

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MARMITA  
AUTOGENERADORA DE VAPOR, A GAS NATURAL,  
COMO ALTERNATIVA PARA LA RECONVERSIÓN  
TECNOLÓGICA DE LA INDUSTRIA DEL BOCADILLO  
EN VELEZ, SANTANDER.**

**VÍCTOR JOSÉ MANRIQUE**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO – MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2.011**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MARMITA  
AUTOGENERADORA DE VAPOR, A GAS NATURAL,  
COMO ALTERNATIVA PARA LA RECONVERSIÓN  
TECNOLÓGICA DE LA INDUSTRIA DEL BOCADILLO  
EN VELEZ, SANTANDER.**

**VÍCTOR JOSÉ MANRIQUE MORENO**  
Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero Mecánico

**Director**  
**JORGE LUIS CHACÓN VELASCO**  
Ingeniero Mecánico

**Codirector**  
**LUIS EDUARDO GARCÍA SÁNCHEZ**  
Ingeniero Mecánico

**Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico de Gas –CDT de GAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO – MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2.011**

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mi familia: a mis padres, por su cariño y apoyo incondicional para alcanzar esta meta.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la vida, la oportunidad de terminar exitosamente mi carrera, y por todas las bendiciones que día a día me concede.

Agradecimientos especiales a los docentes de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander –UIS, en especial al docente Ing. J.E. Chacón; a los Profesionales de la *Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico de Gas –CDT de GAS*, en especial a su director Ing. H. Abril, y al Ing. L.E. García; al *Centro de Desarrollo Productivo de Alimentos –CDPA*, en especial a su directora, Ing. M.V. Gualdrón; al Centro de Investigación para el Mejoramiento Productivo de la Panela –CIMPA de CORPOICA, y a la Fábrica de Bocado “*La Veleñita*”, de la asociación ASOVELEÑOS por su vital apoyo y colaboración para el desarrollo de la marmita autogeneradora.

Agradezco a mis amigos por sus buenos deseos, su apoyo y amistad incondicional.

# CONTENIDO

Pág.

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>19</b>
<b>1. CONTEXTO DE LA POLÍTICA NACIONAL DE USO RACIONAL DE LA ENERGÍA –URE.....</b>	<b>21</b>
1.1 CALENTAMIENTO GLOBAL Y USO RACIONAL DE LA ENERGIA .....	21
1.2 NORMATIVIDAD LEGAL AMBIENTAL EN COLOMBIA .....	23
1.3 NORMATIVIDAD LEGAL EN USO RACIONAL DE LA ENERGIA EN COLOMBIA.....	24
1.3.1 PLAN ENERGÉTICO NACIONAL –PEN 2006-2025. ....	25
1.3.2 PROURE Visión 2010-2025.....	26
1.3.3 NORMATIVIDAD LEGAL URE SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS PROCESOS DE COMBUSTIÓN INDUSTRIAL .....	27
1.3.4 USO RACIONAL DE LA ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL. ....	28
<b>2. CONTEXTO SOCIAL Y ECONOMICO DE LA INDUSTRIA DEL BOCADILLO EN VELEZ SANTANDER</b>	<b>29</b>
2.1 INTRODUCCIÓN. CARACTERIZACIÓN DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER .....	29
2.2 EL SECTOR INDUSTRIAL .....	32
2.3 CONSUMO DE GAS NATURAL EN SANTANDER.....	33
2.4 PRECIOS DEL GAS NATURAL .....	34
2.5 PROCESOS PRODUCTIVOS CON NECESIDAD DE APOYO EN MATERIA DE ENERGÍA Y FLUIDOS .....	35
2.6 CADENA PRODUCTIVA DE LA GUAYABA EN VÉLEZ, SANTANDER. ....	37
2.6.1 PRODUCCIÓN DE GUAYABA EN LAS PROVINCIAS DE VÉLEZ Y RICAURTE .....	38
2.7 CADENA PRODUCTIVA DEL BOCADILLO .....	38
2.7.1 PRODUCCIÓN DEL BOCADILLO EN VÉLEZ Y RICAURTE .....	39
2.7.2 PROCESO TRADICIONAL DE FABRICACIÓN DEL BOCADILLO <i>VELEÑO</i> .....	40
2.7.3 FORMULACIÓN .....	44
2.7.4 PROCESO DE CONCENTRACIÓN .....	45
2.8 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL SECTOR.....	48
<b>3. COCCION CON MARMITAS .....</b>	<b>52</b>
3.1 PROCESOS DE COCCION .....	52
3.1.1 PROCESOS DE COCCIÓN DE ALIMENTOS. ....	52
3.1.2 MÉTODOS DE COCCIÓN SEGÚN EL MEDIO.....	52
3.1.3 FUNCIONES DE LA COCCIÓN.....	55
3.2 COCCION CON MARMITAS. ESTADO DEL ARTE .....	56
3.2.1 PROCESO DE COCCIÓN .....	57
3.2.2 CARACTERÍSTICAS .....	57
3.2.3 BENCHMARKING DE FABRICANTES DE MARMITAS .....	62

## PROCESO DE DESARROLLO DEL PROTOTIPO DE MARMITA AUTOGENERADORA A GAS NATURAL .. 70

<b>4.</b>	<b>REQUERIMIENTOS GENERALES DE DISEÑO .....</b>	<b>70</b>
4.1	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO ORIENTADO AL USUARIO .....	70
4.2	REQUERIMIENTOS DEL PROCESO. ....	71
4.3	REQUERIMIENTOS NORMATIVIDAD TÉCNICA. ESPECIFICACIONES ASTM F1602. ....	71
4.3.1	CLASIFICACIÓN .....	72
4.3.2	MATERIALES. ....	72
4.3.3	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN .....	74
4.3.4	REQUISITOS DE DESEMPEÑO .....	76
4.4	REQUERIMIENTOS DE NORMATIVIDAD TÉCNICA. ESPECIFICACIONES CÓDIGO ASME.....	77
4.4.1	REQUERIMIENTOS DE ASME BVPC –SECCIÓN VIII –DIVISIÓN 1 –SUB-SECCIÓN A PARTE UG .....	79
4.4.2	REQUERIMIENTOS DE ASME BVPC –SECCIÓN VIII –DIVISIÓN 1 –SUB-SECCIÓN C PARTE UHA .....	80
4.4.3	REQUERIMIENTOS DE ASME BVPC –SECCIÓN VIII –DIVISIÓN 1 –SUB-SECCIÓN B –PARTE UW .....	81
4.4.5	REQUERIMIENTOS DEL APÉNDICE 19 –MARMITAS DE CHAQUETA DE VAPOR CALENTADAS ELÉCTRICAMENTE A GAS. ....	82
4.5	REQUERIMIENTOS NORMATIVIDAD TÉCNICA. ICONTEC.....	84
4.5.1	NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC4082 EQUIPOS DE COCCIÓN PARA USO COMERCIAL QUE FUNCIONAN CON GAS NATURAL. REQUISITOS DE SEGURIDAD.....	84
4.5.2	NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3765 REQUISITOS GENERALES DE SEGURIDAD PARA ARTEFACTOS A GAS DE USO DOMÉSTICO O COMERCIAL Y SU INSTALACIÓN.....	87
4.6	ESPECIFICACIONES.....	89
<b>5.</b>	<b>PROCESO DE DISEÑO DE LA MARMITA AUTOGENERADORA DE VAPOR .....</b>	<b>90</b>
5.1	DISEÑO CONCEPTUAL. COMPONENTES DE LA MARMITA .....	90
5.1.1	RECIPIENTE ( <i>KETTLE</i> ).....	90
5.1.2	CHAQUETA DE VAPOR ( <i>STEAM-JACKET</i> ) .....	91
5.1.3	CALENTADOR ( <i>HEATER</i> ) .....	94
5.1.4	PANEL DE CONTROL ( <i>CONTROL BOX</i> ).....	96
5.1.5	SOPORTES ( <i>LEGS</i> ).....	96
5.1.6	AGITADOR ( <i>MIXER</i> ) .....	97
5.2	DISEÑO BÁSICO. GENERACIÓN Y SELECCIÓN DEL CONCEPTO.....	99
5.2.1	PRIMERA ALTERNATIVA. CHAQUETA DE GASES. ....	99
5.2.2	SEGUNDA ALTERNATIVA. CÁMARA DIVIDIDA Y DOBLE PASO DE LOS GASES. ....	100
5.2.3	DISEÑO FINAL .....	101
<b>6.</b>	<b>DISEÑO DE INGENIERIA.....</b>	<b>102</b>
6.1	DISEÑO TÉRMICO.....	102
6.1.1	REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA. CÁLCULOS. ....	105
6.1.2	ESTADOS DE OPERACIÓN. ....	108
6.1.3	CÁLCULO Y SELECCIÓN DE AISLAMIENTO TÉRMICO. ....	113
6.2	DISEÑO ESTRUCTURAL.....	115

6.2.1	[UG-20] y [UG-21]. PRESIONES Y TEMPERATURAS DE DISEÑO. ....	116
6.2.2	[UG-22] CARGAS .....	117
6.2.3	[UG-23] MÁXIMO ESFUERZO PERMISIBLE [S] Y FACTOR DE SEGURIDAD. ....	118
6.2.4	[UG-25] ESPESOR POR CORROSIÓN .....	119
6.2.5	CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LAS SECCIONES DE LA MARMITA. ....	119
6.2.6	CÁLCULOS DE ESPESOR. “CONDICIÓN DE MARMITA CALIENTE” .....	122
6.2.7	CÁLCULO DE ESPESORES. CONDICIÓN DE MARMITA FRÍA. ....	126
<b>7.</b>	<b>DISEÑO DE DETALLE .....</b>	<b>131</b>
7.1	DISEÑO DE LAS CONEXIONES A TRAVÉS DEL RECIPIENTE A PRESIÓN. ....	131
7.2	DISEÑO DE LA CHIMENEA.....	133
7.3	PROCESO DE MANUFACTURA Y ENSAMBLE.....	135
7.4	SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL TREN DE GAS. ....	136
7.4.1	QUEMADORES ATMOSFÉRICOS. ....	136
7.4.2	TREN DE COMBUSTIBLE. CRITERIOS Y REQUISITOS DE DISEÑO .....	144
7.4.3	CONTROL ELECTROMECÁNICO. VÁLVULA MULTIFUNCIÓN Y TERMOSTATO. ....	145
7.4.4	VÁLVULA SIT 710 MINISIT .....	151
7.5	ELEMENTOS ADICIONALES DE CONTROL Y SEGURIDAD .....	153
7.5.1	MANÓMETRO .....	153
7.5.2	VISOR DE NIVEL .....	154
7.5.3	VÁLVULA DE SEGURIDAD .....	155
<b>8.</b>	<b>PRUEBAS DE DESEMPEÑO DE LA MARMITA AUTOGENERADORA DE VAPOR A GAS NATURAL...</b>	<b>157</b>
8.1	PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN DE EFICIENCIA DE CALENTAMIENTO, SEGÚN ASTM F1785 .....	157
8.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	169
<b>9.</b>	<b>PERSPECTIVAS.....</b>	<b>172</b>
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>178</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>180</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>181</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>185</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
FIG. 1 EMISIONES DE CARBONO FÓSIL, DESDE 1800 .....	22
FIG. 2 PARTICIPACIÓN PIB POR DEPARTAMENTOS -2007 .....	29
FIG. 3 TENDENCIA DE EMPLEO EN SANTANDER. ....	30
FIG. 4 OCUPACIÓN POR ACTIVIDAD ECONÓMICA 2009 .....	31
FIG. 5 EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS RELATIVOS DE LOS COMBUSTIBLES EN EL SECTOR INDUSTRIAL .....	34
FIG. 6 PRECIOS HISTÓRICOS DE REFERENCIA DEL GAS NATURAL GUAJIRA .....	35
FIG. 7 ACTIVIDADES PRODUCTIVAS DEL SECTOR AGROINDUSTRIAL, SANTANDER .....	36
FIG. 8 ACTIVIDADES PRODUCTIVAS DEL SECTOR INDUSTRIA, SANTANDER .....	36
FIG. 9 LAVADO Y CLASIFICACIÓN DE GUAYABAS.....	40
FIG. 10 DESPULPADORA DE GUAYABA .....	41
FIG. 11 COCCIÓN EN MARMITAS DE VAPOR DIRECTO .....	42
FIG. 12. MOLDEO DE BOCADILLO .....	42
FIG. 13 CORTE DE BOCADILLO .....	43
FIG. 14 EMPAQUE TRADICIONAL DEL BOCADILLO VELEÑO.....	43
FIG. 15 BALANCE DE MASA –INGREDIENTES PARA BOCADILLO .....	45
FIG. 16. ESQUEMA DE PRODUCCIÓN CENTRALIZADO CON CALDERA Y MARMITAS.....	49
FIG. 17. ALMACENAMIENTO DE CARBÓN Y LEÑA .....	50
FIG. 18 CALDERA DE CARBÓN.....	51
FIG. 19 MARMITA DE VAPOR DIRECTO .....	57
FIG. 20 COMPOSICIÓN TÍPICA DEL ACERO INOXIDABLES 304, SEGÚN ASTM A240 .....	74
FIG. 21 CÓDIGO ASME BPVC. PARTES APLICABLES A DISEÑO DE MARMITAS .....	80
FIG. 22 FIGURA UW-3 CATEGORÍAS A, B, C DE JUNTAS SOLDADAS.....	81
FIG. 23 SEÑALES DE LOS BOTONES PARA CONTROL DE FLUJO DE GAS. FUENTE: NTC4082 .....	85
FIG. 24 RECIPIENTE SEMIESFÉRICO. ....	90
FIG. 25 RECIPIENTE TORIESFÉRICO.....	90
FIG. 26 RECIPIENTE CILÍNDRICO DE FONDO PLANO .....	91
FIG. 27 TIPOS DE CHAQUETA. ....	92
FIG. 28 FORMAS DEL CIERRE PARA TANQUE ENCHAQUETADO .....	93
FIG. 29 TOTALMENTE ENCHAQUETADO ( <i>FULLY JACKETED</i> ).....	93
FIG. 30 CHAQUETA A 2/3 ( <i>2/3 JACKETED</i> ) .....	94

