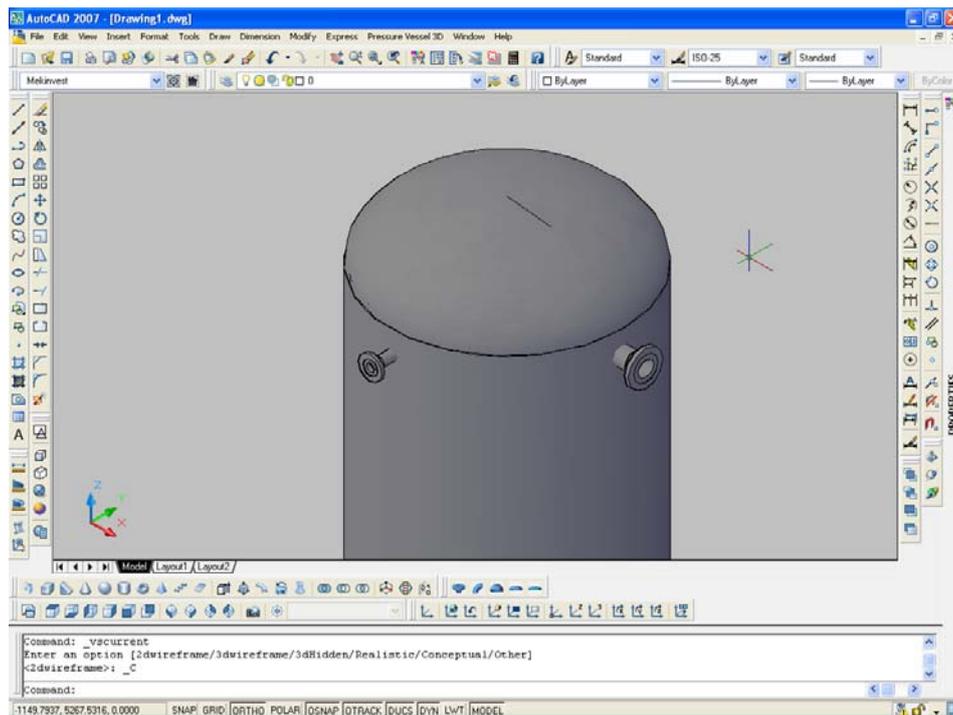


Figura 7.41. Brida de la Boca #2

### 7.2.5 Boca #3

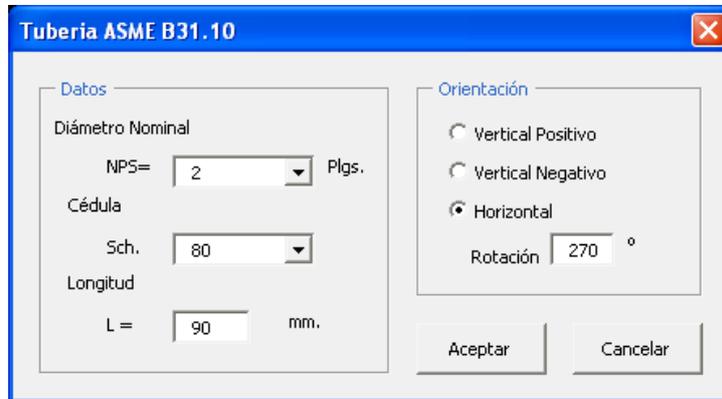


Figura 7.42. Ingreso de datos de la tubería de la Boca #3

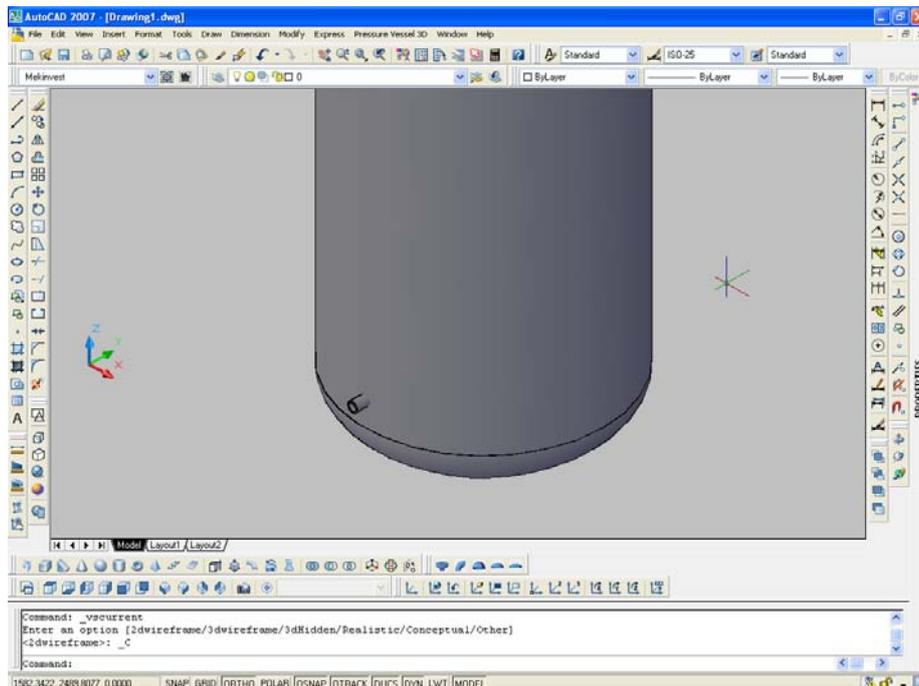


Figura 7.43. Tubería de la Boca #3



Figura 7.44. Ingreso de datos de la brida de la Boca #3

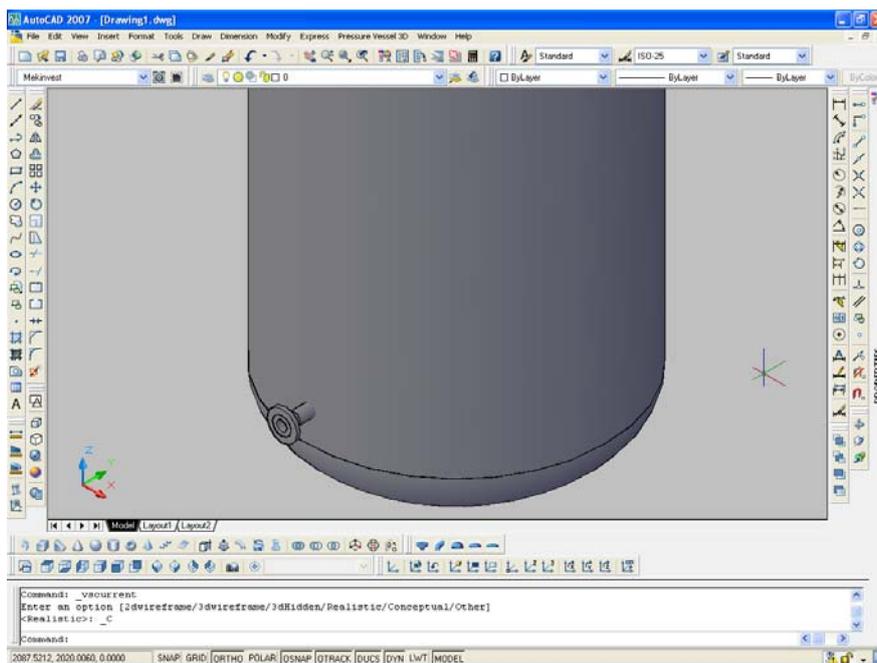


Figura 7.45. Ingreso de datos de la brida de la Boca #3

### 7.2.6 Boca #4

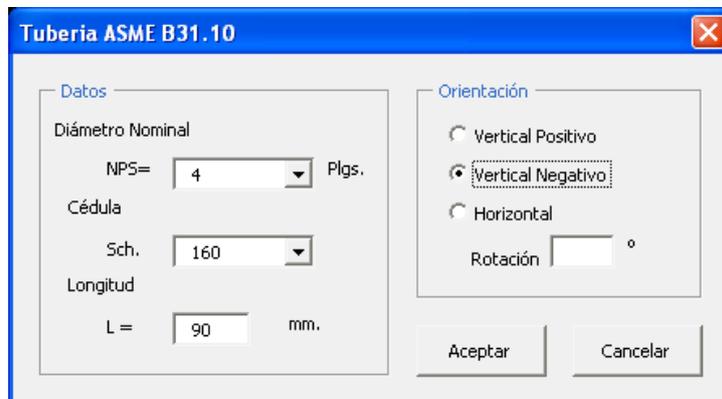


Figura 7.46. Ingreso de datos de la tubería de la Boca #4

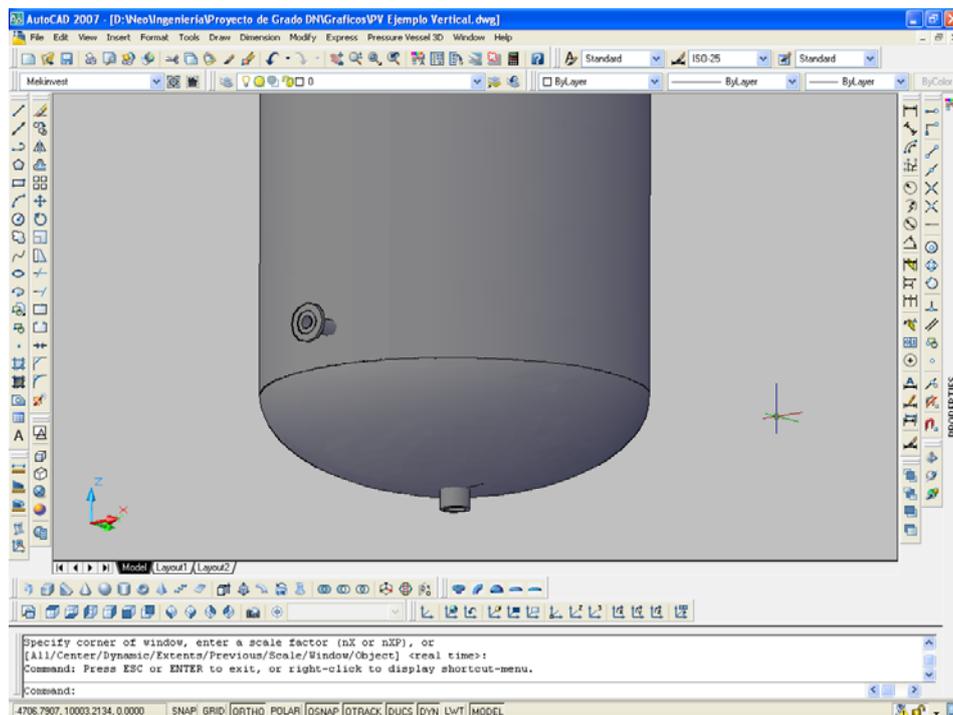


Figura 7.46. Ingreso de datos de la tubería de la Boca #4



Figura 7.47. Ingreso de datos de la brida de la Boca #4

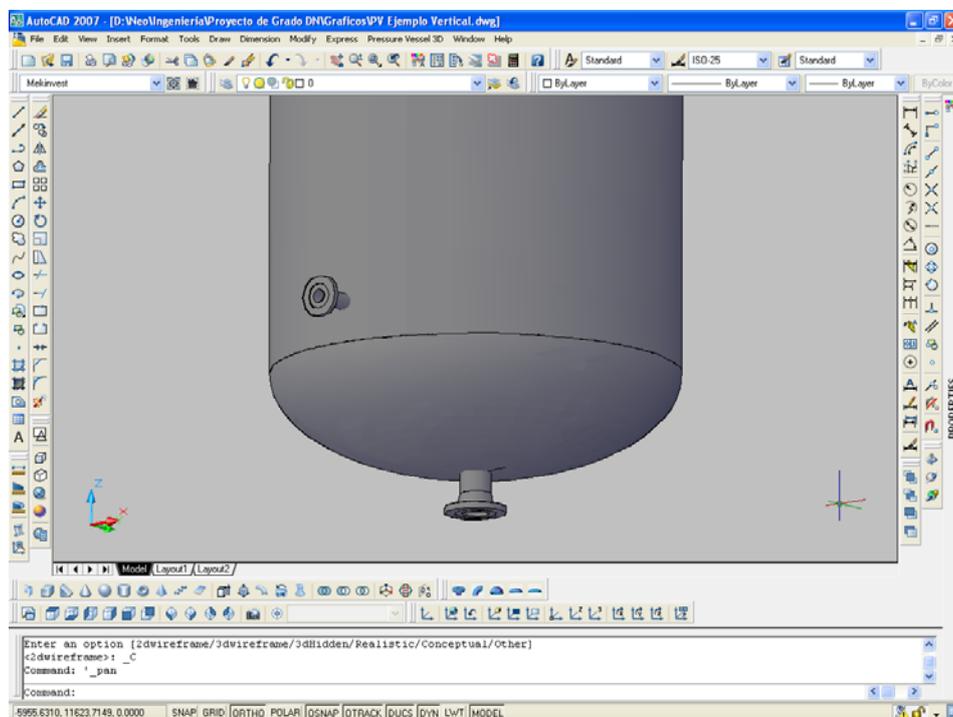


Figura 7.48. Brida de la Boca #4

### 7.2.7 Manhole

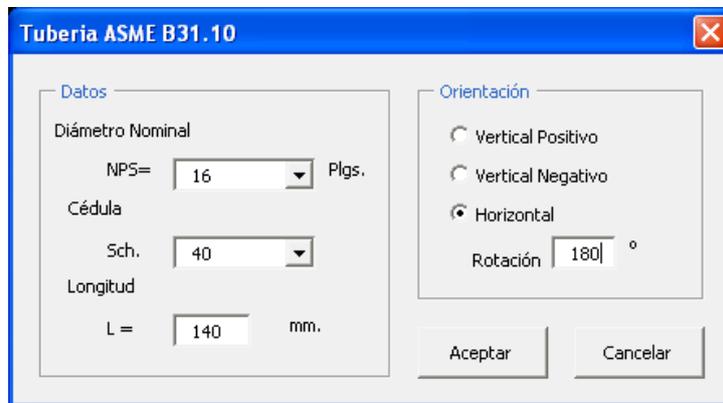


Figura 7.49. Ingreso de datos de la tubería del Manhole

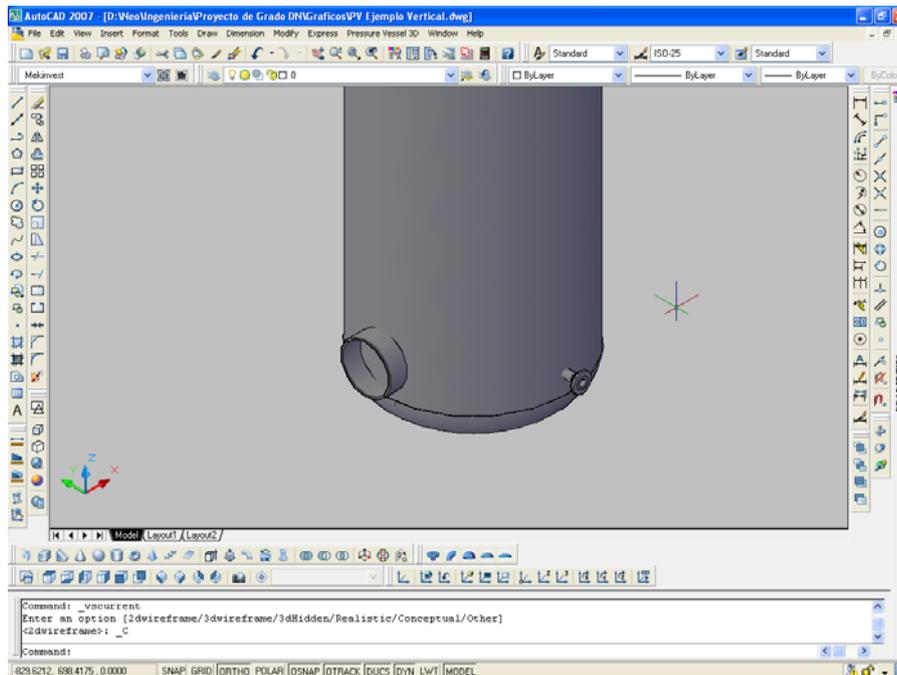


Figura 7.50. Tubería del Manhole



Figura 7.51. Ingreso de datos para la brida del Manhole

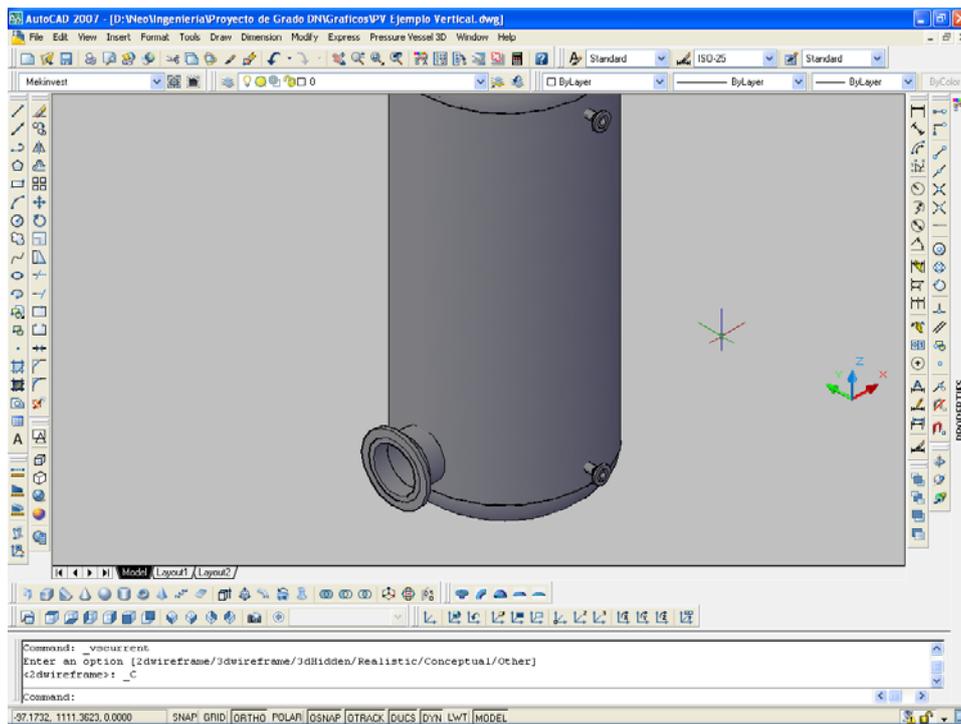


Figura 7.52. Brida del Manhole

### 7.2.8 Patas

Los datos a modificar para el dibujo de las patas son  $L = 712\text{mm}$  y  $W = 370\text{mm}$ .