FIG. 31 ENCHAQUETADO A LA MITAD. ( <i>HALF-JACKETED</i> ).....	94
FIG. 32 MARMITA AUTOGENERADORA CON CALENTADOR ELÉCTRICO .....	94
FIG. 33 MARMITA AUTOGENERADORA CON QUEMADOR DE GAS NATURAL .....	95
FIG. 34 MARMITA AUTOGENERADORA A GAS, CON INTERCAMBIADOR PIROTUBULAR .....	96
FIG. 35 TIPOS Y ESTILOS DE MARMITAS .....	97
FIG. 36 PRIMERA ALTERNATIVA. CHAQUETA DE GASES DE COMBUSTIÓN. ....	99
FIG. 37. MARMITA AUTOGENERADORA, DISEÑO FINAL.....	101
FIG. 38 ZONAS DE OPERACIÓN EN VACÍO. ....	110
FIG. 39 ZONAS DE OPERACIÓN PARA COCCIÓN. ....	111
FIG. 40 ZONAS DE OPERACIÓN CON CHAQUETA PRESURIZADA. ....	112
FIG. 41 PORTADA ASME BOILER AND PRESURE VESSEL CODE 2010 SECCIÓN VIII DIVISIÓN 1. ....	116
FIG. 42 PARTES DEL RECIPIENTE A PRESIÓN. ....	121
FIG. 43 DIMENSIONES DE SECCIÓN CÓNICA. ....	124
FIG. 44 MONTAJE DE ELEMENTOS ROSCADOS EN RECIPIENTES A PRESIÓN. ASME UW-16 .....	132
FIG. 45. DETALLE DE LA CHIMENEA Y LAS CONEXIONES ROSCADAS. ....	134
FIG. 46 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN QUEMADOR ATMOSFÉRICO .....	137
FIG. 47 RELACIÓN ENTRE EL CALOR EXTRAÍDO, Y LA TEMPERATURA DE GASES DE CHIMENEA PARA VARIOS ÍNDICES DE EXCESO DE AIRE.....	138
FIG. 48 RELACIÓN ENTRE EL CALOR EXTRAÍDO Y LA TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO DEL AIRE PARA VARIOS INDICES DE EXCESO DE AIRE.....	138
FIG. 49 RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN, Y LA TEMPERATURA DE LLAMA .....	139
FIG. 50 QUEMADORES TIPO H .....	140
FIG. 51 QUEMADORES OVALADOS .....	140
FIG. 52 QUEMADORES TUBULARES.....	140
FIG. 53 QUEMADORES RECTANGULAR, Y DE ANILLO CIRCULAR. ....	141
FIG. 54 QUEMADOR TIPO RAMPA. ....	141
FIG. 55 QUEMADOR CIRCULAR DE MARMITAS GROEN. ....	142
FIG. 56 QUEMADOR TIPO <i>JETS</i> PARA MARMITAS GROEN ACUATUBULARES.....	142
FIG. 57 QUEMADOR TUBULAR PARA MARMITAS PIROTUBULARES .....	143
FIG. 58 MONTAJE DE QUEMADORES TUBULARES.....	144
FIG. 59 DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN DE CONTROL Y SEGURIDAD, CON VÁLVULA MULTIFUNCIÓN .....	146

FIG. 60 DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN DE ELEMENTOS DE CONTROL Y SEGURIDAD, CON VÁLVULAS INDEPENDIENTES. .....	148
FIG. 61 CORTE DE LA VÁLVULA SIT 710 MINISIT.....	152
FIG. 62 MANO-VACÚOMETRO.....	154
FIG. 63 VISOR DE NIVEL.....	154
FIG. 64 VÁLVULA DE SEGURIDAD.....	155
FIG. 65 DETALLE DEL MONTAJE DE LOS INSTRUMENTOS DE CONTROL Y SEGURIDAD.....	155
FIG. 66 VISTA DEL PANEL DE CONTROL.....	156
FIG. 67 MARMITA COMPLETAMENTE ENSAMBLADA.....	156
FIG. 68 ESQUEMA DE MONTAJE DE INSTRUMENTOS PARA PRUEBAS DE DESEMPEÑO.....	158
FIG. 69 FÁBRICA DE BOCADILLOS "LA VELEÑITA". VÉLEZ, SANTANDER.....	159
FIG. 70 EQUIPO ANALIZADOR DE GASES DE COMBUSTIÓN LANCOM.....	168
FIG. 71. COMPARACIÓN NIVELES DE EFICIENCIA.....	169
FIG. 72 ACTORES QUE POSIBILITAN LA RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA DE LA INDUSTRIA DEL BOCADILLO.....	174

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
TABLA 1 PRODUCTO INTERNO BRUTO DE SANTANDER .....	30
TABLA 2. APUESTAS PRODUCTIVAS DE SANTANDER .....	32
TABLA 3 CONSUMO DE GAS EN SANTANDER .....	33
TABLA 4. FORMULACIÓN DE INGREDIENTES PARA BOCADILLO .....	44
TABLA 5. CARACTERIZACIÓN DE LAS FÁBRICAS DE BOCADILLO EN MONQUIRÁ. ....	51
TABLA 6. COMPARACIÓN DE DESEMPEÑO ENTRE MARMITAS AUTOGENERADORAS .....	60
TABLA 7. PRINCIPALES MODELOS DE MAMITAS A GAS GROEN.....	63
TABLA 8. PRINCIPALES MODELOS DE MARMITAS A GAS CLEVELAND. ....	64
TABLA 9. PRINCIPALES MODELOS DE MARMITAS A GAS VULCAN .....	66
TABLA 10. PRINCIPALES MODELOS DE MARMITAS A GAS ELECTROLUX .....	67
TABLA 11. PRINCIPAL MODELO DE MARMITAS A GAS FAGOR .....	68
TABLA 12. PRINCIPALES MARMITAS DE FIREX .....	68
TABLA 13. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO ORIENTADO AL USUARIO. ....	70
TABLA 14. REQUERIMIENTOS GENERALES DEL PROCESO.....	71
TABLA 15 CLASIFICACIÓN DE MARMITAS SEGÚN ASTM F1602.....	72
TABLA 16. RESUMEN DE ESPECIFICACIONES PARA LA MARMITA .....	89
TABLA 17. PRINCIPALES FORMAS DE AGITADOR Y SUS APLICACIONES.....	98
TABLA 18. INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE VÉLEZ, SANTANDER. ....	102
TABLA 19. COMPOSICIÓN DE LA GUAYABA. FUENTE FAO.....	103
TABLA 20. MODELOS DE PREDICCIÓN DE CALOR ESPECÍFICO. ....	104
TABLA 21. DATOS GENERALES PARA CÁLCULOS.....	106
TABLA 22. ECUACIONES PARA CÁLCULOS.....	106
TABLA 23. PRESIONES DE OPERACIÓN, MÁXIMA PERMISIBLE Y DE DISEÑO. ....	112
TABLA 24. SELECCIÓN DE AISLAMIENTOS TÉRMICOS.....	115
TABLA 25. PRESIONES DE DISEÑO PARA CÁLCULOS ASME .....	117
TABLA 26. CARGAS DEBIDAS A LA PRESIÓN.....	118
TABLA 27. SÍMBOLOS UTILIZADOS PARA CÁLCULOS ASME .....	120
TABLA 28. CÁLCULOS DE ESPESOR MÍNIMO POR UG-27(c).....	122
TABLA 29. CÁLCULOS DE ESPESOR MÍNIMO POR UG-27 .....	123
TABLA 30. CÁLCULOS DE ESPESOR MÍNIMO POR UG-33(d). ....	123
TABLA 31. CÁLCULOS PARA ESPESOR MÍNIMO POR UG-32(g).....	124

TABLA 32. CÁLCULOS DE ESPESOR MÍNIMO POR UG-27(c).....	125
TABLA 33. CÁLCULOS DE ESPESOR MÍNIMO POR UG-27 .....	126
TABLA 34. CÁLCULOS DE ESPESOR MÍNIMO POR UG-28(c).....	127
TABLA 35. CÁLCULOS DE ESPESOR MÍNIMO POR UG-32(E).....	127
TABLA 36. CÁLCULOS DE ESPESOR MÍNIMO POR UG-33(F).....	128
TABLA 37. CÁLCULOS DE ESPESOR MÍNIMO POR UG-28(c).....	129
TABLA 38. RESUMEN DE ESPESORES, CALCULADOS POR CÓDIGO ASME .....	130
TABLA 39. CONEXIONES ROSCADAS EN LA CHAQUETA DE VAPOR .....	132
TABLA 40. DIÁMETRO INTERIOR MÍNIMO DEL CONECTOR DE EVACUACIÓN DIRECTA A TRAVÉS DE FACHADA PARA ARTEFACTOS A GAS TIPO B1, CALCULADO A CONDICIONES DEL NIVEL DEL MAR.....	133
TABLA 41. SELECCIÓN DE QUEMADORES TUBULARES PARA CALENTADORES DE PISCINA. ....	143
TABLA 42. SELECCIÓN DE VÁLVULAS DE GAS AUTOMÁTICAS MULTIFUNCIÓN .....	146
TABLA 43. SELECCIÓN DE TERMOSTATOS.....	149
TABLA 44. SELECCIÓN DE VÁLVULA DE SEGURIDAD DE LLAMA. ....	150
TABLA 45. SELECCIÓN DE VÁLVULAS INTEGRADAS. ....	150
TABLA 46. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONTROL TERMOSTATO SIT 710 .....	151
TABLA 47. CROMATOGRAFÍA GAS GUAJIRA. ENERO A JUNIO 2011 .....	160
TABLA 48. REPORTE DE EMISIONES DE LA MARMITA. ....	168

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO 1. ESPESORES ESTÁNDAR DE LÁMINAS DE ACERO.....	185
ANEXO 2. ASTM F1785 -97 (2008) STANDARD TEST METHOD FOR PERFORMANCE OF STEAM KETTLES.....	186
ANEXO 3. ASME BPVC SECCIÓN VIII DIVISIÓN I APÉNDICE OBLIGATORIO 19 .....	193
ANEXO 4. ASME BVPC SECCIÓN II – PARTE D – SUBSECCIÓN 1, TABLA 2A .....	194
ANEXO 5 ASME BPVC- SECCIÓN II, PARTE D, SUBPARTE 3, TABLA G.....	196
ANEXO 6. ASME BPVC- SECCIÓN II, PARTE D, SUBPARTE 3, TABLA HA-1 .....	197
ANEXO 7. ASME BPVC SECCIÓN VIII, DIVISIÓN I PARTE UW TABLA UW-12. ....	198
ANEXO 8. FICHA TECNICA VALVULA SIT710 .....	199
ANEXO 9 FICHA TECNICA MANO-VACUOMETRO .....	201
ANEXO 10 FICHA TECNICA. VISOR DE NIVEL.....	203
ANEXO 11 FICHA TECNICA VÁLVULA DE SEGURIDAD .....	204

## GLOSARIO

**Bocadillo de Guayaba:** Dulce semielaborado a base de pulpa de guayaba con azúcar, de consistencia gomosa y textura característica.

**Eficiencia energética:** Relación entre los resultados que se obtienen de un proceso, y la energía invertida para ello.

**Marmita:** Recipiente metálico de doble pared y fondo, que forma una chaqueta por donde circula vapor, agua u otro fluido que transmite calor al contenido del recipiente. Se utiliza para la cocción a nivel institucional, comercial, o industrial de grandes cantidades de productos alimenticios.

**Reconversión tecnológica:** Se refiere a un proceso de modernización tecnológica de las industrias. Se relaciona estrechamente con la incorporación de nuevas tecnologías a los procesos productivos de las empresas, con el objetivo de hacer más *eficientes* dichos procesos.

**Tecnología Socialmente Apropriada:** aquella tecnología que está diseñada con especial atención a los aspectos medioambientales, éticos, culturales, sociales y económicos de la comunidad a la que se dirige.

**Desarrollo Sostenible:** Modelo de desarrollo socio-económico, basado en la posibilidad de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin afectar la disponibilidad de recursos para las generaciones futuras.

**Producción más limpia:** Estrategia ambiental preventiva, para disminuir el impacto ambiental de una actividad productiva.

## RESUMEN

### TÍTULO:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MARMITA AUTOGENERADORA DE VAPOR, A GAS NATURAL, COMO ALTERNATIVA PARA LA RECONVERSION TECNOLÓGICA DE LA INDUSTRIA DEL BOCADILLO VELEÑO EN SANTANDER \*

### AUTOR:

VÍCTOR JOSÉ MANRIQUE MORENO\*\*

### PALABRAS CLAVES:

Marmita, vapor, gas natural, cocción, dulces, guayaba, reconversión tecnológica, uso racional de la energía URE.

### DESCRIPCIÓN:

La Cadena Productiva del Bocadillo de Guayaba es una de las actividades económicas más importantes de la región de Vélez, Santander (CO). En el proceso de fabricación se quema ineficiente carbón y leña en Calderas antiguas y obsoletas, para la cocción de la pulpa de guayaba en marmitas *de vapor directo*. Esta situación genera un grave problema de contaminación ambiental en la región. Frente a esto, las marmitas autogeneradoras de vapor, a gas natural son una *Tecnología Socialmente Apropiable* para la cocción a temperatura controlada (con vapor indirecto) y que además promueve el uso del gas natural como un combustible significativamente más limpio y eficiente que el carbón.

En el desarrollo de este prototipo de marmita autogeneradora se consideran los requisitos de desempeño de ASTM-F1602 para marmitas de vapor directo, eléctricas y a gas, y las reglas para diseño y construcción de recipientes a presión, de la Sección VIII División I del Código ASME de Calderas y Recipientes a Presión. Además cumple con las Normas Técnicas Colombianas -NTC aplicables para gasodomésticos comerciales. La marmita autogeneradora desarrollada presenta un muy buen desempeño energético, con una eficiencia de calentamiento de  $(53\pm 1.78)$  %, de acuerdo al procedimiento de evaluación ASTM-F1785, y constituye una innovación en cuanto a su aplicación para la industria tradicional de dulces de fruta y leche de la región.

Este proyecto fue desarrollado con el apoyo de la Corporación CDT de GAS, la Universidad Industrial de Santander y COLCIENCIAS.

---

\*Trabajo de Grado. \*\*Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Ing. Jorge Chacón. Co-director: Luis E García. Corporación CDT de Gas

## SUMMARY

### TITLE:

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A PROTOTYPE OF SELF-CONTAINED STEAM-JACKETED KETTLE, GAS-HEATED, AS ALTERNATIVE FOR CONVERSION TECHNOLOGY OF “BOCADILLO VELEÑO” CANDY-MAKING INDUSTRY IN SANTANDER\*

### AUTHOR:

VÍCTOR JOSÉ MANRIQUE MORENO\*\*

### KEY WORDS:

Self-contained, Steam-jacketed kettle, gas heated, cooking, food, energy efficiency, conversion technology, candy-making.

### DESCRIPTION:

The candy-making industry of “*Bocadillo*” of Guava is one of the most important traditional economic activities in Velez, Santander (CO). The guava is cooked with sugar in direct steam-jacketed kettles, with steam from boilers; however, the uncontrolled burning of coal for steam generation in olds and obsoletes Boilers is the cause of serious problems of local environmental contamination. The self-contained steam jacketed kettles, gas heated, are a *Socially Appropriate Technology* for indirect steam cooking, and encourage the Natural Gas as a cleaner and more efficient fuel than coal for steam generation.

This design meets the Requirements of ASTM-F1602, Standard Specification for Steam-Jacketed Kettles, Gas Heated, and the rules of ASME BPVC Section VIII Division I, for design and construction of Pressure Vessels. Also, this self-contained kettle complies with the relevant NTC standards for commercial gas-appliances. The developed prototype has relative very good energy efficiency ( $53\pm 1.78$ ) % when testing with ASTM-F1785 procedure. The application of steam-jacketed kettles for the traditional industry of fruit and milk candy-making is an important innovation for the sustainable development of this traditional industry.

This Project was developed with support of Corporation “CDT de GAS”, “Universidad Industrial de Santander” and COLCIENCIAS.

---

\* Degree Project. \*\*Faculty of Physical-mechanic Engineering. Career: Mechanical Engineering. Director: Jorge Luis Chacón Co-director: Luis García. Corporation CDT de GAS

## INTRODUCCIÓN

La industria del bocadillo Veleño es la principal Cadena Productiva de la región de Vélez -Santander. A pesar de su importancia socioeconómica, las más de 130 fábricas de bocadillo de la región enfrentan enormes barreras técnicas, económicas y culturales para incrementar la eficiencia de sus procesos. Estas situaciones limitan la posibilidad de ser más competitivos sobre un modelo de *Desarrollo Sectorial Sostenible*, esto es, sin afectar el medio ambiente ni agotar la base de recursos naturales.

El principal problema asociado a la producción de bocadillo Veleño es la contaminación generada por la combustión de carbón y leña en calderas para generar vapor que se emplea para la cocción de la guayaba en marmitas. Con este proyecto de grado se propone y valida una alternativa innovadora para el reemplazo de calderas de carbón y marmitas de vapor directo, mediante el desarrollo de un prototipo de *marmita autogeneradora de vapor, con calentamiento por gas natural*.

La marmita autogeneradora no requiere suministro de vapor desde una caldera externa, y permite la cocción a temperatura controlada (por vapor indirecto), necesaria para garantizar la calidad del producto. Además, es eficiente en el uso de la energía, y descentraliza y flexibiliza la producción al no depender de una caldera central, que generalmente es sobredimensionada y obsoleta.

En la primera parte de este Informe se documenta el contexto del problema en el marco de la industria regional santandereana, y de la *Política Nacional de Uso Racional de la Energía* y sus tendencias. (Capítulos 1 y 2). Por otra

parte, también se presenta, en el Capítulo 3, un resumen del *Estado del Arte* de la industria de marmitas autogeneradoras a nivel internacional.

En la segunda parte se documenta el proceso de desarrollo del prototipo de marmita autogeneradora de vapor a gas natural, objetivo principal de este proyecto. A partir de los requerimientos de diseño orientado al usuario, y la normatividad técnica nacional e internacional (Cap. 4), se tiene las especificaciones de diseño que permiten conceptualizar (Cap. 5) y proyectar la solución (Cap. 6 y 7). En el Capítulo 8 se documentan las pruebas de laboratorio y de campo que permitieron caracterizar el desempeño energético de la marmita.

Finalmente, en el Capítulo 9 se presentan las perspectivas para la continuidad de este proyecto, y el impulso de esta tecnología en la región.

Con el alcance de los objetivos propuestos para este Proyecto se contribuye al cumplimiento de la Misión de la Universidad, en el sentido de “*generar, adecuar y extender el conocimiento, para liderar procesos de cambio por el progreso y mejor calidad de vida de la comunidad*”. Con la promoción de Marmitas Autogeneradoras de Vapor se provee una *Tecnología Socialmente Apropriada*, teniendo en cuenta que la reconversión a Gas Natural contribuirá al *Desarrollo Sostenible Sectorial* de la industria bocadillera, con mejores condiciones de seguridad laboral y salud ocupacional para sus trabajadores.

## 1. CONTEXTO DE LA POLÍTICA NACIONAL DE USO RACIONAL DE LA ENERGÍA –URE

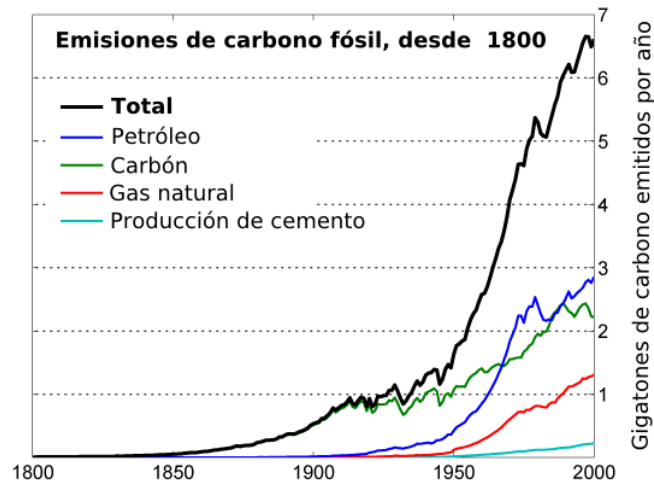
### 1.1 CALENTAMIENTO GLOBAL Y USO RACIONAL DE LA ENERGIA

El *Calentamiento Global* es un proceso de *Cambio Climático* que en los últimos siglos ha alterado la composición de la atmosfera mundial. Los procesos de Cambio Climático obedecen a diversas causas, tanto externas a la Tierra, como internas (deriva continental, la composición atmosférica, las corrientes oceánicas, el campo magnético terrestre), y más recientemente a efectos *antropogénicos*, esto es, las actividades de ser humano en el planeta.

El “*Calentamiento Global*” se manifiesta principalmente como un aumento de la temperatura promedio de la atmosfera y de los océanos, que se ha acentuado en las últimas décadas del siglo XX y primera del siglo XXI, coincidiendo con el acelerado desarrollo tecnológico de la era industrial.

La principal causa del Calentamiento Global es el *Efecto Invernadero*, fenómeno por el cual ciertos gases, como el dióxido de carbono, -CO<sub>2</sub> retienen parte de la radiación solar en la atmósfera. El Panel Intergubernamental del Cambio Climático –IPCC, en su informe 2007 sostiene que “*la mayoría de los aumentos observados en la temperatura media del globo desde la mitad del siglo XX, son muy probablemente debidos al aumento observado en las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero –GEI antropogénicas*». Según esta teoría, el efecto invernadero se ha acentuado por la mayor concentración de GEI, debida en gran parte al aumento de la población, a la deforestación, y principalmente por la quema de combustibles fósiles. La Fig. 1 relaciona el incremento exponencial de las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por combustión de combustibles fósiles, en el periodo 1800-2000.

**Fig. 1 Emisiones de Carbono Fósil, desde 1800**



Fuente: IPCC

Frente a esta alarmante situación, desde 1997 los países industrializados se comprometieron a reducir sus emisiones de GEI en el Acuerdo que se formalizó como el *Protocolo de Kioto*, con el compromiso de reducir sus emisiones durante el periodo 2008-2010, en un 5% por debajo de las emisiones de 1990. El Protocolo de Kioto plantea *Mecanismos de Desarrollo Limpio* –MDL para el alcance de las metas puntuales de reducción de GEI de los países industrializados. Los MDL permiten a los gobiernos de los países industrializados cumplir con sus cuotas de reducción de emisiones invirtiendo en proyectos que eviten que se generen a futuro estas emisiones en países en vía de desarrollo. Básicamente, existen dos tipos de proyectos para evitar que se generen a futuro estas emisiones.

- **Sustitución de combustibles fósiles** por fuentes de *Energía Renovable*, como la energía solar fotovoltaica, la solar térmica, la eólica, los biocombustibles, etc.
- **Reducción del uso de combustibles fósiles**, mediante la reconversión tecnológica que permita una gestión eficiente de la energía. Esto proyectos implican sistemas de gestión de la energía,

proyectos de cogeneración y generación distribuida, optimización de las cadenas de calor y frío, etc.

## **1.2 NORMATIVIDAD LEGAL AMBIENTAL EN COLOMBIA**

A partir de la Constitución de 1991, Colombia adoptó como modelo de desarrollo el *Desarrollo Sostenible*, entendido este “*como aquel que conduce al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar económico, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades;*”

En materia de normatividad ambiental, el primer gran paso se da en la Ley 99 de 1993, con la cual se crean el Ministerio de Medio Ambiente y se dictan los Principios generales de la Políticas Ambiental Colombiana.

En la década de los 90, Colombia ratificó la *Convención Marco de Cambio Climático* mediante la Ley 164 de 1995, y el Protocolo de Kioto mediante la Ley 629 de 2000. Pese a que Colombia, como país en vía de desarrollo, tiene una responsabilidad mínima frente a las emisiones globales de GEI, si considera que el desarrollo sostenible es estratégico para la satisfacción de las necesidades energéticas y el crecimiento económico.

Durante la última década, se han dictado diferentes normas, por una parte en materia de biodiversidad, para la protección de fauna y flora, la regulación del uso de las fuentes hídricas, protección de humedales, y en otros temas, como el manejo de residuos.

En los últimos años, se ha dado importantes avances en la consolidación de un régimen sancionatorio ambiental, en especial con la Ley 1331 de 2009 Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental, y la Resolución 909 de 2009, por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas.

### **1.3 NORMATIVIDAD LEGAL EN USO RACIONAL DE LA ENERGIA EN COLOMBIA**

Desde el año 2001, el País cuenta con una Política de *“Uso Racional y Eficiente de la Energía”* –URE, definida en la Ley 697 de 2001, con los objetivos de *“asegurar el abastecimiento energético, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales”*.

La ley 697 de 2001 determina el *Uso Racional y Eficiente de la Energía* - URE, como asunto de interés social, público y de conveniencia nacional. A la fecha se han dado importantes avances en el impulso de programas de iluminación eficiente, biocombustibles, y masificación del gas natural. En la pequeña y mediana Industria -PyMEs, la inserción de los programas URE generalmente es impulsada por la necesidad de ajustarse a la normatividad en materia de emisiones, pero se dificulta por la diversidad de actores y actividades industriales, los distintos niveles de tecnología, los altos costos iniciales asociados a los programas de reconversión tecnológica y optimización, y por los mismo hábitos de consumo de las empresas. (PRÍAS, 2009)

### 1.3.1 Plan Energético Nacional –PEN 2006-2025.

El PEN es un documento elaborado periódicamente por la UPME. Plantea una *“serie de estrategias a tener en cuenta en el desarrollo de la política energética, con una visión de largo plazo, a fin de asegurar el abastecimiento energético, sin desconocer los beneficios de la autosuficiencia, avanzar en la integración regional, consolidar los mercados energéticos, propiciar la formación e precios eficientes y generar desarrollo local alrededor del suministro de energía para los sectores marginales y las zonas no interconectadas”*.

El PEN 2006-2025 tiene un Objetivo Central, cinco objetivos principales y 5 temas transversales. El URE y la promoción de Fuentes No Convencionales de Energía - FNCE constituyen uno de los Temas Transversales del Plan.

Los objetivos y los temas transversales son:

- **Objetivo Central:** Maximizar la contribución del Sector Energético al desarrollo sostenible del País
- **Objetivo Principal 1:** Asegurar la disponibilidad y el pleno abastecimiento de los recursos energéticos para atender la demanda nacional y garantizar la sostenibilidad del sector energético en el largo plazo
- **Objetivo Principal 2:** Consolidar la Integración Energética Regional
- **Objetivo Principal 3:** Consolidar esquemas de competencia en los mercados
- **Objetivo Principal 4:** Formación de precios de mercado de los energéticos que aseguren competitividad
- **Objetivo Principal 5:** Maximizar cobertura con desarrollo local

- **Tema Transversal 1:** Fuentes no Convencionales – FNCE y Uso Racional de la Energía - URE
- **Tema Transversal 2:** Medio ambiente y salud pública
- **Tema Transversal 3:** Ciencia y tecnología
- **Tema Transversal 4:** Marco institucional y normativo
- **Tema Transversal 5:** Información, promoción y capacitación

El Tema Transversal No. 1 URE-FNCE está dividido de acuerdo a Sectores (Comercial, Residencial, Oficial, Transporte e Industrial). Para el sector Industrial, se definen las siguientes Programas Estratégicos:

- Programa de *gestión integral de la energía*.
- Programa de *optimización del uso de la energía eléctrica*
- Programa de *cogeneración para el sector industrial*,
- Programa de *actualización tecnológica en iluminación*
- Programa de *optimización de los procesos de combustión*

### **1.3.2 PROURE Visión 2010-2025.**

Mediante la Resolución 180919 del 01 de junio de 2010, se adoptó el **Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía no Convencionales, PROURE**, donde se definen sus objetivos, programas y subprogramas.

Se proponen seis Programas Estratégicos Prioritarios (PE), fundamentales para la consolidación de las condiciones de inicio, estructuración y ejecución de los programas sectoriales prioritarios, estos son:

- **PE-1.** Fortalecimiento institucional y creación de una entidad responsable para la promoción de la Eficiencia Energética en Colombia
- **PE-2.** Acuerdos y compromisos
- **PE-3.** Educación y fortalecimiento de capacidades en Investigación desarrollo tecnológico e innovación y gestión del conocimiento
- **PE-4.** Identificación de fuentes de financiación y desarrollo de una estrategia financiera para el desarrollo de programas y proyectos.
- **PE-5.** Normalización, certificación, etiquetado y reglamentación técnica
- **PE-6.** Identificación de potenciales, definición de indicadores globales y específicos.

Los Programas Sectoriales identificados como prioritarios, tanto por su grado de avance, e impacto en el corto plazo son:

- Sustitución por bombillería eficiente en el sector residencial, comercial e industrial y sistemas de iluminación en edificios públicos
- Gestión integral de la energía con énfasis en buenas practicas
- Optimización del uso de la energía eléctrica para fuerza motriz
- Cogeneración para el sector industrial con prioridad en el desarrollo de un marco normativo adecuado
- Optimización de los procesos de combustión
- Programa de optimización del uso de calderas
- Cocción: Propuesta de hornillas eficientes
- Subprograma uso racional y eficiente de la energía en Pymes

### **1.3.3 Normatividad Legal URE sobre Eficiencia Energética en los Procesos de Combustión Industrial**

La revisión de la normatividad vigente indica que es prácticamente nula la normatividad legal para promover los proyectos PROURE para la optimización de procesos de combustión en el sector industrial. Existen

barreras técnicas, económicas e institucionales que dificultan la promoción de proyectos PROURE de optimización de combustión.

#### **1.3.4 Uso Racional de la Energía en el Sector Industrial.**

El sector industrial está conformado por distintos sectores económicos, que involucran diferentes procesos, y diferentes usos y necesidades de energía. El consumo energético del sector Industrial se concentra en el carbón, seguido del gas natural y la biomasa. En las grandes empresas, la necesidad de renovación tecnológica por causa de la competitividad ha favorecido la rápida penetración de tecnologías energéticamente eficientes y la reducción de los consumos específicos de energía.

Sin embargo, las Pymes del sector Industrial enfrentan obstáculos técnicos y económicos para la implementación de proyectos de optimización energética, ya que no están en condiciones de asumir el riesgo financiero asociado a las inversiones necesarias. Esta situación se complica con barreras institucionales, pues desde el gobierno se tiene la percepción de que las señales del mercado y las tarifas de los combustibles son mecanismos suficientes para el direccionamiento hacia el Desarrollo Sostenible de la Industria. (PRÍAS, 2009)

Colombia dispone de lineamientos para el desarrollo de proyectos URE donde se definen los subprogramas que hacen parte del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás formas de energía no convencionales, PROURE. Sin embargo, los avances concretos en cuanto a una efectiva implementación de medidas, proyectos e inversiones tendientes a lograr una disminución de los consumos energéticos específicos, han sido escasos en relación al potencial existente.

## 2. CONTEXTO SOCIAL Y ECONOMICO DE LA INDUSTRIA DEL BOCADILLO EN VELEZ SANTANDER

### 2.1 INTRODUCCIÓN. CARACTERIZACIÓN DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER

**Caracterización General.** Santander es la cuarta economía del país, con un participación en el Producto Interno Bruto –PIB nacional de 6% a 2007, con un crecimiento del 8.1% respecto al año anterior.

Fig. 2 Participación PIB por departamentos -2007



Fuente: Cámara de Comercio de Bucaramanga

Dos indicadores claves de la economía del departamento, son el **Producto Interno Bruto –PBI**, y el **índice de desempleo**. El PIB es el valor monetario total de la producción corriente de bienes y servicios del departamento, evaluado generalmente en periodos anuales. La Tabla 1 presenta la distribución del PIB en Santander, la cual refleja la dinámica y relevancia de sus sectores productivos.