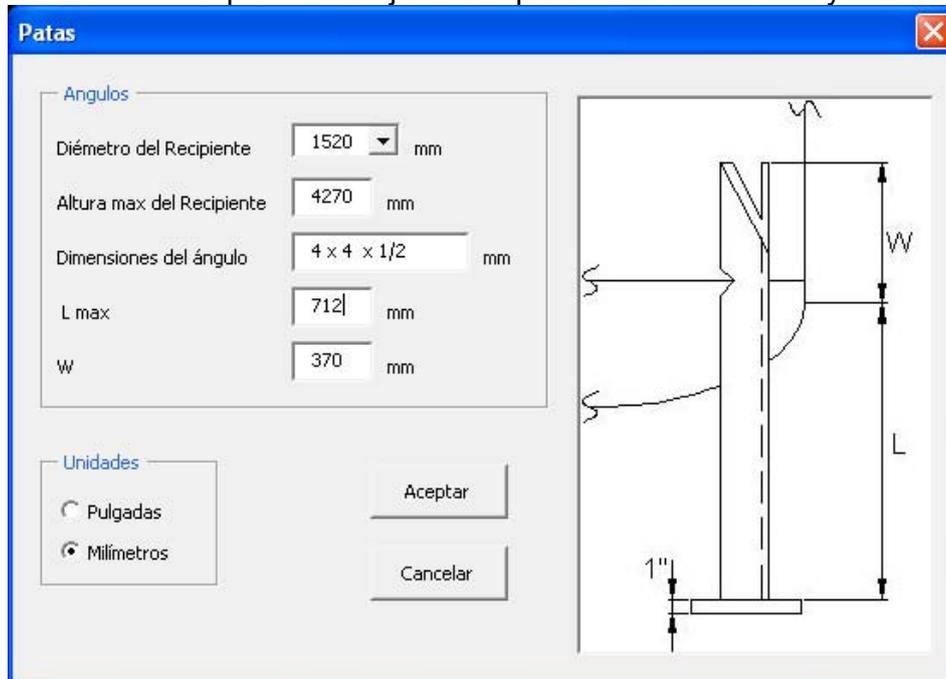


Figura 7.53. Ingreso de datos de las patas de soporte

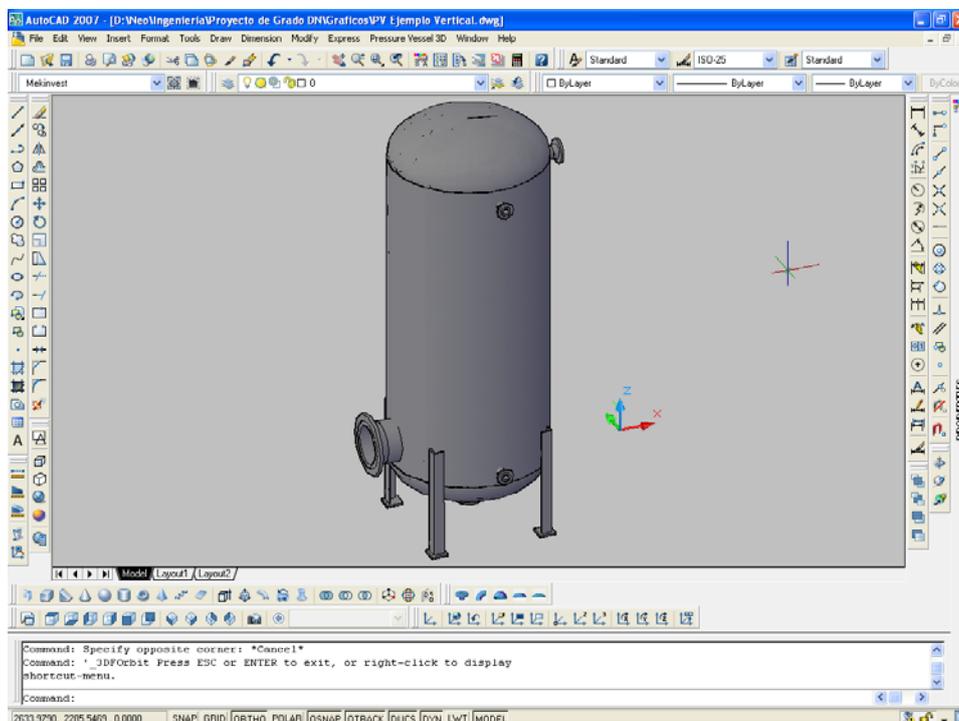


Figura 7.54. Patas de soporte

### 7.2.9 Orejas de izaje

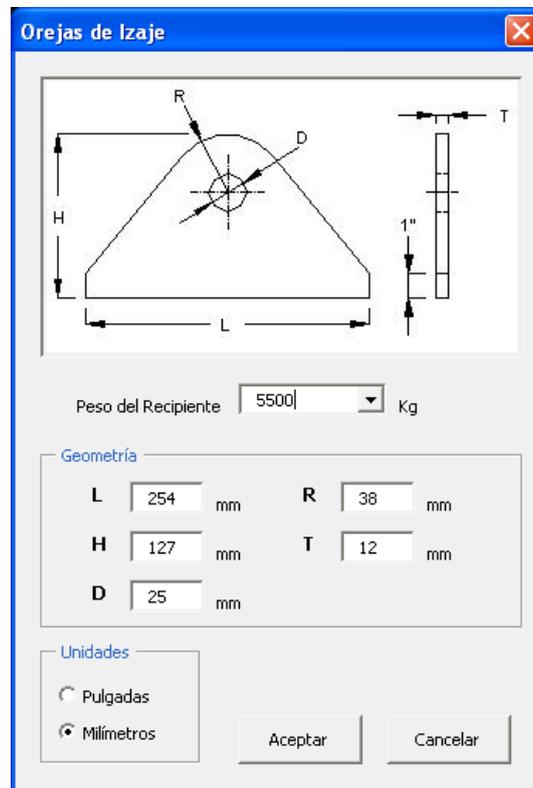


Figura 7.55. Ingreso de datos de las orejas de izaje

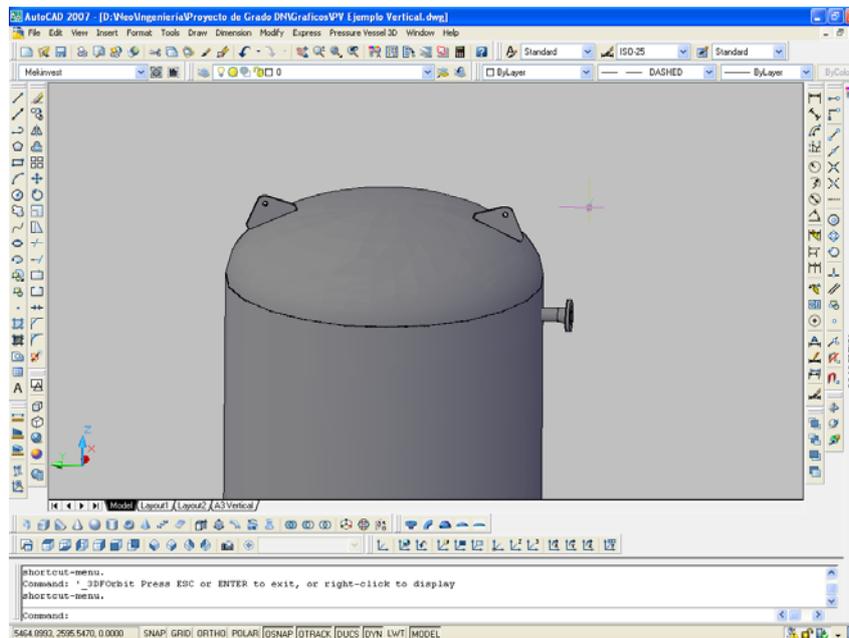


Figura 7.56. Orejas de izaje del recipiente vertical

### 7.2.10 Generación del plano

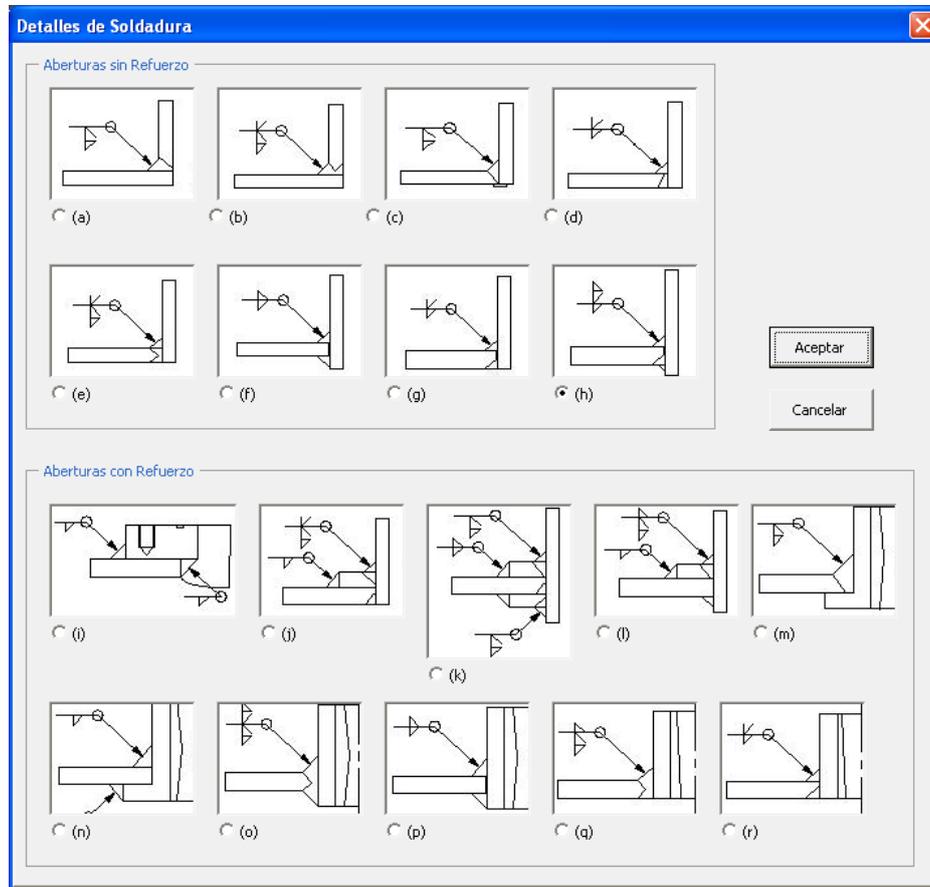


Figura 7.57. Ingreso de datella de soldadura

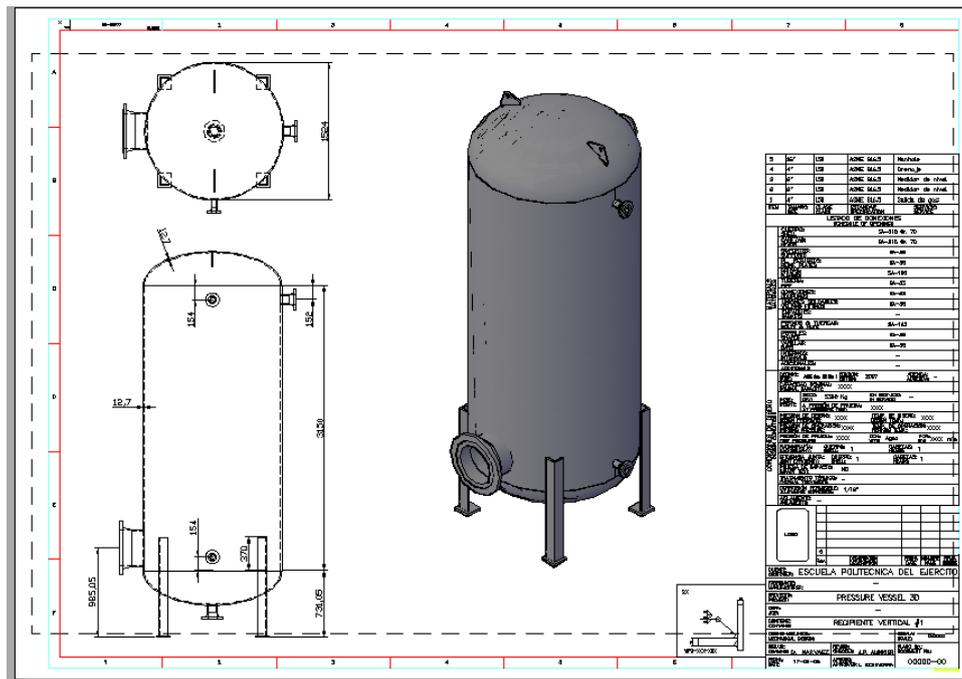


Figura 7.58. Plano del recipiente vertical

### 7.3 RECIPIENTE VERTICAL #2

**Datos generales:**

- Diámetro interior: 1000mm
- Espesor cuerpo: 9.5mm
- Tipo cabezas: hemisférica
- Espesor cabeza: 7.9mm
- Longitud cuerpo tan-tan: 4000
- Tipo de Soportes: Falón
- Peso vacío = 6830Kg