Por otra parte, la tasa de desempleo representa la proporción entre el total de la gente desempleada y el total de la población "económicamente activa". La

Fig. 3 muestra la tendencia de la Población ocupada en Santander, durante la última década.

**Tabla 1 Producto Interno Bruto de Santander**

**PRODUCTO INTERNO BRUTO DE SANTANDER**

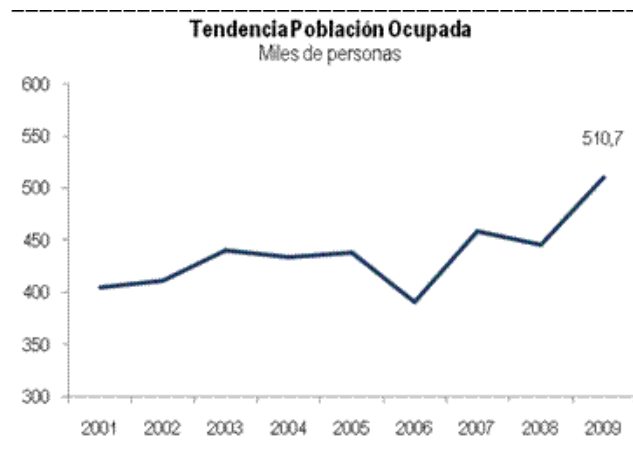
ACTIVIDADES	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Variación % 2006-2007
<1> <a href="#">Servicios</a>	3.738	3.860	3.937	3.988	4.100	4.304	4.604	4.884	6,1
<2> <a href="#">Industria</a>	2.104	2.148	2.170	2.104	2.482	2.719	2.831	3.076	8,6
<3> <a href="#">Agropecuaria</a>	1.060	997	1.065	1.196	1.246	1.294	1.273	1.227	-3,6
<4> <a href="#">Construcción</a>	938	629	712	821	869	844	924	1.124	21,7
<5> <a href="#">Comercio</a>	740	1.108	1.087	1.244	1.298	1.512	1.618	1.746	7,9
<6> <a href="#">Transporte</a>	565	643	709	717	733	821	906	1.000	10,3
<7> <a href="#">Serv. públicos</a>	334	212	210	208	188	201	213	226	5,9
<8> <a href="#">Minería</a>	207	315	308	298	300	317	340	351	3,1
Subtotal Valor Agregado	9.686	9.912	10.197	10.576	11.215	12.012	12.710	13.635	7,3
Derechos e impuestos	1.781	1.897	1.915	1.907	2.151	2.437	2.582	2.898	12,2
<b>PIB TOTAL DEPARTAMENTAL</b>		<b>11.809</b>	<b>12.112</b>	<b>12.484</b>	<b>13.366</b>	<b>14.459</b>	<b>15.483</b>	<b>16.532</b>	<b>7,1</b>

Fuente: Dane - Valor agregado según actividad económica.

Cifras en miles de millones de pesos a precios constantes de 2000

**Fuente: DANE**

**Fig. 3 Tendencia de Empleo en Santander.**



**Fuente: Cámara de Comercio de Bucaramanga**

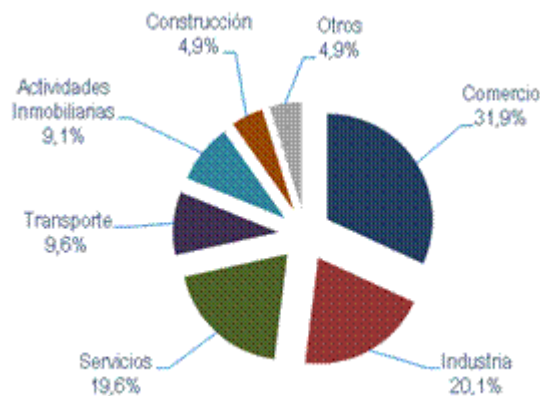
Si bien Bucaramanga durante los últimos años (2009) se había posicionado como la ciudad con la tasa de ocupación más alta del país, con el 63,2%, durante el trimestre febrero-abril, la desocupación fue de 11,6%, frente a

12,2% de igual periodo de 2010. En los últimos 12 meses, el desempleo alcanzó 11,5% frente al 12,1% del mismo periodo del año pasado.

El número de desocupados en todo el país pasó de 2.668 en abril de 2010 a 2.470 en el mismo mes de 2011, con una variación negativa de 7,4 %.

La distribución del empleo por actividad económica, (como se ve en la Fig. 4) muestra la importancia del Sector Comercio, seguido por el Sector Industrial y el de Servicios, dentro de la matriz económica del departamento.

**Fig. 4 Ocupación por Actividad Económica 2009**



**Fuente: Cámara de Comercio de Bucaramanga.**

La *Agenda de Competitividad de Santander* define las Apuestas Productivas del departamento, a partir de su vocación productiva y sus fortalezas geográficas (ubicación, climas, suelos etc.) La Tabla 2 presenta las actividades priorizadas en la Agenda de Competitividad.

**Tabla 2. Apuestas Productivas de Santander**

<b>Sector</b>	<b>Productos o Actividades</b>	
1. Agroindustria	Sistemas Agroforestales	Cacao
		Palma de Aceite
		Caña y Alcoholes Carburantes
		Frutales
		Forestales
		Caucho
2. Minería y Energía	Oro y Carbón	
	Generación de Energía Eléctrica	
	Combustibles: Hidrocarburos (petróleo y gas) y Biocombustibles	
3. Industria	Prendas de vestir	
4. Servicios	Turismo	
	Salud	
	Educación – Tecnologías de Información y Comunicación	
	Creación del Parque Tecnológico de innovación y Emprendimiento en TICs de Santander, Parquetés. Desarrollo de la Informática, las tecnologías de la Información, comunicación y aprendizaje.	

**Fuente: Agenda de Competitividad - Santander**

## **2.2 EL SECTOR INDUSTRIAL**

Las actividades económicas de mayor importancia en el departamento están alrededor del Sector Servicios. La Industria, en el segundo renglón, ha venido incrementando su peso, pues del 2006 al 2007 aumento en 8.6% su participación en el PIB, pero con una gran influencia de la refinación de Petróleo. A marzo de 2010 existen en Santander más de 6300 empresas en el sector de Industria manufacturera en general, para un incremento de 2,4 % respecto a marzo de 2009.

La dinámica de crecimiento de la industria en Santander se basa en el apoyo del gobierno a la creación de MiPyMEs. Durante el periodo 2002-2010, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo entregó recursos por \$7.718 millones para impulsar nuevos emprendimientos empresariales en el departamento de Santander a través del Fondo Colombiano de Modernización y Desarrollo Tecnológico de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas –FOMIPYME. Estos recursos han beneficiado a empresarios de sectores como joyería, alimentos, calzado, minería, confecciones y textil. <sup>2</sup>

### 2.3 CONSUMO DE GAS NATURAL EN SANTANDER

El consumo de gas natural en el sector Industrial de Santander registra un leve descenso en el último año, después de la fuerte caída del periodo 2008-2009 (8.6%), atribuible principalmente a la racionalización debida al Fenómeno del Niño de 2009, y la desaceleración de la Industria en el marco de la crisis económica mundial de 2008.

Tabla 3 Consumo de Gas en Santander

CONSUMO DE GAS EN SANTANDER			
Actividad	Marzo 2009	Marzo 2010	Variación %
Residencial	375.574	330.873	-11,9
Comercial	147.133	134.092	-8,9
Industrial	288.134	286.312	-0,6
Vehicular	340.324	262.040	-23,0
<b>Total</b>	<b>1.151.165</b>	<b>1.013.317</b>	<b>-12,0</b>

Fuente: GASORIENTE - Año corrido -  
Miles de pies cúbicos

A pesar de sus bondades, el gas natural sigue teniendo la percepción de ser un combustible relativamente costoso, frente a sus principales sustitutos, el

<sup>2</sup> Revista DINERO. Artículo en línea. Publicado 04/26/2010.

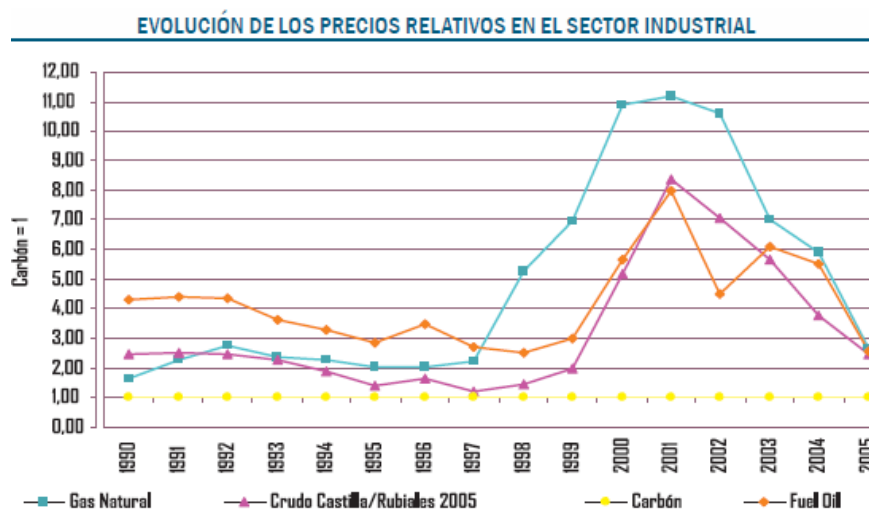
carbón y los combustibles líquidos. La anterior Tabla 3 muestra la variación de precios del gas natural para la Industria en los últimos años.

## 2.4 PRECIOS DEL GAS NATURAL

El Gas Natural entro tardíamente en Colombia, y compite con mayores costos de transacción que otros energéticos, como el carbón y los combustibles líquidos en la Industria. En la Fig. 5 se observa que antes del *Plan de Masificación del Gas*, el gas natural tenía precios similares al crudo de *castilla*, pero desde 1997 hasta 2001 tuvo un gran incremento, como resultado de la adecuación de los precios a los costos de producción.

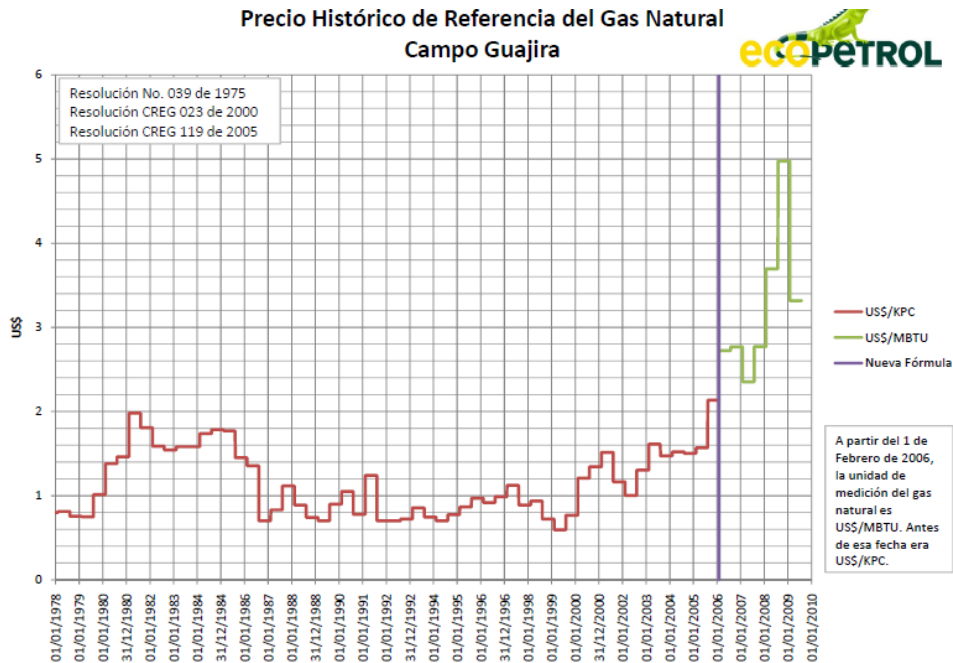
A pesar de la relativa estabilización de los precios del Gas Natural, la tendencia de los precios de referencia para el Gas Natural de La Guajira, muestra una tendencia al alza especialmente desde el 2002. (PEN2006). Este incremento en los costos puede relacionarse con la disminución del consumo en los últimos años (Ver Fig. 6)

Fig. 5 Evolución de los Precios Relativos de los combustibles en el Sector Industrial



Fuente: Plan Energético Nacional 2006-2015

Fig. 6 Precios Históricos de Referencia del Gas Natural Guajira



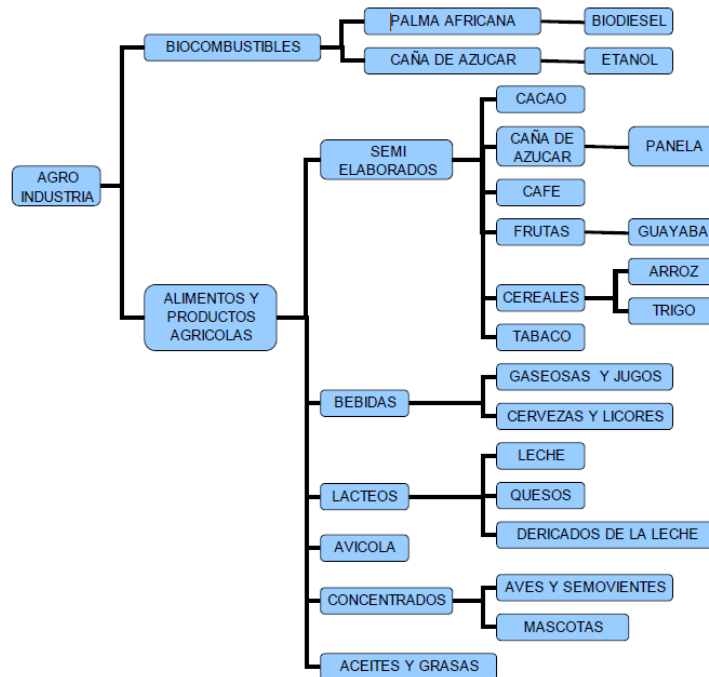
Fuente: ECOPETROL

## 2.5 PROCESOS PRODUCTIVOS CON NECESIDAD DE APOYO EN MATERIA DE ENERGÍA Y FLUIDOS

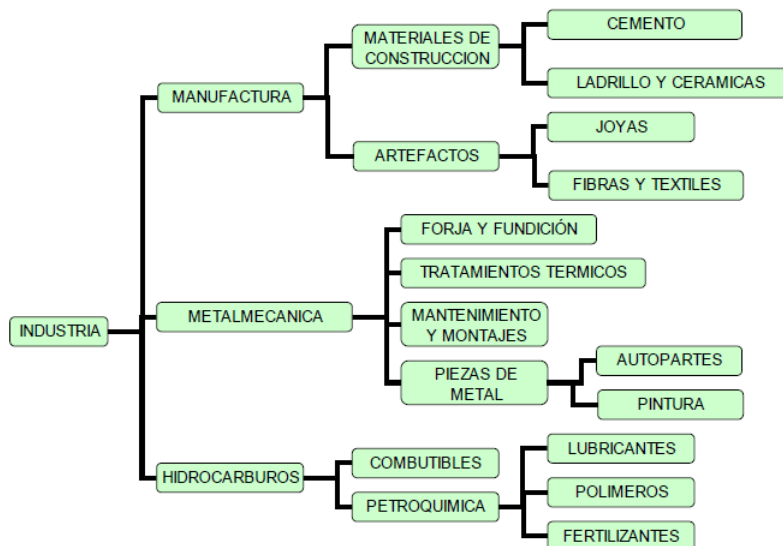
En el año 2008, la Corporación CDT de Gas realizó un Estudio de Necesidades en materia de Fluidos y Energía del Sector Industrial de Santander. Este análisis permitió identificar los sectores que poseen una alta demanda energética en sus procesos, principalmente del sector agroindustrial (Ver Fig. 7) e industrial (manufactura, metalmecánica, hidrocarburos). (Ver Fig. 8). Dentro del **Sector Agroindustrial y Alimentos** se identificaron necesidades en materia de energía y fluidos en la Cadena Productiva del **Bocadillo Veleño**, y en la de **la Panela**, actividades de gran importancia en el contexto socioeconómico de la Región. Además, estos

sectores, son los que tiene las mayores barreras culturales, económicas e institucionales para la penetración de tecnologías energéticamente eficientes.