### 7.3.1 Cuerpo Vertical

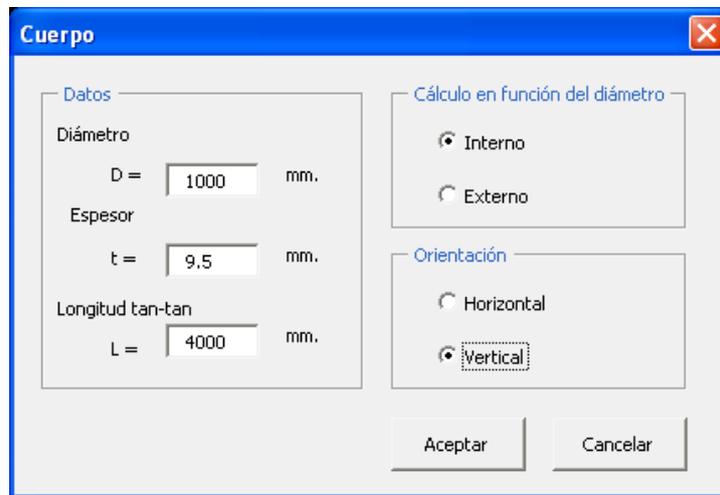


Figura 7.59. Ingreso de datos del cuerpo vertical

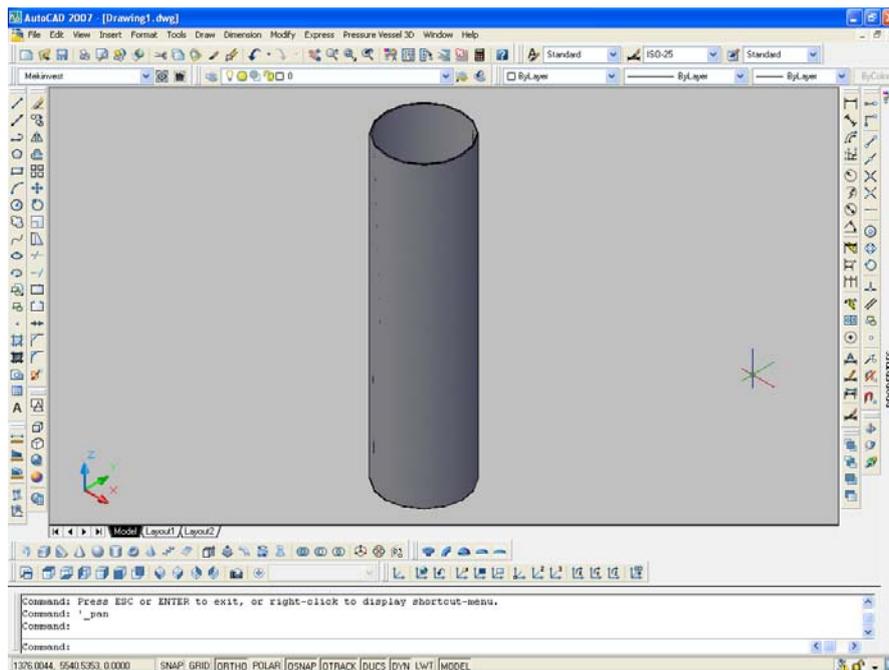


Figura 7.60. Cuerpo cilíndrico vertical

### 7.3.2 Cabezas Hemisféricas

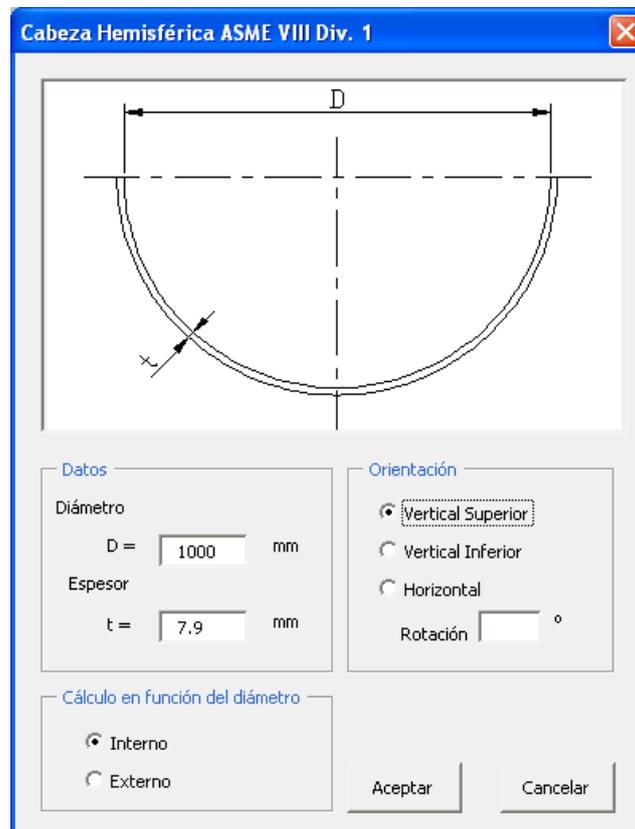


Figura 7.61. Ingreso de datos de la cabeza hemisférica superior

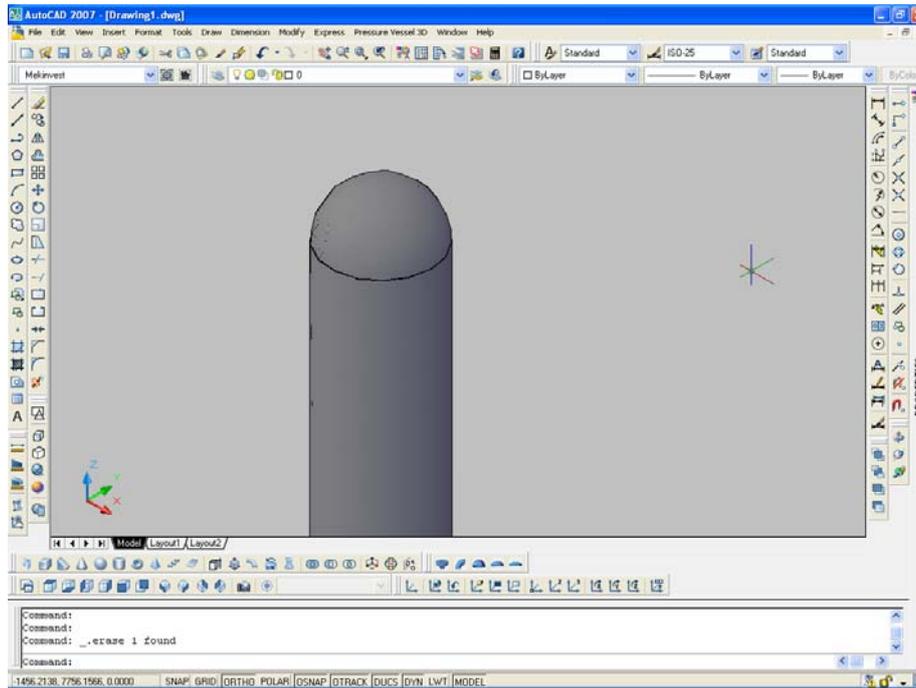


Figura 7.62. Cabeza hemisférica superior

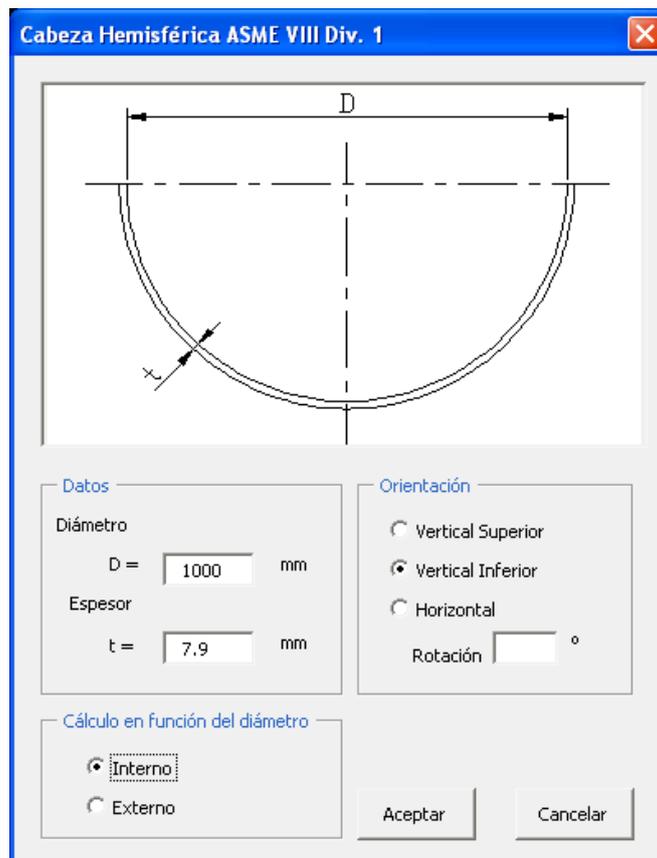


Figura 7.63. Ingreso de datos de la cabeza hemisférica inferior

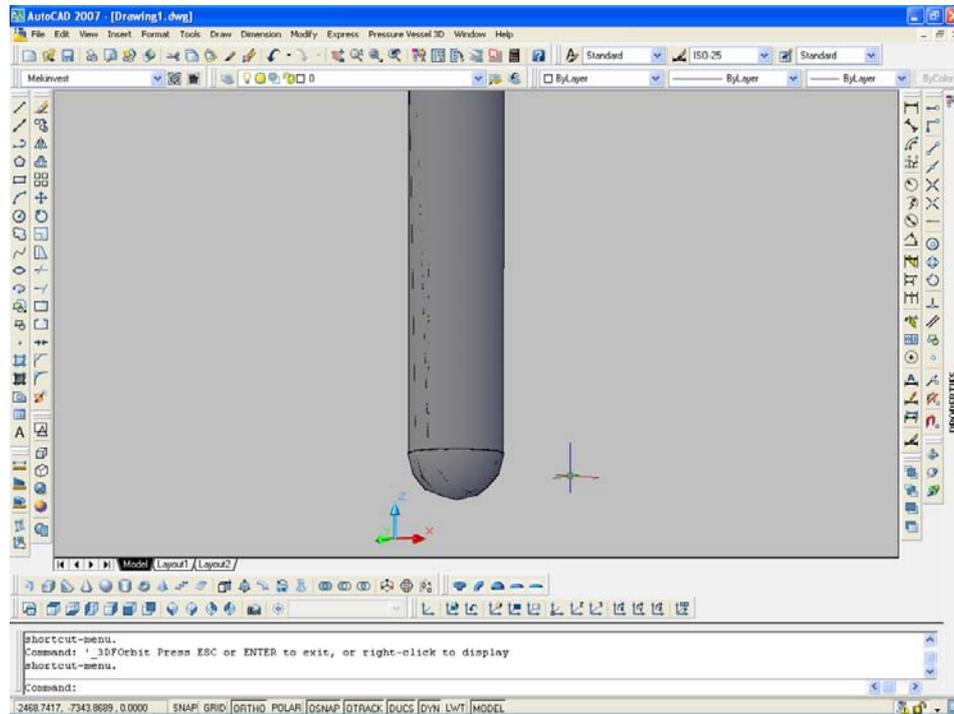


Figura 7.64. Cabeza hemisférica inferior

### 7.3.3 Boca #1

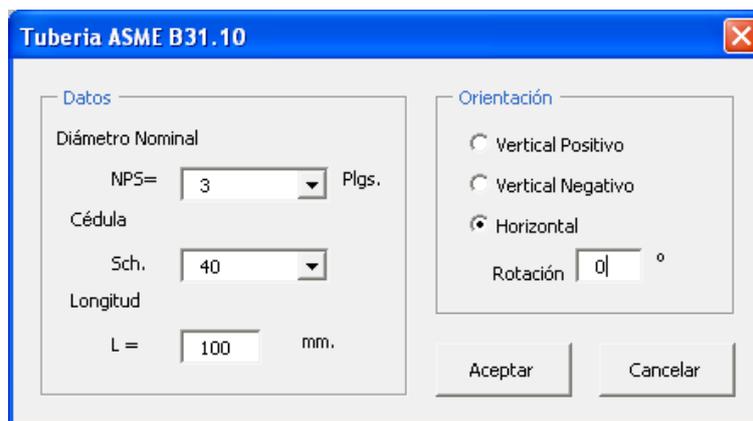


Figura 7.65. Ingreso de datos de la tubería de la Boca #1

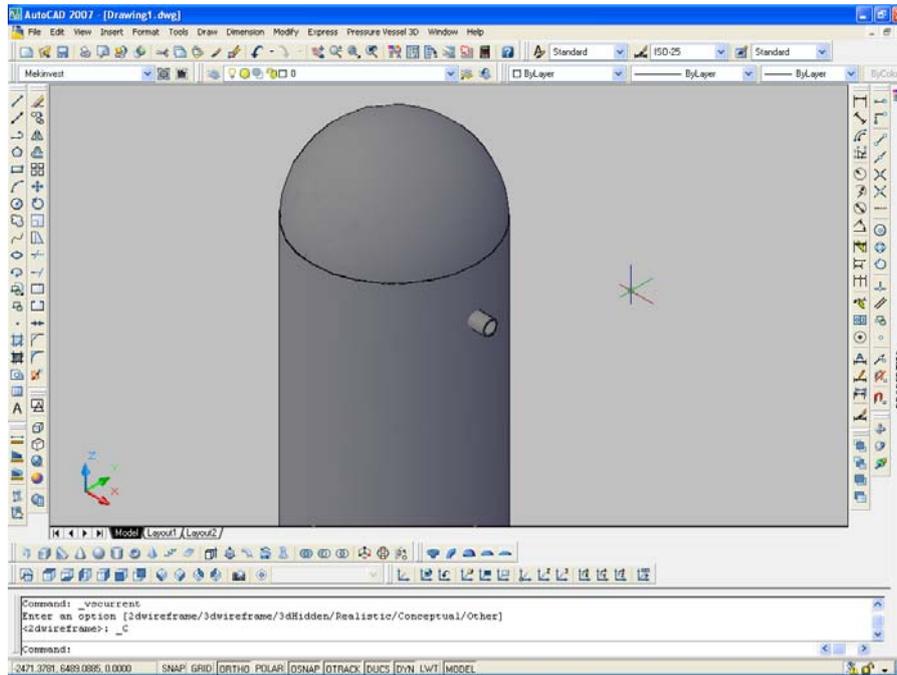


Figura 7.66. Tubería de la Boca #1



Figura 7.67. Ingreso de datos de la brida de Boca #1

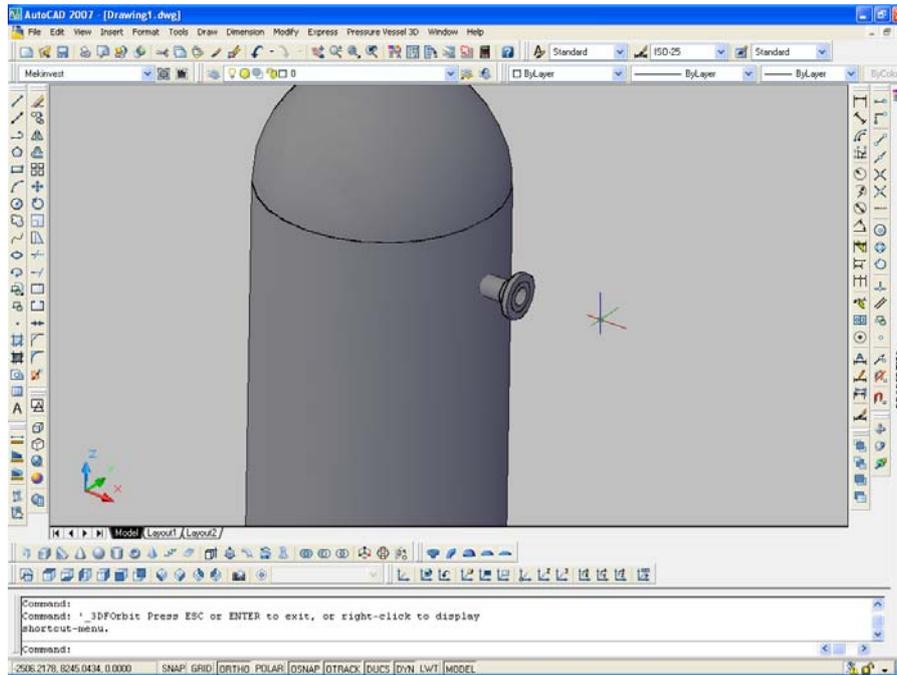


Figura 7.68. Brida de la Boca #1

### 7.3.4 Boca #2



Figura 7.69. Ingreso de datos de la tubería de la Boca #2

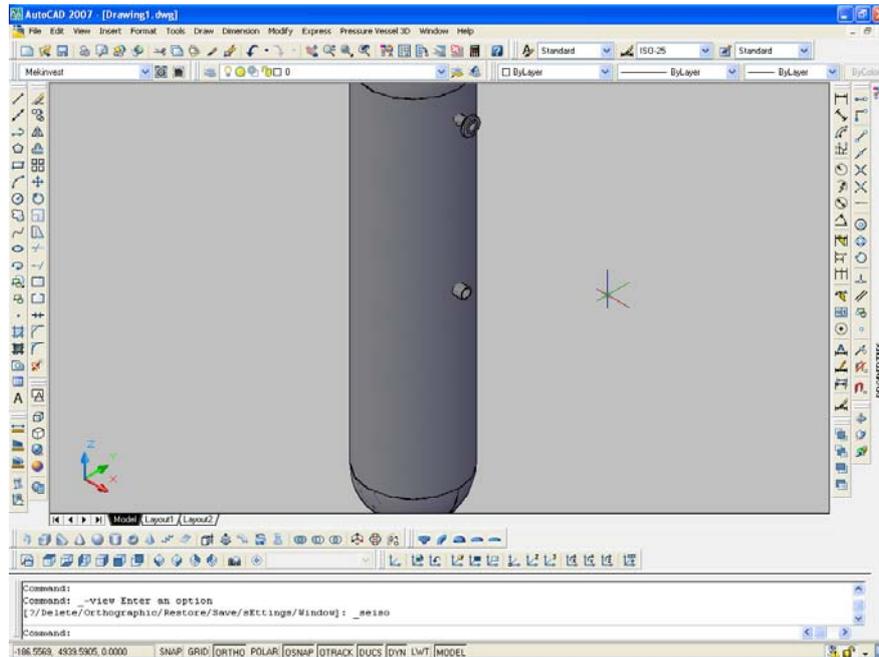


Figura 7.70. Tubería de la Boca #2

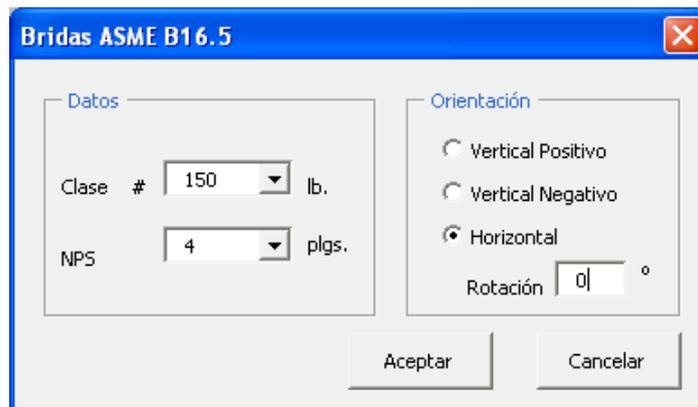


Figura 7.71. Ingreso de datos de la brida en Boca #2

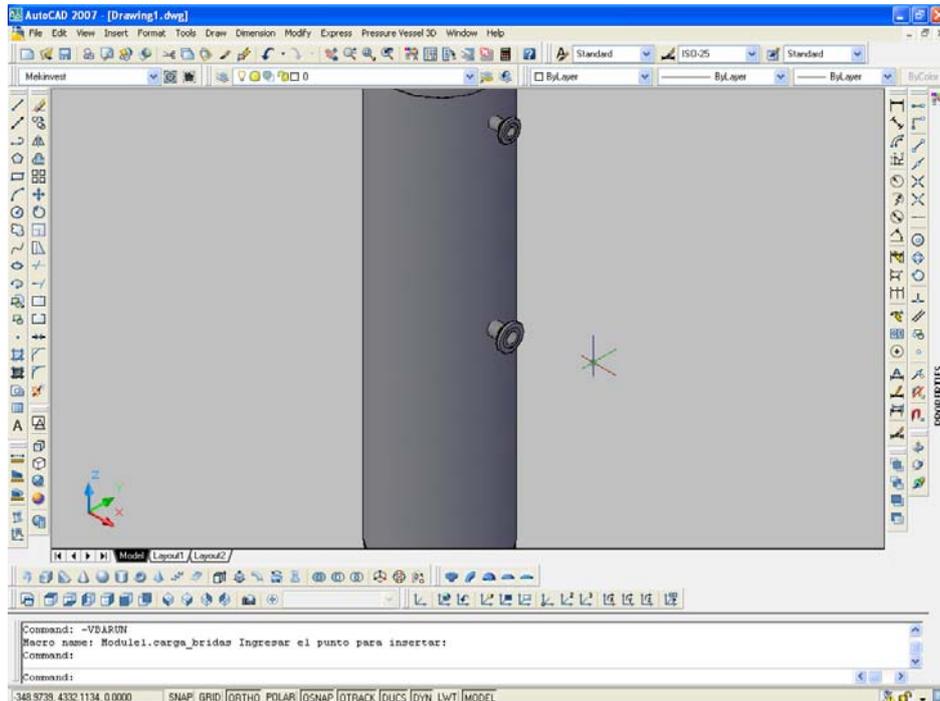


Figura 7.72. Brida de la Boca #2

### 7.3.5 Boca #3

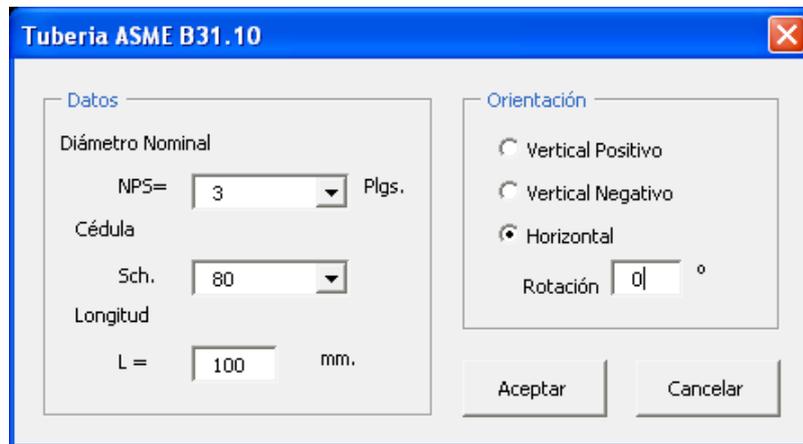


Figura 7.73. Ingreso de datos de la tubería de la Boca #3

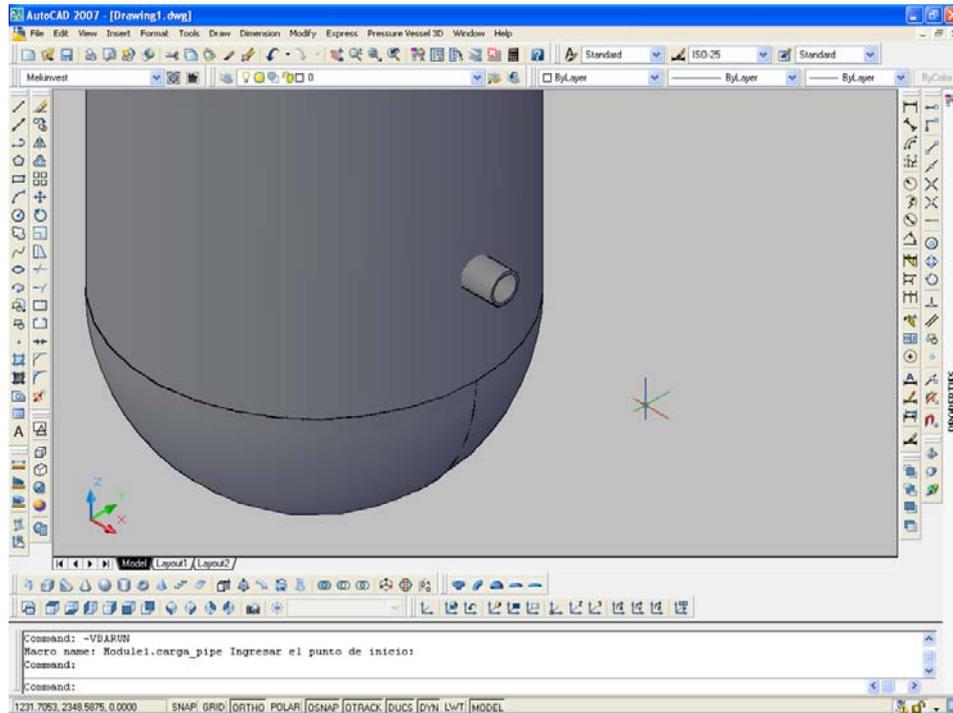


Figura 7.74. Tubería de la Boca #3

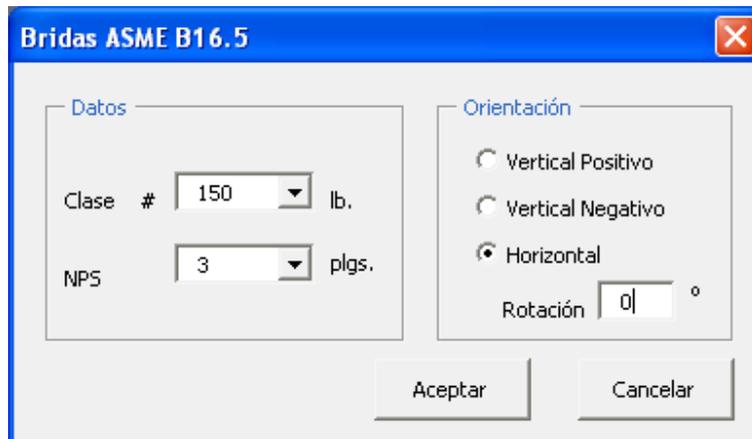


Figura 7.75. Ingreso de datos de la brida de la Boca #4