**Fig. 7 Actividades Productivas del Sector Agroindustrial, Santander**  
**Fuente: CDT. Estudio de Necesidades Regionales en Fluidos y Energía**



**Fig. 8 Actividades Productivas del Sector Industria, Santander**  
**Fuente: CDT. Estudio de Necesidades Regionales en Fluidos y Energía**



Después de este análisis se priorizó la Cadena Productiva de la Guayaba, y su principal industria derivada: el Bocado *Veleño*, debido a que para la producción de Panela se utiliza principalmente el *bagazo de la caña*, que es un subproducto del proceso, y que además es un adecuado biocombustible para la generación de energía térmica en este proceso.

## **2.6 CADENA PRODUCTIVA DE LA GUAYABA EN VÉLEZ, SANTANDER.**

La guayaba es una fruta comestible, redonda o en forma de pera, entre 3 a 10-12cm de diámetro. Tiene una corteza delgada y delicada, color verde pálido a amarillo, rosado o rojo según la especie, y pulpa de color rosado, con muchas semillas amarillas.

La mayor producción de guayaba en Colombia se encuentra en Santander con un aporte del 33% a la producción nacional, seguida de Tolima con un aporte del 18% y por Boyacá con un 14%. Aunque Santander es el mayor productor, los departamentos de Meta, Córdoba, Boyacá y Cundinamarca presentan mayor productividad, al obtener una mayor producción por área cultivada. A pesar de su importancia socioeconómica, el cultivo y la agroindustria de la guayaba presentan aún un marcado atraso tecnológico que afecta su competitividad en los mercados y se refleja en bajos rendimientos del cultivo, altos costos de producción, deficiencias de calidad y en la inestabilidad de la oferta y los precios de la fruta y sus productos procesados. (CORPOICA, 2003)

### **2.6.1 Producción de Guayaba en las Provincias de Vélez y Ricaurte**

Las fincas están ubicadas en un rango de altitud de 1.650 a 1.900 m sobre el nivel del mar, con un área media de 6,31ha, lo cual en la región permite catalogarlas como pequeños predios. En promedio se dedican 3,13ha a la producción de guayaba, lo cual representa cerca de la mitad del área total de la fincas. La densidad de población de árboles, promedio es de 383 árboles/ha, un promedio de 1.200 árboles de guayabo por finca. Guavatá presenta un valor significativamente superior, mientras que los municipios de Barbosa y Vélez presentan un promedio demasiado bajo. El cultivo de guayaba en la región es predominantemente de tipo silvestre, solo el 5,6% de los productores ha realizado algún establecimiento sistemático de los huertos.

La producción de guayaba se estima aproximadamente en 81.800 ton anuales. De este total, cerca de 25.500ton se destinan a la fabricación del bocadillo en la región y el restante 69% para el mercado de la fruta hacia otras regiones del país.

### **2.7 CADENA PRODUCTIVA DEL BOCADILLO**

El bocadillo de guayaba es una conserva que se obtiene por la cocción de una mezcla de pulpa de guayaba y azúcar blanca o de panela, hasta obtener un producto de aspecto sólido y de sabor muy dulce, el cual generalmente se corta en trozos de forma rectangular para su venta y consumo.

### **2.7.1 Producción del Bocado en Vélez y Ricaurte <sup>3</sup>**

La producción del bocado se estima en 35.000 ton/año para una valoración de COP21.000 millones. En el país existen alrededor de 241 fábricas que vinculan aproximadamente 8.500 personas y generan 4.000 empleos permanentes. De las más de 130 fábricas de bocado que existen en la región, el 67% se ubican en las cabeceras municipales, las otras se ubican en áreas rurales de los municipios. El 53% de estas empresa tiene más de 20 años de formadas. La producción del bocado en la región es estacional, en función de los periodos de cosecha de la guayaba, aprovechando los precios bajos. Durante el periodo de escasez de guayaba, que en la región comprende los meses de mayo a septiembre, muchas fábricas paran y otras continúan funcionando, mediante la compra de guayaba proveniente de otras regiones del país, especialmente de Tolima, Huila y Cundinamarca. El volumen comprado de esta guayaba representa entre el 10-15% de la guayaba total consumida.

En la región de Vélez y Ricaurte actualmente se producen alrededor de 24300ton al año de bocado de guayaba; de este total cerca del 60% se concentra en el municipio de Vélez, el 22% en Barbosa con tendencia a incrementar su participación, y el 18% en Moniquirá y Guavatá, con tendencia a disminuir su participación, por la significativa reducción del número de fábricas. El 42% de las fábricas son pequeñas con nivel de producción menor a 100ton de bocado al año y cubren el 15% del mercado, el 61% del mercado lo cubren el 30% de empresas con producción anual mayor de 250ton de bocado.

---

<sup>3</sup> Documento ACUERDO REGIONAL PARA LA COMPETITIVIDAD. –AGENDA PROSPECTIVA DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE LA PROVINCIA DE VELEZ. –MESA GESTORA “CADENA PRODUCTIVA DE LA GUAYABA Y SU INDUSTRIA DE LOS DEPARTAMENTOS DE SANTANDER Y BOYACA” Barbosa, Santander -2007

Al igual que el cacao o ciertos cafés en Colombia, el bocadillo *Veleño* busca denominación de origen. Esa certificación calificaría a ese producto típico de Santander como único en el mundo, lo que lo llevaría a estar en los mercados externos como una muestra de lo exótico. Y eso a su vez podría generar que su valor se eleve entre un 5% y 15% por primas adicionales.<sup>4</sup>

## 2.7.2 Proceso tradicional de fabricación del Bocadillo *Veleño*

### A. Lavado y Clasificación.

Una vez recibida la fruta, se clasifica según su tamaño y estado de madurez, para proceder a lavarla de forma manual con agua potable.

**Fig. 9 Lavado y Clasificación de Guayabas**



Fuente: [BocsLigth.blogspot.com](http://BocsLigth.blogspot.com) 1

### B. Pre-cocción.

Este proceso, conocido como *escaldado*, consiste en someter la fruta a un calentamiento corto y posterior enfriamiento, con lo que la fruta se

---

<sup>4</sup> Vanguardia Liberal. Artículo "Bocadillo veleño, tras certificación de origen" Enero 7 de 2010.

ablanda, varia ligeramente su sabor y color, y se elimina parte de los microorganismo que puedan estar presentes en la corteza. El escaldado se realiza por inmersión de la fruta en marmitas o en ollas con agua caliente, a presión atmosférica, durante un par de minutos.

### **C. Despulpe**

Mediante una despulpadora se separa la semilla de la pulpa, y se obtienen dos sub-productos: pulpa de guayaba, y una mezcla de semilla y cáscara. Generalmente se tienen rendimientos de 70%-80% de pulpa/bocadillo. La semilla sobrante se utiliza como alimento para aves, y en algunos casos, como combustible para las calderas.

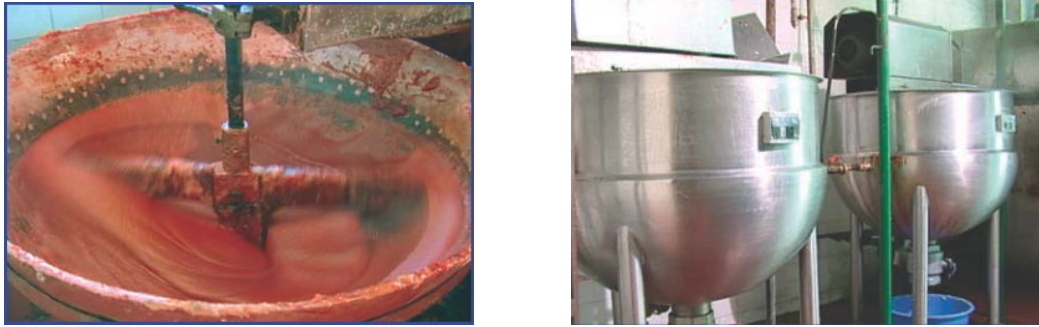
**Fig. 10 Despulpadora de Guayaba**



### **D. Cocción /Evaporación**

La pulpa de guayaba se lleva a marmitas de acero inoxidable, o a pailas de cobre, para someterlo a un proceso térmico de evaporación, con adicción de azúcar, hasta que alcance una concentración de sólidos de 75°Bx. La evaporación se hace a presión atmosférica, y con agitación constante.

**Fig. 11 Cocción en Marmitas de Vapor directo**



### **E. Moldeo**

Una vez se alcanza la concentración de sólidos deseada, el dulce caliente se vierte en moldes de madera y se deja enfriar hasta que alcance la temperatura ambiente. Generalmente se intercalan varias capas de dulce de guayaba roja, y de guayaba blanca, o dulces de leche (*arequipe*) u otros sabores en un mismo molde, para obtener bocadillos combinados.

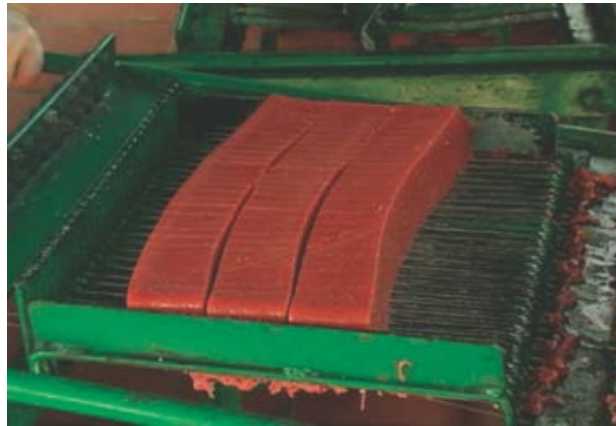


**Fig. 12. Moldeo de Bocadillo**

## F. Corte

Cuando el bocadillo se enfría y adquiere su consistencia final, se corta y desmolda en diferentes tamaños según su presentación final. (Ver Fig. 13)

**Fig. 13 Corte de Bocadillo**



## G. Empaque

El bocadillo cortado se empaque. El empaque tradicional se realiza en hoja de *bijao*, para el producto individual, y en cajitas de madera. (Ver Fig. 14) Recientemente también se utiliza empaques plásticos y cajas de cartón.



**Fig. 14 Empaque tradicional del Bocadillo Veleño**

### 2.7.3 Formulación

Para obtener una formulación de bocadillo se deben conocer las características de cada uno de los ingredientes, y del producto final. La siguiente Tabla presenta un ejemplo, a partir de los reportes del curso en línea “*Transformación y Conservación de Frutas*” que ofrece el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, ICTA de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, dentro del Programa *Universidad Virtual*.

**Tabla 4. Formulación de Ingredientes para Bocadillo**

<b>Ingredientes</b>	<b>Masa (kg)</b>	<b>Brix</b>	<b>Sólidos Solubles (g)</b>
Pulpa de Guayaba	60	10	6.0
Jarabe	4.9	70	3.4
Azúcar (Sacarosa)	65.5	100	65.5
Ácido Cítrico	0.45	32	0.1
Total Inicial	131	43.5	57.7
Agua a evaporar	31	-	-
Total Final	100	75	75

<sup>o</sup>Brix= g-sacarosa/g-solución (concentración de sólidos solubles)

Fuente: Universidad Nacional de Colombia –UNAL. ICTA. Camacho G. Memorias del Curso sobre Procesamiento de Frutas y Hortalizas. Bogotá, 1986

Para obtener 100 kg de bocadillo de guayaba de 75°Bx finales, con 60% de pulpa, de óptimas características sensoriales, se parte de guayaba con un rendimiento en pulpa del 70%, y 10°Bx. Con estas especificaciones, se describe la formulación básica de ingredientes. Los cálculos se resumen en la Tabla 4, que permite hacer un balance de masa antes y después de obtenido el bocadillo, el cual se resume en el diagrama *Sankey* de la Fig. 15.

Fig. 15 Balance de masa –Ingredientes para Bocadillo



Fuente: Autor.

#### 2.7.4 Proceso de Concentración

La elaboración de bocadillo y otro tipo de conservas similares requiere procesos de concentración mediante la aplicación de calor debido a las siguientes razones:

- Obtener una distribución homogénea de los ingredientes.
- Conservar el producto al inactivar enzimas y eliminación de microorganismos, presentes en las materias primas, principalmente en las frutas.
- Concentrar suficientemente el producto por evaporación de agua.
- *Desairear* el producto, obteniendo una masa de mejor apariencia, y para aumentar la estabilidad química (disminuir la oxidación de los componentes del color y el sabor).

El proceso de preparación, mezcla y concentración de ingredientes para la obtención de bocadillo de cualquier fruta se realiza de la siguiente manera:

- Establecer la cantidad y características del producto final que se planea preparar.
- Obtener y caracterizar [°Bx, pH y contenido de pectina] la pulpa de fruta disponible.
- Calcular la cantidad de pulpa, azúcares, ácido y pectina (opcional) necesarios.
- Mezclar toda la pulpa y el azúcar necesarios para obtener una masa con menos de 18°Bx. Cálculos: (SS pulpa de 18Bx) - (SS pulpa de 10°Bx) = g de sacarosa que se pueden agregar.
- Mezclar la cantidad de pectina que se necesita adicionar con la cantidad de sacarosa que le hace falta a la pulpa de 18°Bx para llegar a 20°Bx.
- Preparar la cantidad de ácido requerido para llevar la masa de bocadillo a un pH de 3.6-3.7.
- Calentar la pulpa de 18°Bx hasta cerca de 60°C-70°C
- Agregar la mezcla azúcar-pectina a la pulpa de 18°Bx lentamente y con agitación, así se aumenta la garantía de disolver toda la pectina.
- Evaporar vigorosamente la masa de pulpa-azúcar-pectina hasta alcanzar cerca de los 30°Bx.
- Adicionar lentamente y con agitación el resto de azúcares calculado (sacarosa y glucosa o jarabe invertido).
- Determinar los Brix y si no ha alcanzado los 75°Bx, calentar con cuidado hasta alcanzarlos.
- Agregar la solución de ácido con la agitación vigorosa que garantice su distribución homogénea.
- Ratificar los 75°Bx finales.
- Servir en los recipientes preparados para la gelificación final.
- Luego de 16 horas de reposo en un ambiente fresco, higiénico y seco, pesar y retirar las lonjas de bocadillo de los recipientes y proceder a cortar en trozos establecidos por la empresa.
- Empacar en películas adecuadas u otro material escogido que garantice higiene, barrera contra la humedad y facilidad de manejo.
- Realizar un control de calidad sobre todo en su textura de pasta cortable y en sus características de sabor y color.