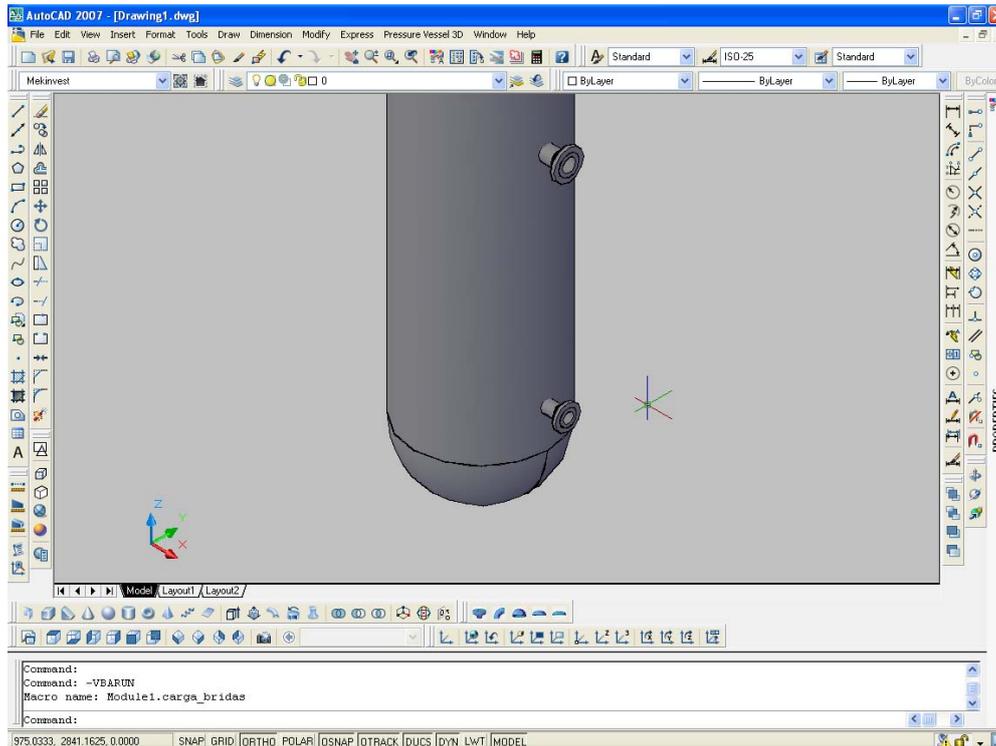


Figura 7.76. Brida de la Boca #3

### 7.3.6 Boca #4

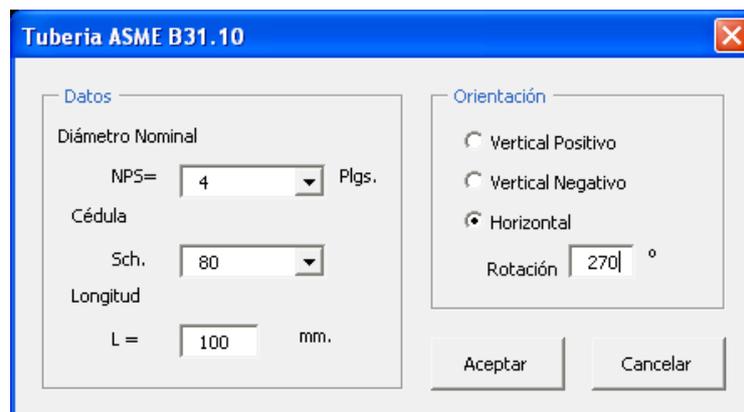


Figura 7.77. Ingreso de datos de la tubería de la boca #4

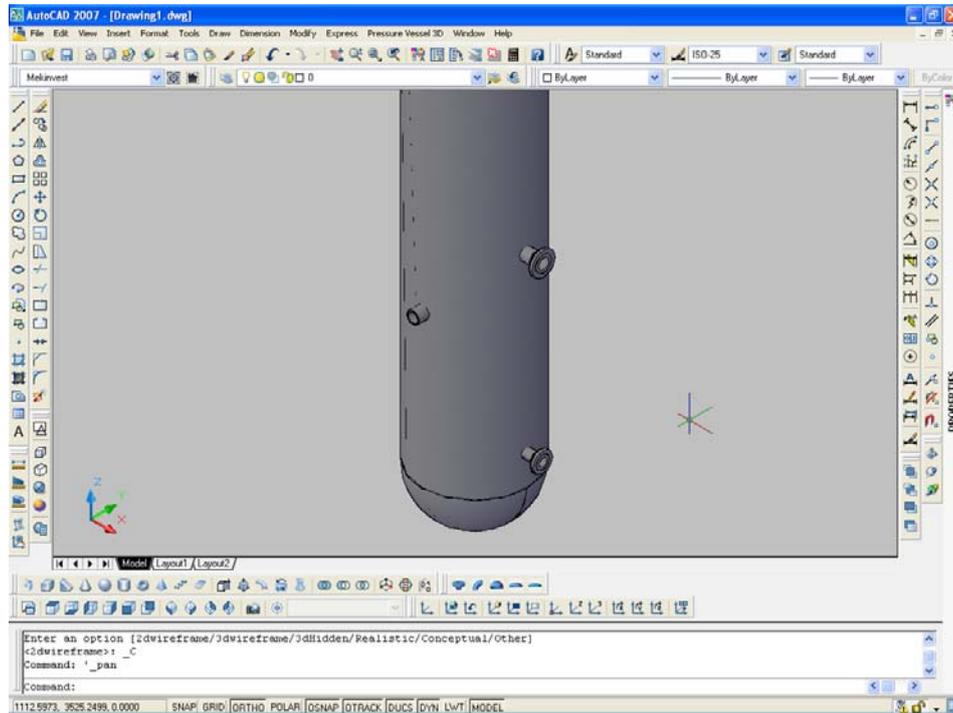


Figura 7.78. Tubería de la Boca #4



Figura 7.79. Ingreso de datos de la tubería de la Boca #4

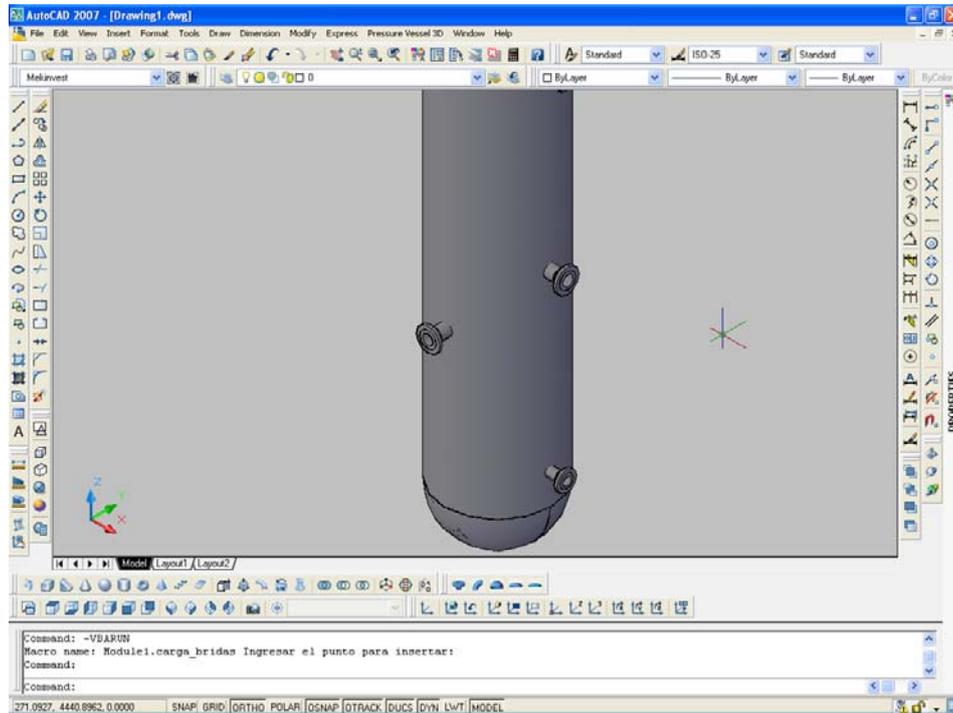


Figura 7.80. Brida de la Boca #4

### 7.3.7 Boca #5

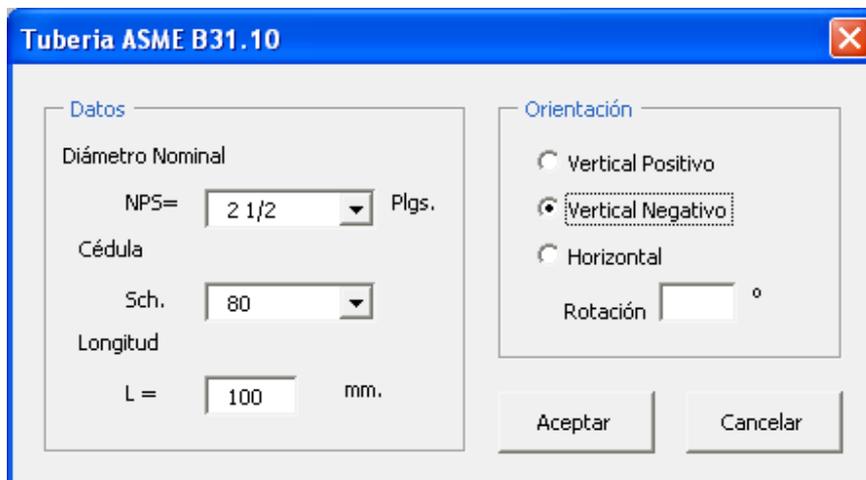


Figura 7.81. Ingreso de datos de la tubería de la Boca #5

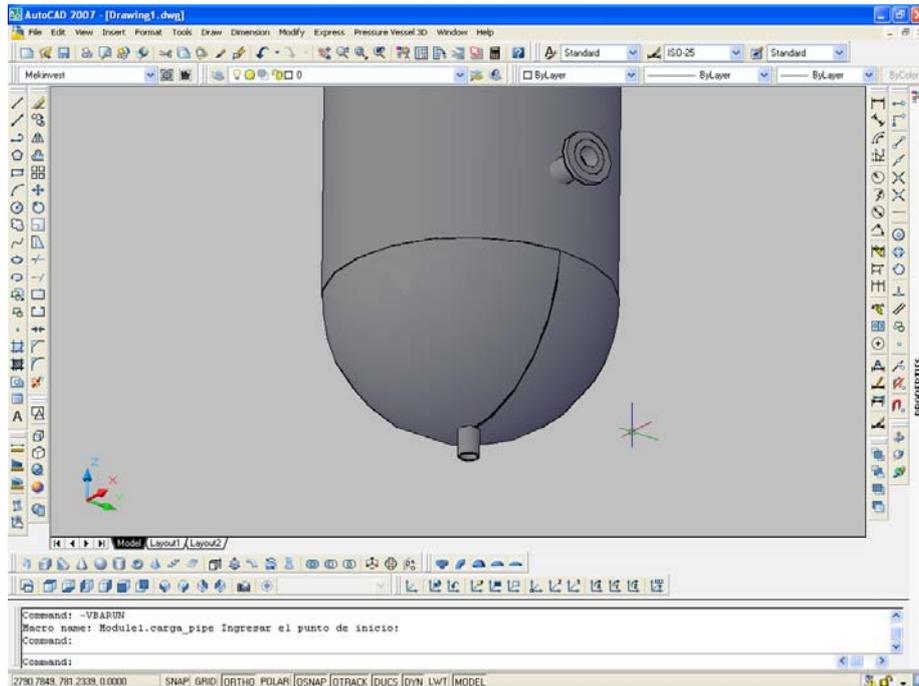


Figura 7.82. Tubería de la Boca #5

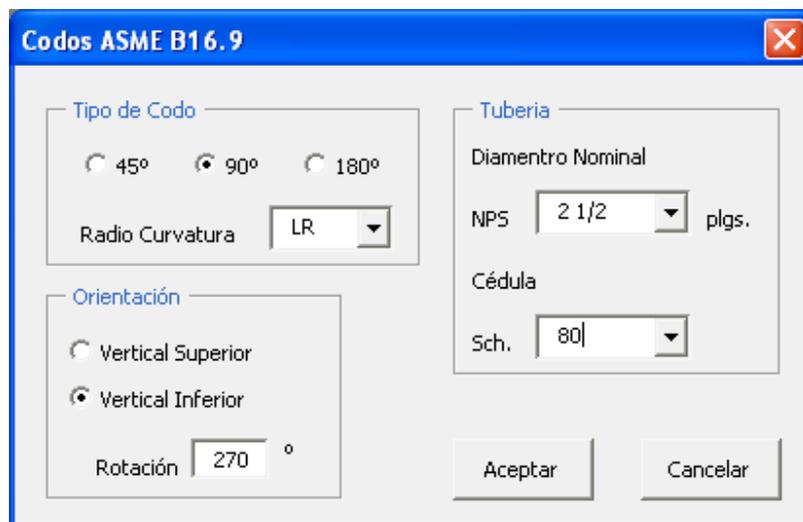


Figura 7.83. Ingreso de datos del codo de la Boca #5

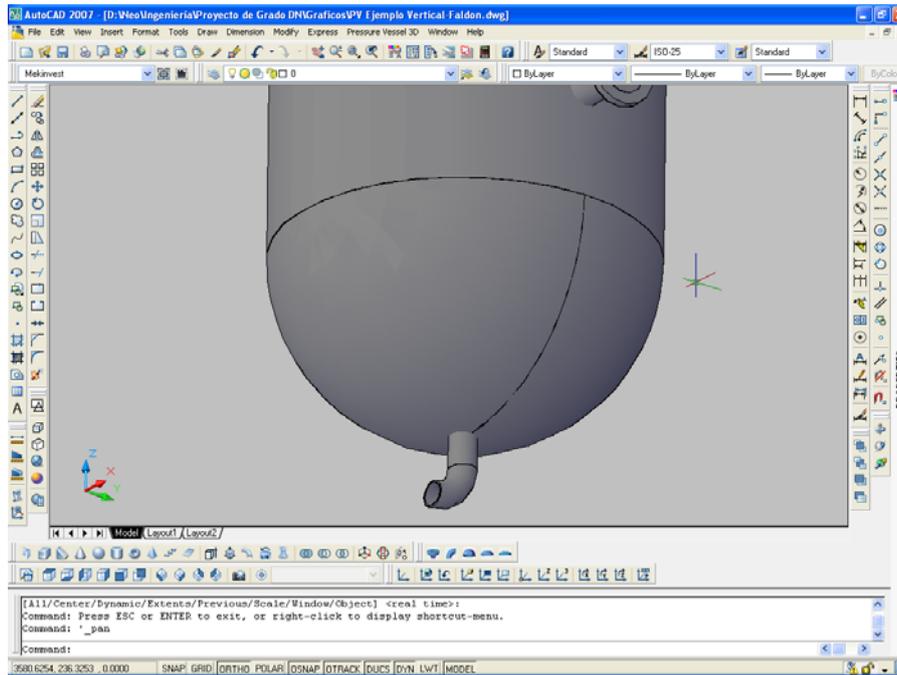


Figura 7.84. Codo de la Boca #5