**Precauciones.** La exposición prolongada a altas temperaturas durante las operaciones de cocción y llenado debe ser prevenida, ya que el calor tiene los siguientes efectos indeseables:

- Pérdidas de aroma y sabor
- Pérdidas de color
- Inversión de la sacarosa y reacciones de oscurecimiento.

Los tratamientos térmicos deben ser lo suficientes para asegurar la estabilidad y razonable homogenización de ingredientes, sin embargo, se debe cuidar de no exponer el bocado a temperaturas muy altas, durante demasiado tiempo. El azúcar se debe agregar a la pulpa de fruta lo antes posible del calentamiento para prevenir una degradación intensa de los componentes del aroma, sabor y color. La operación de concentración generalmente se efectúa en una marmita abierta y ojala en el menor tiempo posible. La evaporación necesaria tiene lugar a temperaturas superiores a los 94 °C en Vélez, a la cual se logra inactivar enzimas de forma suficiente, obtener una razonable homogenización de ingredientes y estabilizar microbiológicamente el bocado.

### **Medición de grados *Brix*.**

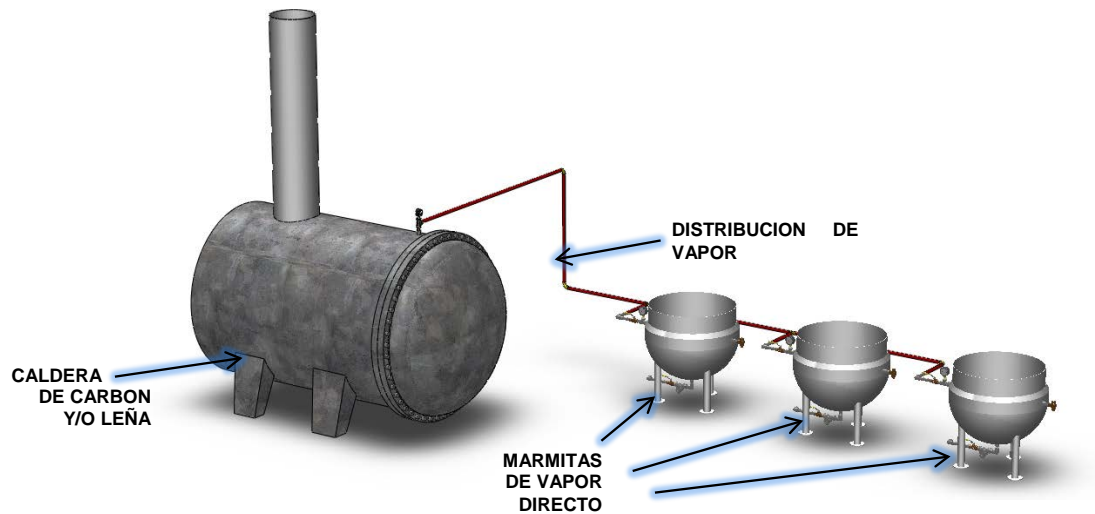
La medición de los grados Brix [°Bx] es una operación crítica para alcanzar correctamente el punto final de la elaboración. Esta medición se puede hacer con ayuda de una jeringa plástica de 5 ml para tomar la muestra, un vaso con mezcla agua hielo para bajar rápidamente la temperatura a 20 °C de la masa caliente, papel absorbente (higiénico) y el refractómetro de escala 50-85% o 0-85%. Los pasos para la medida de *Brix* son:

- Se suspende el suministro de calor a la marmita.
- Se toma una muestra de masa en la jeringa expandiendo el émbolo lentamente para que entre suficiente masa, 2 a 3 g.
- Se sumerge la jeringa en agua-hielo.
- Luego de un par de minutos, se seca la humedad exterior de la jeringa con el papel absorbente.
- Se oprime el émbolo para descartar cerca de 0.5 g de masa que pudo estar en contacto con el agua-hielo.
- Se coloca el resto de masa de la jeringa en el prisma limpio y seco del refractómetro.
- Se cubre el prisma y se lee el valor de *Brix*.
- Si no se han alcanzado los 75°Bx, se continúa el suministro de calor a la marmita y se repita la secuencia de medición
- A medida que se aproxima a 75°Bx, la variación de estos °Bx es más rápida.

## 2.8 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL SECTOR.

Después de realizar visitas de campo a varias fábricas de bocadillo, se pudo evidenciar las siguientes características comunes a la mayoría de las fábricas:

- El esquema de generación de calor es **centralizado**, es decir, en una caldera principal se obtiene vapor saturado entre 50-70psi. Este vapor se distribuye por tuberías hacia las marmitas, y es regulado con válvulas. Las marmitas operan entre 20-30psi. Algunas fábricas recuperan el líquido condensado, que puede ser almacenado en un tanque, o conducido de nuevo a la caldera mediante bombas. Este esquema centralizado se puede visualizar en la Fig. 16.



**Fig. 16. Esquema de producción centralizado con caldera y marmitas**

- Estas calderas son Piro-tubulares, y por lo general son calderas re-adequadas y/o re-potenciadas a partir de calderas dadas de baja en otros sectores, o de antiguas locomotoras de vapor. (ver Fig. 18)
- Principalmente se utiliza combustibles sólidos: carbón y leña de arrayán. Ocasionalmente, también se utiliza las semillas de guayaba (subproducto del proceso) como combustible, y otros elementos, como llantas usadas. Estos combustibles se almacenan a la intemperie, (ver Fig. 17) y se queman en condiciones de humedad y granulometría que no garantizan la mejor eficiencia de la combustión.



**Fig. 17. Almacenamiento de Carbón y leña**

- En general, la mayoría de las fábricas desconocen el desempeño energético real de la caldera, y no realizan ajuste de la combustión
- Las tuberías de distribución de vapor por lo general no se encuentran aisladas. El control de la caldera (suministro de combustible, suministro de agua, regulación del tiro, control de presión, etc.) se realiza manual. Ninguna fábrica emplea medidas de Final de tubo para monitorear, o reducir sus emisiones.
- La mayoría de las calderas están sobredimensionadas para las demandas reales de vapor para el proceso. Un estudio<sup>5</sup> realizado en 2006 muestra las discrepancias entre la capacidad instalada de la caldera, y la producción obtenida. Por ejemplo, existen fábricas operan con una caldera del doble de capacidad instalada respecto a otras fábricas de similar producción. (Ver Tabla 5)

---

<sup>5</sup> UIS-Ingeniería Química. BURGOS Natalia y ZARATE Karen. Proyecto de Grado: DISEÑO CONCEPTUAL DEL PROCESO PRODUCTIVO DE DULCES DE GUAYABA UTILIZANDO GAS NATURAL EN EL MUNICIPIO DE MONQUIRÁ. Bucaramanga, 2006

**Tabla 5. Caracterización de las Fábricas de Bocadillo en Monquirá.**

Nombre	Pailas	Tipo de caldera	Capacidad caldera (Bhp)	Mantenimiento correctivo	Años uso	Adquisición
La Selección	4	Pirotubular	30	Cada dos años	25	De segunda
San Fernando	4	Pirotubular	30	Cada año	6	Nueva
La Calidad	4	Pirotubular	30	Cada año	25	De segunda
Doña Guayaba	4	Pirotubular	12	Cada seis meses	50	De segunda
La Campana	3	Pirotubular	15	Cada año	20	De segunda
Guayabetal	10	Pirotubular	60	Cada año	15	Nueva
JN	5	Pirotubular	40	Cada año	8	De segunda
El Cóndor	4	Pirotubular	30	Cada año	10	De segunda
La Ricaurte	3	Pirotubular	15	Cada año	3	De segunda



**Fig. 18 Caldera de Carbón.**

### **3. COCCION CON MARMITAS**

#### **3.1 PROCESOS DE COCCION**

Como parte del proceso de diseño de un equipo para cocción de alimentos, es necesario en primer lugar conocer el contexto de las técnicas de cocción, los medios empleados y los efectos que la cocción tiene en los alimentos. A continuación se presenta un breve resumen donde se exponen las formas más comunes de cocción<sup>6</sup>.

##### **3.1.1 Procesos de cocción de alimentos.**

La cocción es un proceso culinario para la transformación de los alimentos mediante el suministro de calor, con el objetivo de hacerlos más apetitosos y digeribles, para eliminar patógenos y favorecer su conservación. Algunos alimentos como frutas y verduras pueden comerse crudas, sin embargo la mayoría de alimentos se cocinan.

##### **3.1.2 Métodos de cocción según el medio.**

###### **A. COCCIÓN EN MEDIO ACUOSO**

Es la forma de cocción más común para la mayoría de alimentos, tanto de origen vegetal como animal. Dado que el punto de ebullición del agua es de 100°C, en general la cocción en medio *acuoso* ocurre a esta temperatura, y permite conservar la humedad del alimento y sus nutrientes en el líquido en que se cuece.

---

<sup>6</sup> MARTINEZ, Graciela. **Iniciación en las técnicas culinarias**. 2da Ed. Editorial LIMUSA, 2002 y AGUIRRE, Rafael. **Conceptos Básicos Sobre Cocina**. Editorial LIMUSA, 1994.

- **Hervir:** Consiste en la inmersión en un líquido que, o ya está o se lleva a ebullición.
- **Escaldar:** Consiste en dar un hervor rápido e intenso por corto tiempo.
- **Pochar:** Consiste en cocinar lentamente en un líquido sin llegar a hervir.
- **Cocción al vapor indirecto:** Consiste en cocinar en un recipiente de doble pared, por la cual circula vapor u otro fluido térmico, de esta manera se obtiene un mejor control de la temperatura a diferencia de cuando se cocina a fuego directo.
- **Cocción al vapor directo:** Domésticamente se realiza mediante dos recipientes: uno, que se sitúa en la parte inferior, es el que posee el agua en ebullición. El otro, que tiene el fondo agujereado, se coloca encima. Con esta técnica, usada principalmente con las verduras, se logra conservar las vitaminas y minerales hidrosolubles.
- **Cocción en olla a presión:** Es una variedad de la primera técnica. Permite cocer a temperaturas superiores a los 100°C en un recipiente hermético a presión. Gracias a ese aumento de temperatura y de presión se consigue reducir los tiempos a una tercera parte de los habituales, con resultados en muchos casos similares.
- **Olla de cocción lenta.** La cocción lenta se ha realizado en la elaboración de cocidos mediante olla de barro. Es empleada en el cocinado a baja temperatura.
- **Escalfar.** Consiste en introducir un alimento en agua hirviendo para poder retirar la piel del mismo sin que haya una cocción interna
- **Concentración.** Consiste en cocinar a fuego lento, durante un tiempo prolongado para disminuir el contenido de humedad del alimento.

## B. COCCIÓN EN MEDIO GRASO

Se realiza en aceite o grasa. Normalmente se alcanzan temperaturas más altas que la cocción en medio *acuoso*. Dado que el punto de ebullición de los aceites es mucho más alto que el del agua, los alimentos se cocinan a temperaturas más altas, pudiendo llegar a los 200°C.

- **Freír:** Es el proceso de sumergir un alimento en grasa caliente.
- **Sofreír:** Se denomina así una fritura a temperatura baja, durante un tiempo largo y con una cantidad escasa de aceite (cubrir el fondo de la sartén).
- **Saltear:** Es una fritura también con poco aceite pero a temperaturas más altas y durante poco tiempo. Las sartenes de saltear tienen los laterales inclinados de forma que sea posible lanzar el contenido al aire y volverlo a recoger con un golpe de muñeca.
- **Confitar:** Es un procedimiento de cocción sumergido en un medio grasoso a baja temperatura (de 60° a 90°), por un período de tiempo largo. De esta manera se consigue que las grasas del elemento se fundan en la grasa de cocción y los jugos se queden dentro del mismo, conservándolo más jugoso.
- **Dorar:** Consiste en darle un tono dorado al alimento.

## C. COCCIÓN EN MEDIO AÉREO

En este caso la cocción se produce por el contacto directo con la llama o la fuente de calor (barbacoa, parrilla, debajo de cenizas...) o en un medio de calor seco como lo es el horno.

- **En parrilla (o barbacoa):** Consiste en asar el alimento sobre las brasas, en ocasiones sobre las llamas, de algún tipo de madera o carbón vegetal.

- **Al horno:** Consiste en someter a un alimento a la acción del calor sin mediación de ningún elemento líquido. Las carnes y pescados, sobre todo, se suelen untar en aceite para favorecer la dispersión del calor.
- **Papillot.** Esta técnica consiste en encerrar lo que se va a asar en una hoja de papel engrasado o de aluminio, de forma que se haga en el interior, sin pérdida de líquidos.
- **Asado en cenizas o bajo tierra:** Es una variación del asado a la sal. Se envuelve bien el alimento, junto con diversos condimentos, para que no se manche y en el caso de las cenizas, simplemente se colocarían en su interior mientras éstas están calientes. En el caso de hacerlo bajo tierra, una vez cubierto de tierra se prepararía una hoguera encima.

#### **D. COCCIÓN AL VACÍO**

Es una técnica de cocción reciente y solamente está a disposición de cocinas profesionales debido a la complejidad del equipamiento y de la técnica requerida. Suele ir acompañada de otras técnicas que permitan un dorado exterior del producto antes de comenzar con el proceso de cocción al vacío. Con este método, se obtiene un control preciso de la temperatura.

##### **3.1.3 Funciones de la cocción**

La principal función por la que se realiza la cocción es para modificar los alimentos con el fin de hacerlos más apetecibles. Para esto, se deben dar una serie de particularidades que hacen que el alimento sea agradable a los sentidos.

- **Modificación de los componentes**

Mediante la cocción se modifican los componentes físicos y bioquímicos del alimento, mediante uno o varios de estos procesos: ablandamiento, coagulación, hinchamiento o disolución

- **Transformación externa del producto**

Mediante la cocción se modifica externamente ciertos tipos de alimentos. Las dos transformaciones que se pueden producir son:

- **Coloración:** se produce en los gratinados, asados, glaseados.
- **Hinchamiento:** Como el que ocurre en panes, *souflés*, bollería...
- **Reducción** o extracción de los jugos y principios nutritivos

- **Desarrollo del sabor y el aroma**

En general la cocción desarrolla los sabores, aunque es posible que en algunos casos se atenúen, sobre todo con sabores ácidos y amargos.