Figura 7.85. Ingreso de datos de la tubería en la Boca #5

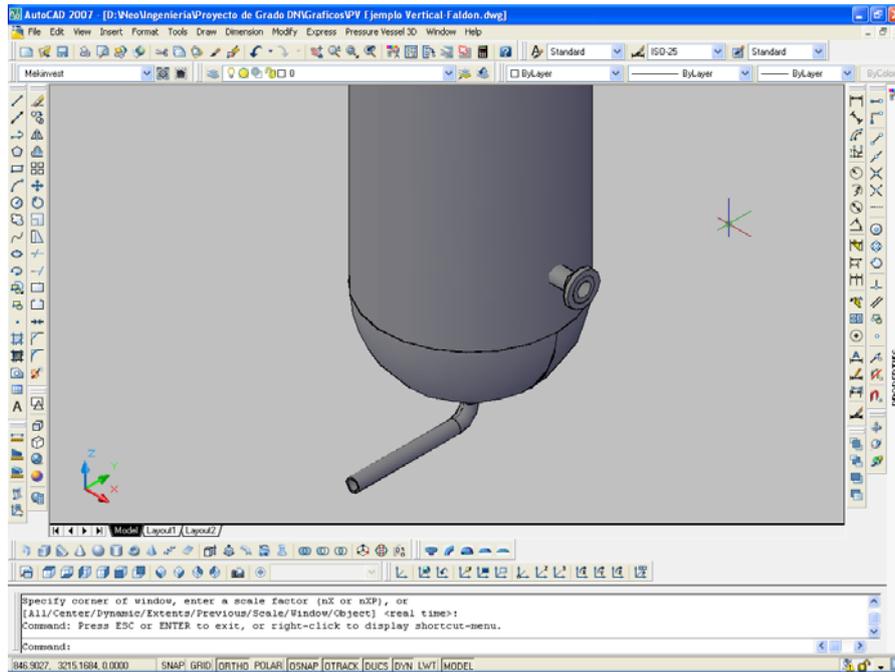


Figura 7.86. Tubería Boca #5



Figura 7.87. Ingreso de datos de la brida de la Boca #5

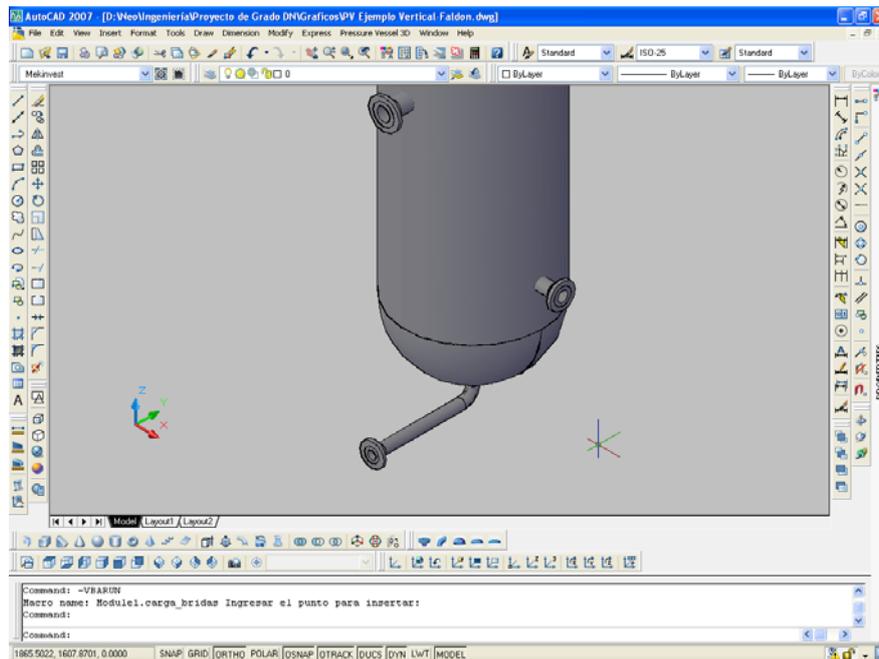


Figura 7.88. Brida de la Boca #5

### 7.3.8 Manhole #1 y #2

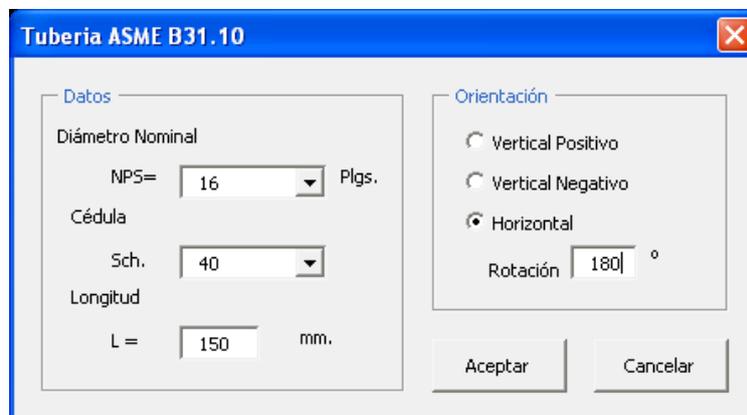


Figura 7.89. Ingreso de datos de la tubería del Manhole #1

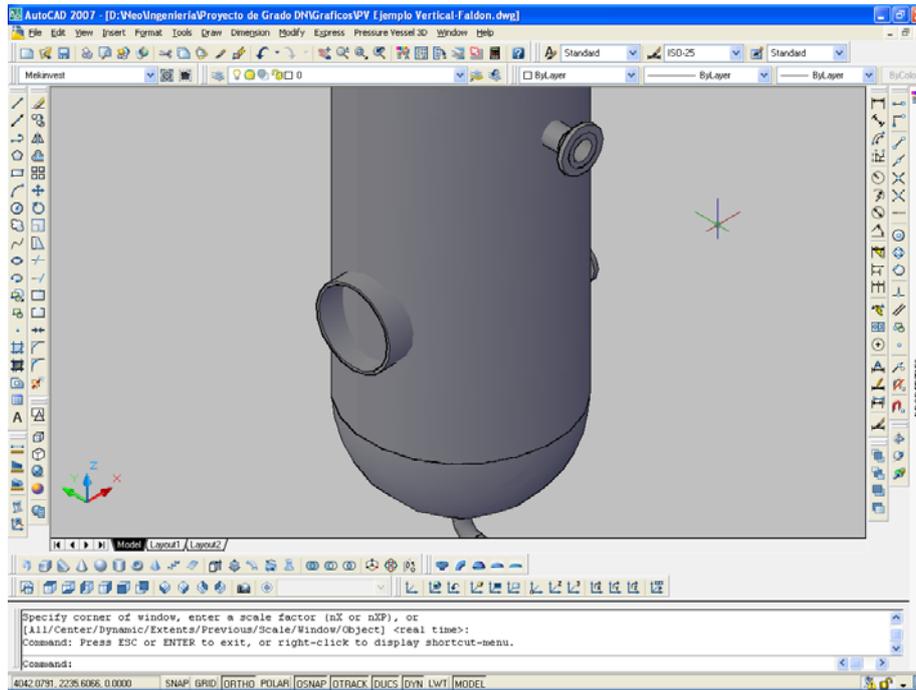


Figura 7.90. Tubería del Manhole #1

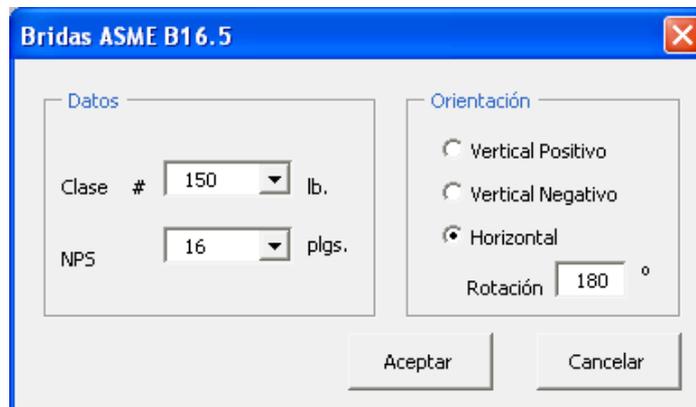


Figura 7.91. Ingreso de datos de la brida del Manhole #1

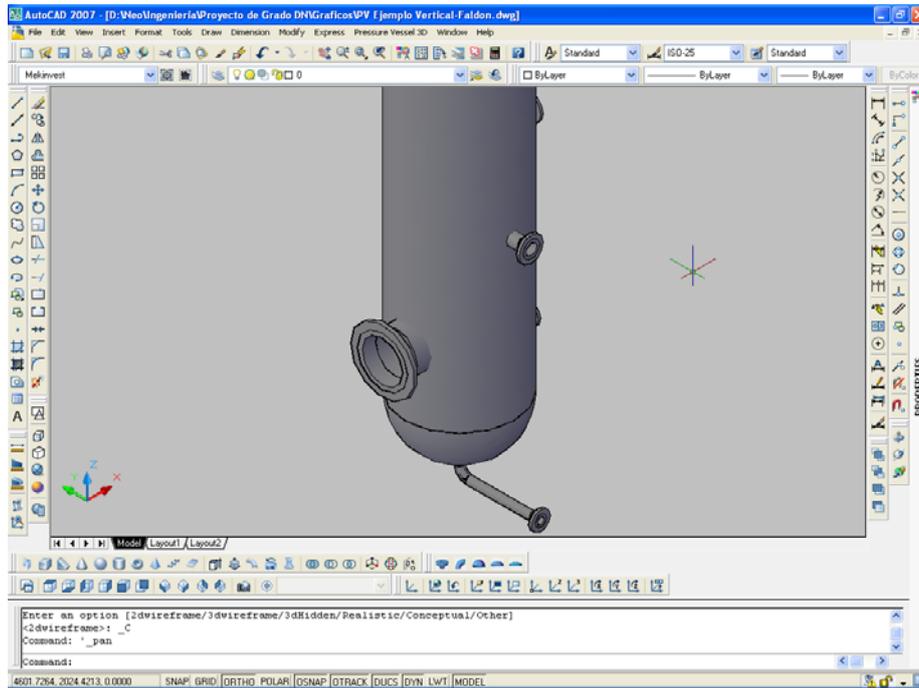


Figura 7.92. Brida del Manhole #1

Para el Manhole #2 se ingresan los mismo datos del #1

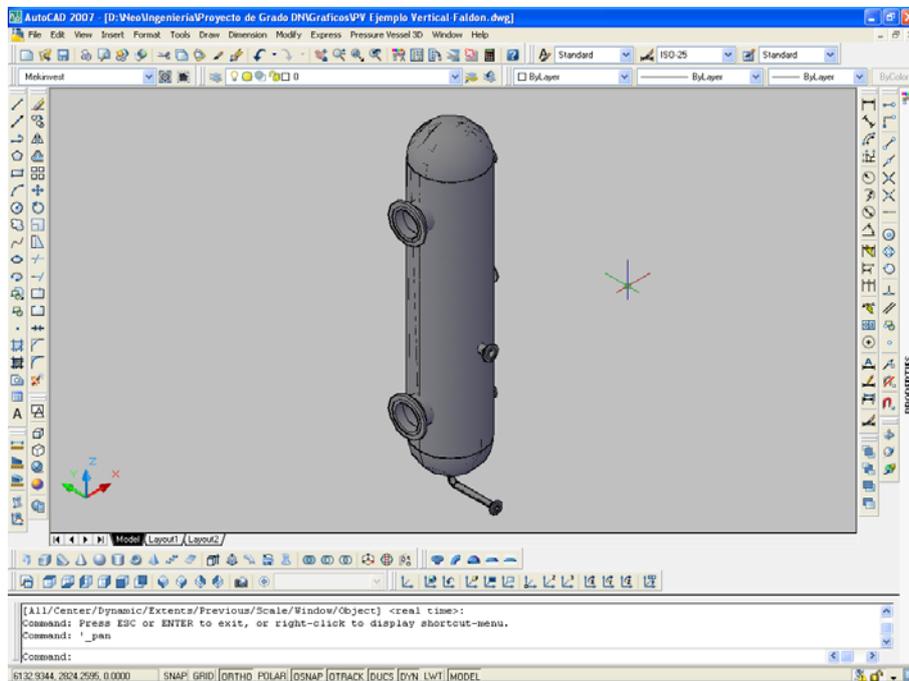


Figura 7.93. Manhole #2