- **Destrucción de elementos nocivos**

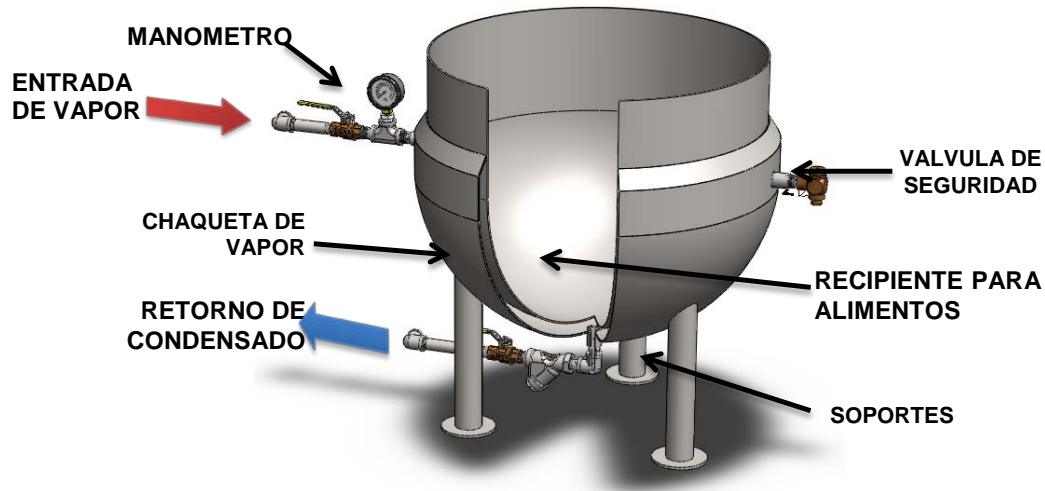
Gracias al calor se consigue la destrucción de prácticamente todos los agentes causales de enfermedades que se encuentran en los alimentos crudos.

### **3.2 COCCION CON MARMITAS. Estado del Arte**

La marmita es un equipo para la cocción de alimentos. Básicamente consiste en un recipiente metálico, de doble pared o “camisa” que permite circular vapor. Esta “camisa” de vapor normalmente se extiende desde la parte inferior de la marmita hasta dos tercios de la distancia hasta el borde. La

circulación de vapor en el interior de la chaqueta proporciona un calor uniforme sobre el contenido de la marmita. La presión del vapor, que pueden ser 1-50 psig (7-345kPa), determina la temperatura máxima de la marmita.

Fig. 19 Marmita de Vapor Directo



### 3.2.1 Proceso de cocción

Las marmitas cocinan por **conducción**: el calor pasa directamente de la pared de la marmita a la comida. Dependiendo de la presión del vapor en la chaqueta, la temperatura máxima de la marmita puede ser de 100-150°C. Algunas tienen conexiones adicionales en la chaqueta para agua fría, lo que permite que realizar procesos de pasteurización, por ejemplo.

### 3.2.2 Características

#### A. Material.

Las marmitas se fabrican en *Acero Inoxidable*, por su resistencia a la corrosión, de acuerdo a los requerimientos de la Norma ASTM F1602 y F1603. Debido a que el acero 304 tiene una excelente resistencia a la corrosión, se utiliza para todas las partes de la marmita. Sin embargo, por su

mayor contenido de Níquel y la presencia de Molibdeno, el acero 316 tiene una mayor resistencia a la corrosión, por lo que se emplea más para construir el contenedor de los alimentos de la marmita.

### **B. Acabados**

Generalmente, el interior de la marmita tiene un acabado pulido espejo de calidad sanitaria, para evitar que los alimentos se peguen o incrusten en la rugosidad del material. El exterior tiene un acabado satinado brillante para facilitar la limpieza y el buen aspecto.

### **C. Funcionamiento**

Todas las marmitas utilizan vapor dentro de la “camisa”, el cual se condensa en la pared de la marmita transfiriéndole el calor al interior de la marmita. La fuente del vapor cambia, y básicamente hay dos posibilidades: de vapor directo (desde una caldera) o Autogeneradora.

- **Vapor directo:** El vapor se suministra directamente desde una Caldera. El vapor se conduce a través de tuberías, y se regula con válvulas para controlar el flujo y la presión. Esta forma de funcionamiento simplifica el diseño de la marmita, pero complica la instalación y el mantenimiento de las instalaciones.
- **Autogeneradora:** La marmita Autogeneradora es un sistema de vapor cerrado. La chaqueta está llena de agua y el calor se suministra mediante resistencias eléctricas o un quemador de gas contenido en la base de la marmita. Esto complica el diseño y aumenta los costos de fabricación de la marmita, pero elimina la necesidad de la Caldera, y sus equipos adicionales como tratamiento de agua, tuberías de distribución de vapor y

retorno de condensado. El mantenimiento de la chaqueta de vapor es simple: en ocasiones requiere de venteo de aire o recarga del agua.

#### **D. Tipo**

**Inclinable.** Las marmitas inclinables simplifican la tarea de vaciar una gran cantidad de alimento. Estas marmitas están disponibles hasta 100 gal (380 L), en todas las configuraciones de fuente de vapor y estilo de montaje. Generalmente la marmita se inclina con una rueda manual, pero en algunos casos se utiliza un motor-reductor eléctrico. La marmita se contrabalancea de manera que pueda detenerse y permanecer estable en cualquier posición, ya sea inclinada. También pueden tener un vertedero en el borde para facilitar el vaciado.

**Inmóvil o fija.** Estas marmitas no se pueden inclinar, pero generalmente vienen equipadas con una válvula de extracción tangente al fondo de la marmita. Las marmitas de vapor más grandes, entre 100 y 200 gal (380 y 760 L) de capacidad, sólo están disponibles como modelos fijos.

#### **E. Estilo**

Independiente del estilo y de su funcionamiento, las marmitas se pueden montar de diferentes formas: de piso (en pedestal o en patas), de pared, y *de sobremesa*.

Las marmitas pequeñas, menos de 10gal (40L) de capacidad, generalmente están disponibles en modelos de *sobremesa*. Estas marmitas pueden ser eléctricas, a gas o de vapor directo, y generalmente son inclinables. Las marmitas de montaje en piso pueden ser desde 10 hasta 200 gal (40 a 800L), de vapor directo o autogeneradora, inclinable o fija. La marmita puede estar montada en un pedestal, en patas, o *cabinada* (estilo de gabinete).

## F. Control

Los controles de la marmita son generalmente simples. Consiste típicamente de un interruptor de encendido y un selector de la temperatura. Los controles también incluyen un termostato, manómetro, visor del nivel de agua, control de encendido/apagado y variador de velocidad del agitador.

## G. Desempeño

La norma ASTM F1785 (2008) establece los *Métodos estándar para las pruebas de desempeño en marmitas de vapor*. Los parámetros de desempeño más importantes son:

- Potencia máxima
- Eficiencia energética de calentamiento
- Capacidad de producción.
- Potencia a fuego lento.
- Consumo de energía a fuego lento

## H. Eficiencia.

Las marmitas autogeneradoras eléctricas tienen la mayor eficiencia, del orden de 85-90%. Las marmitas a gas tienen eficiencias más bajas, entre 40%-60% en función del tamaño y del diseño.

**Tabla 6. Comparación de Desempeño entre marmitas autogeneradoras**

<b>Parámetro</b>	<b>Elect. –10gal</b>	<b>Gas –10gal</b>	<b>Gas – 40gal</b>
Consumo máximo de Energía (kBTU/h)	35	55	203
Eficiencia de Calentamiento (%)	87	39	54
Capacidad de Producción (gal/h)	41	29	131
Consumo a fuego lento (kBTU/h)	3	7	9

**Fuente: Food Service Technology Center.**

**Nota: Las marmitas de 10gal eléctrica, y a gas son modelos de sobremesa volcable. La marmita de 40gal es tipo volcable.**

## I. Potencia específica por volumen

Para las marmitas autogeneradoras de vapor, el suministro de potencia depende de la entrega que hace el quemador o la resistencia eléctrica, además de la eficiencia térmica en la transferencia de calor. En general, la potencia específica está en el intervalo de 120watt/litro hasta 380watt/litro. Las marmitas más pequeñas (de 12gal/45l hasta 40gal/150l) tienen una entrega de potencia del orden de 90k-140kBTU/h (26-41kW), relativamente más grandes en relación a su capacidad. Por encima de los 60gal (225l) y hasta los 150gal se encuentra que tienen la misma entrega absoluta de potencia, del orden de 135-190kBTU/h (40-55kW)

## Normas Internacionales

- **ASTM F1602 -07** Norma de especificaciones para marmitas, de 20 a 200gal montaje de piso o mesa, de vapor directo, calentamiento eléctrico o gas.
- **ASTM F1603 -07** Norma de especificaciones para marmitas de 32oz a 20gal fijas e inclinables; de vapor directo, calentamiento eléctrico o gas.
- **ASTM F1785 -97(2008)** Métodos estándar para pruebas de desempeño en marmitas de vapor.
- **British Standards BS EN 13886:2005.** Maquinaria para el procesamiento de alimentos. Marmitas equipadas con agitadores o mezcladores. Requisitos de seguridad e higiene.
- **European Normalization EN 203-2-3:2005** Equipo de cocina a gas. Parte 2-3. Requerimientos específicos para Marmitas
- **ANSI Z83.11** Esta publicación representa una norma básica para una operación segura, construcción sólida y duradera, y un rendimiento

aceptable del equipo de servicio de alimentos que utiliza gas combustible

### **3.2.3 Benchmarking de Fabricantes de Marmitas**

El *benchmarking* es un proceso sistemático de evaluación comparativa de productos, servicios y procesos en organizaciones, con el propósito de identificar y transferir y apropiar las mejores prácticas disponibles. A continuación se presenta un listado de los principales fabricantes de marmitas a nivel internacional, con sus últimos desarrollos e innovaciones en tecnologías de marmitas autogeneradoras.

#### **FABRICANTES AMERICANOS**

##### **A. UNIFIEDBRANDS –GROEN**

UNIFIEDBRANDS es una empresa líder en la industria de equipos para servicio de alimentos que incluye cuatro líneas de productos líderes en la industria; GROEN, RANDELL, AVTEC y A LA CART. Con estas marcas, la compañía fabrica y comercializa equipos de cocción, de refrigeración y ventilación, además de soluciones personalizadas de fabricación, sistemas de entrega de comidas, sistemas de transporte y sistemas de cocción de alimentos. Los mercados primarios de *UnifiedBrands* son las industrias de Restaurants comerciales, así como las aplicaciones institucionales como hospitales, colegios y universidades, prisiones y escuelas.<sup>7</sup>

Desde su creación en 1907, GROEN ha desarrollado una sólida reputación por su innovación y calidad. Originalmente, la empresa producía marmitas de cobre de alta calidad, y recipientes a presión para procesos industriales.

---

<sup>7</sup> Tomado de: [www.unifiedbrads.com](http://www.unifiedbrads.com)

Cuando el cobre escaseó durante la Segunda Guerra Mundial, GROEN desarrolló la marmita de acero inoxidable con camisa de vapor que revolucionó la industria. En la década de 1960, GROEN introdujo la freidoras inclinables, seguidas del primer horno combinado industrial, diseñado y construido en los EE.UU. Hoy, GROEN ofrece una amplia variedad de opciones en el área de cocina comercial, con productos que continúan innovando y progresando, ganando año tras años premios de “Mejor en su Clase”

**Tabla 7. Principales modelos de Mamitas a gas GROEN.**

	<p><b>Línea DH</b>  <b>Tamaño:</b> 20, 40, 60gal  <b>Tipo:</b> Volcable  <b>Clase:</b> Autogeneradora a Gas  <b>Material:</b> Acero Inox. 316  <b>Eficiencia:</b> 62% a 65%  <b>Potencia:</b>  20gal =72000BTU/h  40gal=100000BTU/h,  60gal=150000BTU/h</p>
	<p><b>Línea AH</b>  <b>Tamaño:</b> 20, 40, 60, 80, 100gal  <b>Tipo:</b> Fija  <b>Clase:</b> Autogeneradora a Gas  <b>Material:</b> Acero Inox. 316  <b>Eficiencia:</b> 62% a 65%  <b>Potencia:</b> de 85000BTU/h a 145000BTU/h</p>

## B. LEVELAND RANGE<sup>8</sup>

*Cleveland Range*, es un fabricante y diseñador de equipos de cocción al vapor. La oferta de productos actuales incluye vaporizadores, hornos de convección, marmitas, freidoras y hornos especiales. Cleveland es el fabricante especializado en el diseño y fabricación de equipos de cocción al vapor. Cleveland cuenta con el Centro de Desarrollo *Manitowoc Foodservice* en Tampa, Florida., que le permite a Cleveland hacer frente a aplicaciones especiales, desde el Diseño, la Investigación y el Desarrollo. Para el control de calidad y fabricación, cada planta es operada de forma independiente. Las plantas están ubicadas en Cleveland –Ohio y Concord –Canadá.

**Tabla 8. Principales modelos de marmitas a gas CLEVELAND.**

	<p><b>Modelo KGL -40TSH</b> <b>Tamaño:</b> 20, 40, 60, 80, 100gal <b>Tipo:</b> Volcable <b>Estilo:</b> De piso con soportes <b>Clase:</b> Autogeneradora a Gas <b>Material:</b> Acero Inox. 304 <b>Eficiencia:</b> 62% a 65% <b>Potencia:</b> 140000BTU/h</p>
--	---

---

<sup>8</sup> Sitio Web: <http://www.clevelandrange.com>

	<p><b>Modelo KGL 25TH</b>  <b>Tamaño:</b> 25gal  <b>Tipo:</b> Volcable  <b>Estilo:</b> De piso con soportes  <b>Clase:</b> Autogeneradora a Gas  <b>Material:</b> Acero Inox. 304  <b>Eficiencia:</b> 65%  <b>Potencia:</b> 90000BTU/h  <b>Quemador</b> atmosférico  Intercambiador de calor Piro tubular.</p>
	<p><b>Modelo MKGL-T</b>  <b>Tamaño:</b> 40, 60, 80, 100gal  <b>Tipo:</b> Volcable  <b>Estilo:</b> De piso con soportes  <b>Clase:</b> Autogeneradora a Gas  <b>Material:</b> Acero Inox. 304  <b>Eficiencia:</b> 65%  <b>Potencia:</b> 140000 a 190000BTU/h  <b>Quemador:</b> Aire forzado.  Incluye agitador con sistema motriz hidráulico.</p>

### C. VULCAN EQUIPMENT<sup>9</sup>

Por más de 130 años, VULCAN ha sido reconocido por *Chefs* y operadores a través del mundo por la alta calidad y eficiencia energética de sus equipos para cocción comercial, que constantemente produce espectaculares resultados. La Compañía fue fundada en 1865 en Louisville, Kentucky donde

<sup>9</sup> Sitio Web: <http://www.vulcanequipment.com>

fabricaban estufas y otros productos. Más tarde, se convertiría en “*HART MANUFACTURING COMPANY*”

El nombre de VULCAN apareció en 1890, con la formación de “*VULCAN GAS HEATING COMPANY*”. A lo largo del siglo 20, las dos compañías crecieron y continuaron sacando nuevos productos. En 1949, nació VULCAN-HART cuando HART adquirió la marca VULCAN y su línea de productos. La nueva compañía expandió su línea de productos, a través de adquisiciones, e investigación y desarrollo.