### 7.3.9 Faldón

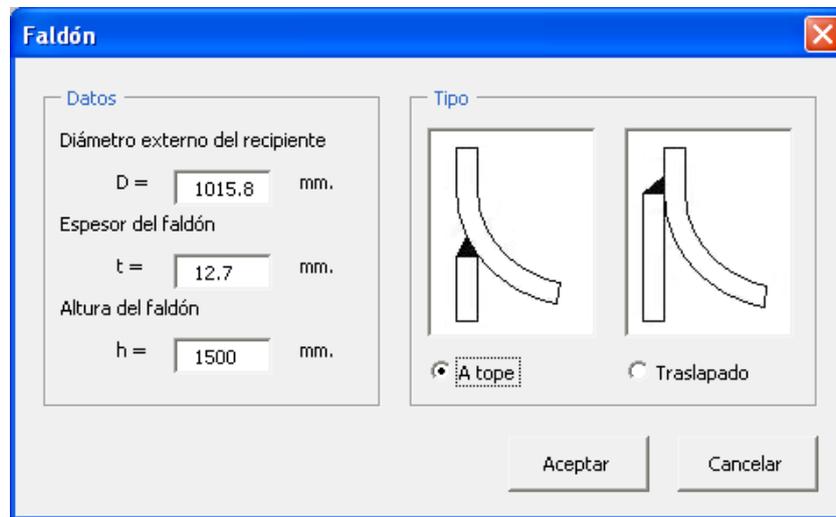


Figura 7.94. Ingreso de datos del Faldón

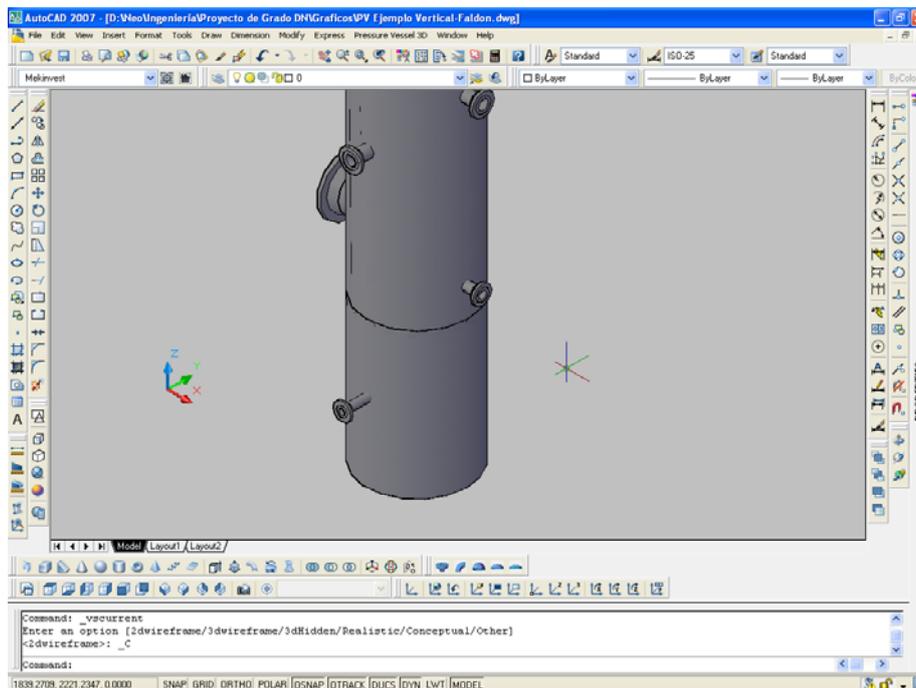


Figura 7.95. Faldón con interferencias.

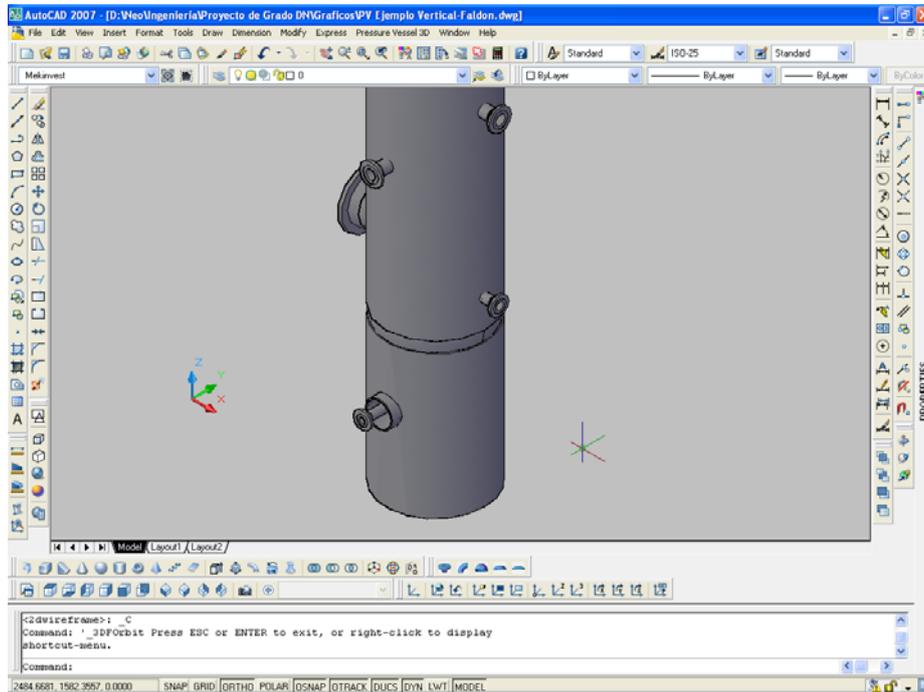


Figura 7.96. Faldón final

### 7.3.10 Generación del plano

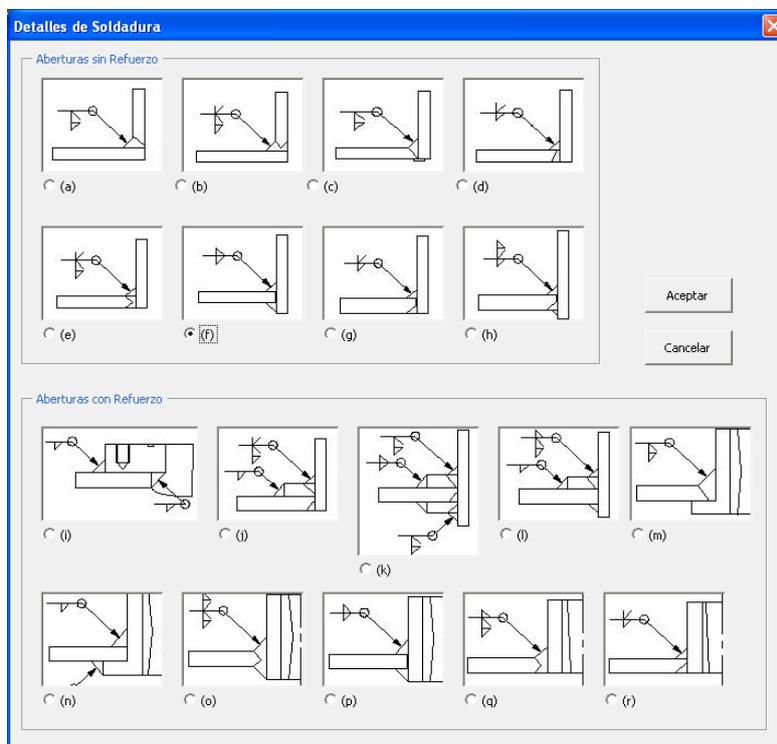


Figura 7.97. Detalle de aberturas

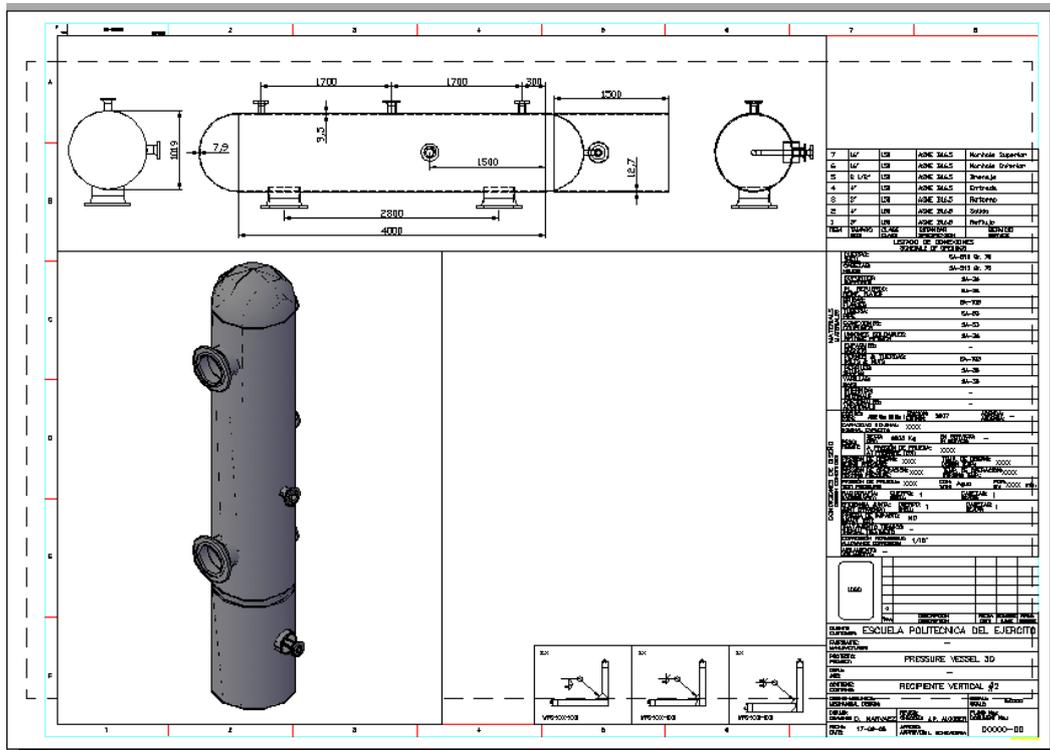


Figura 7.98. Plano del Recipiente Vertical #2

## 8 ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

### 8.1 ESTUDIO DE MERCADO

#### 8.1.1 Análisis de precios

En promedio, según lo consultado en páginas web, está en el rango de \$4000 a \$6000 si es de uso ilimitado con un valor de actualización de \$500 ó \$100 a \$1200 anual con un valor de actualización de \$200.

De acuerdo a la información obtenida, podemos hablar de un módulo que tenga un costo inferior al promedio de los actuales softwares. En la siguiente tabla se presentan los valores de los módulos que serían la competencia directa:

**Tabla 8.1. Listado de precios de software para recipientes a presión**

Empresa	País	Software	Precio(USD)	Mantenimiento
CODEWARE	EEUU	Compress	\$ 6000	1300
COADE	EEUU	PVElite	\$ 6500	1300
COADE	EEUU	CADWorx Equipment	\$ 3000	500
Computer Engeeniring Inc.	EEUU	Advanced Pressure Vessel	\$ 2195	
CEA	Holanda	ASMEquipment	\$ 4495	
		<b>PROMEDIO</b>	<b>\$ 4438</b>	

Para poder competir en un mercado en donde el uso de este tipo de software no es común, se debe contar con un precio bastante competitivo, y que incluya la implementación, capacitación y asesoramiento técnico durante un cierto tiempo.

## **8.2 ESTUDIO TÉCNICO**

### **8.2.1 *Proceso de producción***

Para poder comercializar esta aplicación es necesario conocer el proceso para el desarrollo del software. Un proceso básico sería el siguiente:

1. Descripción de la función y especificaciones de los comandos que deben crearse.
2. Descripción del contenido de las bases de datos.
3. Definición de formularios y ventanas que relacionan cada comando.
4. Elaboración de los flujogramas de los comandos.
5. Programación.
6. Pruebas en distintos escenarios.
7. Correcciones, optimización y mejoramiento del código.
8. Cierre del programa.
9. Proceso de legalización de licencias.
10. Producción de CDs y material de apoyo.
11. Comercialización del software.

El tiempo de duración del proyecto fue de 6 meses, en donde se desarrolló el primer módulo, y a partir de ese período, en caso de comercializar la aplicación se deben realizar programas piloto para las pruebas en campo, y sus respectivas mejoras. Las pruebas piloto, abarcarán los siguientes 6 meses, para realizar el lanzamiento oficial del producto al año de empezar el proyecto.

## **8.3 INGENIERÍA DEL PROYECTO**

### **8.3.1 *Proceso de producción***

Anexo 1

## 8.4 ESTUDIO ECONÓMICO

### 8.4.1 Determinación de los costos de Inversión y Producción

#### COSTOS INDIRECTOS

##### *Personal*

Cant.	Posición	Nombre	Horas-H Horas/semanas	Semanas	Valor H-H USD	Valor Total USD
1	Director	Luis Echeverría	2	24	50,00	2400,00
1	Codirector	Juan Pablo Alcocer	2	24	50,00	2400,00
<b>TOTAL</b>						<b>4800,00</b>

##### *Miscelaneos*

Descripción	USD/Semana	Semanas	Valor total USD
Gastos administrativos	10,00	24	240,00
Transporte	5,00	24	120,00
Internet	10,00	24	240,00
Servicios básicos	8,00	24	192,00
<b>TOTAL</b>			<b>792,00</b>

##### *Otros*

Descripción	USD/Semana
Derechos de Grado	470,00

#### COSTOS DIRECTOS

##### *Remuneraciones a estudiantes*

Cant.	Posición	Nombre	Horas-H Horas/semanas	Semanas	Valor H-H USD	Valor Total USD
1	Estudiante	Daniel Narváez	5	24	20,00	2400,00

##### *Insumos y materiales*

Cant.	Descripción	Costo unitario USD	Costo total USD
2	Libros especializados	45,00	90,00
3	Resma papel	3,00	9,00
1	Cartucho impresora	30,00	30,00
500	Copias	0,03	15,00
1	Licencia de AutoCAD 2007	3000	3000
	<b>TOTAL</b>		<b>3044,00</b>

**TOTAL COSTOS USD 11.506,00**

**Imprevistos (10%) USD 1160,60**

**TOTAL PROYECTO USD 12666,60**

#### **8.4.2 Financiamiento del Proyecto**

RUBROS	PRESUP	RECURSOS PROPIOS USD	%	RECURSOS EXTERNOS USD	%
1. INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN	6.062,00	1.262,00	22,6	4.800,00	77,4
2. COSTOS DIRECTOS	5.444,00	5.444,00	100	0	0
3. IMPREVISTOS	1160,60	1160,60	100	0	0
<b>TOTAL GENERAL :</b>	<b>12.666,60</b>	<b>7.866,60</b>	<b>62,1</b>	<b>4.800,00</b>	<b>37,9</b>

#### **Entidades de Financiamiento:**

ENTIDAD	MONTO USD
ESPE	4.800,00
Propios	7.866,60
<b>TOTAL:</b>	<b>12.666,60</b>

#### **8.4.3 Cronograma de Desembolsos del Proyecto**

Anexo 2

#### **8.4.4 Depreciación**

Depreciación para las computadoras: Valor de los equipos / 5 años / 12 meses.

### 8.4.5 Capital de trabajo

El capital social de la empresa será de 12.666,60 USD correspondiente a la inversión total inicial que es el costo total del proyecto.

### 8.4.6 Fijación de precio y punto de equilibrio

#### Costos variables CV por licencia

Concepto	Costo USD
Fabricación de instaladores (CD's)	2 c/u
Comisiones	8% de las ventas
<b>Total</b>	<b>100</b>

#### Costos fijos mensuales CF

Concepto	Costo Total USD
Agua	30
Luz	30
Teléfono	40
Internet	30
Salario técnicos	300
Gastos administrativos	120
Depreciación	20
Publicidad	150
Transporte	40
Gastos bancarios	5
Intereses	0
Mantenimiento computadores	10
<b>Total</b>	<b>775</b>

#### **8.4.7 Determinación del precio del producto.**

##### **Costo total del producto**

$$\begin{aligned} CV + (CF / \text{producción esperada}) &= \text{Costo Total (CT)} \\ \$100 + (\$775 / 2) &= \$487.5 \end{aligned}$$

##### **Porcentaje de ganancia deseado de acuerdo con las políticas de precios**

Se plantea inicialmente un 120% de ganancia.

##### **Precio de venta que se ofrecerá a sus clientes en el canal de distribución.**

$$PV = CT + (CT \times 120\%)$$

$$PV = \$487.5 \times 2.2$$

$$PV = \$1073$$

Este precio tiene relación y coherencia con el precio promedio del mercado que es de aproximadamente 2080 USD

##### **Punto de equilibrio (ventas mínimas para cubrir los costos de producción).**

$$\text{Punto equilibrio} = CF / (PV - CV)$$

$$\text{Punto equilibrio} = \$775 / (\$1073 - \$100)$$

$$\text{Punto equilibrio} = 0.79 \text{ licencias mensuales} = 10 \text{ licencias anuales}$$

#### **8.4.8 Estimación de Ventas**

Se ha establecido una meta de ventas mensuales de 1.25 licencias mensuales. Es decir 15 licencias anuales, con la posibilidad de abrir el mercado en el resto de Latinoamérica realizando las transacciones comerciales y de ventas a través de Internet, sin incurrir en costos adicionales. El análisis se realizará con una meta fija durante 5 años.

#### **8.4.9 Flujo de Efectivo**

Anexo 3

## **8.5 ESTUDIO FINANCIERO**

### **8.5.1 Estimación del VAN (Valor Actual Neto)**

Anexo 4

### **8.5.2 Estimación del TIR (Tasa Interna de Retorno)**

Anexo 5

## 9 CONCLUSIONES

- La sección VIII división 1 del código ASME de Calderas y Recipientes a Presión no es un manual de diseño, si no que habla de mínimos requisitos de seguridad que se deben cumplir. Por esta razón la utilización de manuales como el Pressure Vessel Handbook es fundamental para la consula de dimensiones recomendadas.
- Por medio de los API (Application Programing Interface), se pueden personalizar las herramientas CAD para automatizar el proceso de dibujo de cualquier elemento en todas las áreas de la ingeniería, estadarizando los procedimientos de dibujo y de presentación de planos.
- El método de dibujo se debe basar en el procedimiento que realiza un dibujante en AutoCAD mediante las funciones y comandos directos que presenta esta herramienta. Estos procedimientos se deben parametrizar, determinando cuales son las variables que influyen en el dibujo, cuáles son dimensiones estándar y cuáles deben ser ingresadas por el usuario.
- Es necesario que el programa maneje propiedades en los objetos creados para poder validar el dibujo de elementos con dimensiones correctas.
- La programación es una herramienta sumamente importante para automatizar las tareas repetitivas que deben realizar los ingenieros mecánicos.
- La instalación de la aplicación en AutoCAD es sencilla, sin embargo pueden haber problemas con la activación de las librerías de programación en Visual Basic for Applications.

## 10 RECOMENDACIONES

- Existen varias fuentes bibliográficas en donde se pueden obtener información detallada acerca de los cálculos de dimensiones de algunos elementos de los recipientes a presión. Uno de ellos es el libro de MOSS titulado "Pressure Vessel Design Manual". Se recomienda revisar dicha bibliografía para aclarar cualquier duda con respecto a las recomendaciones utilizadas en el programa.
- Se recomienda el uso de la Ayuda del Desarrollador (AutoCAD 2007 Developer Help) que proporciona el AutoCAD 2007 o cualquier otra versión de AutoCAD. Ahí se pueden encontrar la "Guía del Desarrollador de ActiveX y VBA" (ActiveX and VBA Developer's Guide), la "Referencia de ActiveX y VBA" (ActiveX and VBA Reference) y la "Guía de Personalización" (Customization Guide).
- Es muy importante que antes de codificar un método de dibujo de algún elemento, se analice si dicho método es fácilmente generalizable, es decir, que parametrizando ciertas variables de ingreso se pueda dibujar en cualquier punto del espacio y para cualquier tipo de recipiente, eliminando casos particulares de diseño. De esta forma se busca que el dibujante intervenga lo menos posible en el proceso de dibujo.
- El usuario deberá tener cuidado al momento de ingresar los parámetros para realizar el dibujo, ya que pueden haber ocasiones en que se ingrese mal algún valor, y el programa dibuje el elemento de forma errónea.
- Se recomienda tener un conocimiento intermedio de programación en Visual Basic para poder automatizar cualquier herramienta de CAD que permita desarrollar aplicaciones ActiveX.

- Para una versión comercial, el proceso de instalación deberá ser creada con un programa de instalación profesional que permita activar de forma adecuada cada una de las librerías de referencia que son utilizadas por la aplicación.



## ANEXOS



## **ANEXO 1: Proceso de Producción**



## **ANEXO 2: Cronograma de Desembolsos del Proyecto**



### **ANEXO 3: Flujo de Efectivo**



## **ANEXO 4: Estimación del VAN**



## ANEXO 5: Estimación del TIR



## ANEXO 6: Planos de Recipientes



## **ANEXO 7: Manual del Usuario**



## REFERENCIAS

### BIBLIOGRAFÍA

- MEGYESY, Eugene F. "PRESSURE VESSEL HANDBOOK". 12th ed. Pressure Vessel Publishing Inc. Tulsa. 2001
- MOSS, DENNIS R. "Pressure Vessel Design Manual". 3da edición.. Gulf Professional Publishing. Houston. 2003
- American Society of Mechanical Engineers, "ASME B16.5 Pipe Flanges and Flanged Fittings", New York (Ed. 2006).
- American Society of Mechanical Engineers, "ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, division 1", New York (Ed. 2004 add 2006).
- American Society of Mechanical Engineers, "ASME B16.9 Factory-Made Wrought Butt Welding Fittings", New York (Ed. 2001).
- American Society of Mechanical Engineers, "ASME B36.10M Welded and Seamless Wrought Steel Pipe", New York (Ed. 2000).
- SMITH, Edward H. "Mechanical Engineer's Reference Book". 12<sup>th</sup> ed. Butterworth-Heinemann. Oxford. 2000
- LUZANDDER, Warren J. "Fundamentos de dibujo en la ingeniería". 11va ed. Prentice Hall. México. 1994
- QUEZADA, Wilson. "AutoCAD 2007". Grupo Editorial Megabyte. Lima. 2006
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. "Código de Dibujo Técnico-Mecánico". 1981
- MCKENZIE, Duncan. "Aprendiendo Visual Basic.NET en 21 lecciones". Pearson Education. 2004
- CALLAHAN, Evan. "Programación con Microsoft Access 2000: Macros y Visual Basic para Aplicaciones". Mc Graw Hill. Madrid. 1999
- SHERWOOD, David. "The Piping Guide for the Design and Drafting of Industrial Piping Systems", 2da. ed. USA, Syntec Inc, 1991.
- ROJAS, Vicente. "Técnicas de Flujoigramas I", 2da. Ed. CICETRONIC. Quito. 1981