**Tabla 9. Principales modelos de marmitas a gas VULCAN**

 <p>Model GL40E</p>	<p><b>Modelo GL40E</b>  <b>Tamaño:</b>40 a 150gal  <b>Tipo:</b> Fija  <b>Estilo:</b> De piso con soportes  <b>Clase:</b> Autogeneradora a Gas  <b>Material:</b> Acero Inox. 304  <b>Eficiencia:</b>  <b>Potencia:</b> 105000 a 135000BTU/h</p>
	<p><b>Modelo VL40E</b>  <b>Tamaño:</b>40 a 150gal  <b>Tipo:</b> Fija  <b>Estilo:</b> De piso con soportes  <b>Clase:</b> Autogeneradora a Gas  <b>Material:</b> Acero Inox. 304  <b>Eficiencia:</b>  <b>Potencia:</b> 105000 a 135000BTU/h</p>

## D. ELECTROLUX<sup>10</sup>

Tabla 10. Principales modelos de Marmitas a Gas ELECTROLUX

 A stainless steel industrial boiling pan with a large lid, mounted on a base with control panels on the sides.	<p><b>Thermaline Boiling Pan C90</b></p> <p><b>Tamaño:</b>60 a 150gal <b>Tipo:</b> Volcable <b>Estilo:</b> De montaje en piso <b>Clase:</b> Autogeneradora a Gas <b>Material:</b> Acero Inox. 304 y 316 <b>Eficiencia:</b> <b>Potencia:</b> 50000 a 90000BTU/h</p>
 A stainless steel industrial boiling pan with a large lid, mounted on a base with control panels on the sides, designed for wall mounting.	<p><b>Thermaline Boiling Wall Mounted</b></p> <p><b>Tamaño:</b>60 a 150gal <b>Estilo:</b> De montaje en pared. <b>Tipo:</b> Volcable, montaje en pared. <b>Clase:</b> Autogeneradora a Gas <b>Material:</b> Acero Inox. 304 y 316 <b>Eficiencia:</b> <b>Potencia:</b> 50000 a 90000BTU/h</p>

<sup>10</sup> Sitio Web: <http://tools.professional.electrolux.com>

## FABRICANTES EUROPEOS

### A. FAGOR (España)

Tabla 11. Principal modelo de Marmitas a gas FAGOR

<p><b>FAGOR MG9-10</b></p>  A stainless steel gas boiler with a large lid on top, control knobs on the front left, and a tap on the front right. It stands on four legs.	<p><b>Tipo:</b> Fija <b>Estilo:</b> Cabina <b>Clase:</b> B. Autogeneradora a gas <b>Material:</b> acero Inoxidable 316 <b>Capacidad:</b> 100litros <b>Quemador</b> en acero inoxidable, <b>Eficiencia:</b> No reporta <b>Potencia:</b> 17,8kW</p>
---	---

### B. FIREX (Italia)<sup>11</sup>

Tabla 12. Principales Marmitas de FIREX

<p><b>FIREX CUCIMIX –Major Line</b></p>  A stainless steel gas boiler with a large lid that is open, mounted on a stand with four casters. It has a control panel on the right side.	<p><b>Material:</b> Acero inoxidable 304. <b>Tipo:</b> Volcable. Estilo: De montaje en piso <b>Tamaño:</b> 82litros <b>Potencia:</b> 13,5kW <b>Eficiencia:</b> No reporta Calentamiento realizado por quemadores tubulares de alto rendimiento en acero inoxidable. Regulación electrónica de la temperatura, entre 20°C y 200°C</p>
---	--

<sup>11</sup> Sitio Web: <http://www.firex.it>

<p><b>FIREX BASKETT –Major Line</b></p> 	<p><b>Material:</b> Acero inoxidable 316  <b>Tipo:</b> Volcable.  <b>Estilo:</b> De montaje en piso  <b>Tamaño:</b> 70 a 500litros  <b>Potencia:</b> 18 a 50kW  <b>Eficiencia:</b> No reporta  Calentamiento realizado por quemadores tubulares de alto rendimiento en acero inoxidable. Regulación electrónica de la temperatura.</p>
<p><b>FIREX EASYPAN –Medium Line</b></p> 	<p><b>Material:</b> Acero inoxidable 316  <b>Tipo:</b> Fija  Estilo: De montaje en piso  <b>Tamaño:</b> 100 a 500litros  <b>Potencia:</b> 30 a 60kW  <b>Eficiencia:</b> No reporta  Calentamiento realizado por quemadores tubulares de alto rendimiento en acero inoxidable. Regulación electrónica de la temperatura.</p>

**PROCESO DE DESARROLLO DEL PROTOTIPO DE MARMITA  
AUTOGENERADORA A GAS NATURAL**

**4. REQUERIMIENTOS GENERALES DE DISEÑO**

**4.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO ORIENTADO AL USUARIO**

A continuación se listan los requerimientos generales, basados en los criterios de *X-bilidad* orientados al usuario y al proceso.

**Tabla 13. Requerimientos de Diseño orientado al usuario.**

<b>Marmita Autogeneradora de Vapor</b>		
<b>Criterio</b>	<b>Requerimiento General</b>	<b>Consideraciones para el Diseño</b>
<b>Eficiencia</b>	La marmita es eficiente	La eficiencia de la marmita es de 53%
<b>Seguridad</b>	La operación de la marmita es segura.	La marmita tiene válvula limitadora de presión, y válvula de gas con supervisión de llama.
<b>Utilidad</b>	La marmita es útil.	La marmita es útil para la cocción de dulces de fruta a temperatura controlada. El producto no se pega ni quema en la superficie del recipiente.
<b>Mantenibilidad</b>	Los componentes son accesibles para mantenimiento y limpieza.	Los elementos de control están ubicados en un panel, y son accesibles para limpieza y mantenimiento.
<b>Autonomía</b>	La marmita es autónoma.	La marmita opera autónomamente, requiere un mínimo de supervisión.
<b>Sustentabilidad</b>	La fabricación de marmitas es sustentable con el medio ambiente.	La marmita opera eficientemente con un combustible fósil relativamente limpio. La marmita es reciclable al final de su vida útil.
<b>Economía</b>	La marmita es económica en su operación	La eficiencia de la marmita le permite ser relativamente económica en su operación.
<b>Higiene</b>	La marmita es higiénica, no contamina al alimento con sabores, olores o partículas.	La marmita está fabricada en acero inoxidable acabado satinado, que no desprende herrumbre
<b>Estética</b>	La marmita es agradable a la vista.	La marmita consiste en un módulo compacto, de material brillante. Los elementos de control y el quemador están ocultos a la vista

## 4.2 REQUERIMIENTOS DEL PROCESO.

El proceso de fabricación del bocadillo veleño consiste en la cocción a temperatura controlada de la pulpa de guayaba y azúcar, para su homogenización y evaporación hasta obtener una concentración de sólidos de 75°Bx<sup>12</sup>, que le permita solidificar en moldes y obtener su textura y consistencia característicos.

Tabla 14. Requerimientos Generales del Proceso.

Requerimientos Generales del Proceso	
Proceso	Cocción para la concentración de sólidos a 75°Bx
Producto	Mezcla de pulpa de bocadillo y azúcar.
Densidad del Producto	1240kg/m <sup>3</sup>
Calor específico del Producto	4019J/kg*K
Máxima temperatura de cocción	94°C
Máximo Tiempo de cocción	49min

## 4.3 REQUERIMIENTOS NORMATIVIDAD TÉCNICA. ESPECIFICACIONES ASTM F1602.

Las especificaciones para la marmita se extraen de la Norma *“Especificaciones Estándar para Marmitas de vapor de 75.7lt a 757lt, de montaje en piso o en pared; de vapor directo o Autogeneradora eléctrica o a gas”* [ASTM F-1602]

---

<sup>12</sup> Grados Brix [°Bx]: medida de la concentración de azúcar (sacarosa) en una solución.

### 4.3.1 Clasificación

La clasificación se hace por cinco criterios, que tienen en cuenta el tamaño de la marmita, el estilo de montaje, la presión de operación, la fuente de energía, y si es fija o volcable.

**Tabla 15 Clasificación de Marmitas según ASTM F1602**

CLASIFICACION ASTM F1602			
<b>Tipo</b>			
<b>Tipo I Fija</b>	✓	<b>Tipo II</b>	Volcable
<b>Tamaño</b>			
<b>20gal (75.7L)</b>	✓	<b>80gal (302.8L)</b>	
<b>25gal (94.6L)</b>		<b>100gal (378.5L)</b>	
<b>30gal (113.6L)</b>		<b>125gal (472.1L)</b>	
<b>40gal (151.4L)</b>		<b>150gal (567.8L)</b>	
<b>60gal (227.2L)</b>		<b>200gal (757.0L)</b>	
<b>Grado</b>			
<b>Grado 1 (15-25psig)</b>		<b>Grado 3 (50-90psig)</b>	
<b>Grado 2 (25-50psig)</b>	✓		
<b>Estilo</b>			
<b>Estilo 1 De pedestal</b>		<b>Estilo 3 Pared</b>	
<b>Estilo 2 Soportes</b>	✓	<b>Estilo 4 Cabina</b>	
<b>Clase</b>			
<b>Clase A Fuente de vapor directo</b>		<b>Clase B Autogeneradora Gas</b>	✓
<b>Clase C Autogeneradora Eléctrica</b>			

### 4.3.2 Materiales.

La norma ASTM F1602 establece las siguientes alternativas para la selección de los materiales con que se fabrica la Marmita Autogeneradora de Vapor.

Para el Recipiente.

- ASTM A-167 Grado 316
- ASTM A-167 Grado 316L
- ASTM A-240/A-240M Grado 304
- ASTM A-240/A-240M Grado 304L

Para la Chaqueta de Vapor

- ASTM A-167 Grado 316
- ASTM A-167 Grado 316L
- ASTM A-240/A-240M Grado 304
- ASTM A-240/A-240M Grado 304L

Para partes en contacto con productos de la combustión.

- ASTM A-285
- ASTM A-516/516M
- ASTM A-167 Grado 302
- ASTM A-240/A-240M Grado 304

Para el Exterior

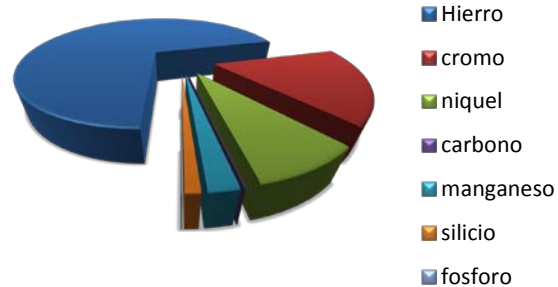
- ASTM A-240/A-240M Grado 304
- ASTM A-240/A-240M Grado 304L
- ASTM A-76 Grado 430
- ASTM A-167 Grado 316

Para la Marmita Autogeneradora de Vapor, se elige como material el Acero Inoxidable **ASTM A-240/A-240M Grado 304**, dado que es el Acero Inoxidable más común en la Industria metalmecánica local, y tiene una buena relación calidad/precio que lo hacen ideal para aplicaciones alimenticias. La Fig. 20 presenta la composición típica del Acero Inoxidable 304.

**Fig. 20 Composición típica del Acero Inoxidables 304, según ASTM A240**

**Composición Típica del Acero  
Inoxidable 304**

- **Cromo** 18,0-20,0%
- **Níquel** 8,0-10,5%
- **Carbono** 0,08%
- **Manganeso** 2,0%
- **Silicio** 1,0%
- **Fosforo** 0,045%
- **Azufre** 0,030%



Fuente: ASTM A204

### 4.3.3 Diseño y Construcción

**General.** La marmita se debe entregar ensamblada y lista para conectar a las fuentes de vapor, gas, agua, o electricidad según aplique. La altura de la marmita no debe exceder 1219mm [44in] para marmitas de 75,7l a 151,4l [20-40gal]. Si la marmita tiene válvula de extracción, la distancia desde el piso debería ser de 304,8mm [12in]

**Cámara de vapor.** La chaqueta de vapor debe diseñarse para una presión de trabajo mínima de 103,4kPa [15psi]

**Diseño.** El diseño y construcción de la chaqueta de vapor de la marmita debe ser de acuerdo al Código de Calderas y Recipientes a Presión ASME, Sección VIII, División I.

**Cubierta.** La cubierta de la marmita debe ser de forma cilíndrica, acorde al cuerpo de la marmita, y tener una distancia que permita un espesor de aislamiento suficiente para mantener la superficie exterior de la marmita no exceda los 60°C de temperatura. La parte superior de la cubierta debe

sujetarse a la marmita con tornillo de acero inoxidable, o con remaches. El borde inferior debe terminar bajo la parte de la chaqueta de vapor.

**Válvula de drenado.** A menos que se especifique lo contrario, las marmitas no basculantes deberán estar provistos de una válvula de extracción de mínimo de 2in. (50,8 mm) de diámetro situada tangente con el punto más bajo dentro del recipiente.

**Válvula de Seguridad.** Cada marmita estará provista de una válvula de seguridad en la chaqueta de vapor o el tubo de entrada de vapor a la chaqueta. La válvula se coloca de modo que el vapor se descargue hacia abajo. La válvula deberá ser construida de acuerdo con los requisitos aplicables del Código ASME para Calderas y Recipientes a Presión, Sección VIII, División 1. La válvula de alivio de la presión deberá ser igual o menor que la presión máxima de trabajo de la marmita.

**Válvula de Corte de Seguridad.** Las marmitas Tipo II, Clase B y C (autogeneradoras) deberán estar equipados con un dispositivo para desactivar la fuente de calor (energía eléctrica a los elementos o de gas a los quemadores) cuando la marmita está inclinada

**Termostato.** Las marmitas Clase B y C tendrán un control para mantener la temperatura deseada en el líquido que se calienta. Deberá ser marcado con un "OFF" o "0 ", o puede tener uno por separado "ON/OFF". Un indicador luminoso se mostrará cuando el sistema de calefacción se activa.

**Caja de controles.** Los controles para la operación del suministro de combustible se encuentran en una Panel de protección diseñado para impedir la entrada de un derrame procedente del recipiente. Este Panel será

de acero resistente a la corrosión conforme a la Especificación A 167, A 176, o A 240 / A 240M, y se encuentra en el exterior de la marmita y permitir el acceso fácil a los controles.

**Normas.** Las marmitas deberán cumplir con la norma ANSI/UL197, ANSI/NSF Estándar 4, y ANSI/NFPA70 para marmitas eléctricas, y ANSI/Z83.11, ANSI/NSF Estándar. 4, ANSI/Z223.1, y ANSI/NFPA70 para marmitas a gas.

**Montaje.** Las marmitas Tipo I Estilo 2, deben tener al menos 3 soportes, y estos deben ser capaces de soportar, sin ninguna deformación, el peso de la marmita, más 2,5 veces el peso del volumen de agua a rebose.

Los soportes deberían incluir niveladores, y la posibilidad de que la marmita se atornille al piso, si se desea.

**Fuente de Vapor.** Las marmitas Clase B, deben ser provistas con un sistema incorporado de generación de vapor, con una cantidad ajustada de agua. La potencia del generador de vapor debe ser capaz de mantener la marmita de acuerdo a los requerimientos de desempeño.

#### **4.3.4 Requisitos De Desempeño**

**Capacidad.** La capacidad de la marmita se determina con agua a 21+/-2.8°C [70+/-5°F] de temperatura.

**Tiempo de calentamiento.** Cuando la marmita se prueba con agua a 21+/-2.8°C [70+/-5°F], y tapada, debería alcanzar los 99°C [210°F] en no más de 60min para tamaños de hasta 40gal, y en no más de 80min para tamaños de hasta 80gal.

**Prueba de Uso de Energía.** La marmita se debe probar para determinar su uso de la energía. Las marmitas Clase B y C se deben probar de acuerdo al “*Método Estándar para Pruebas de Desempeño de Marmitas*” ASTM-F1785

#### **4.4 REQUERIMIENTOS DE NORMATIVIDAD TÉCNICA. ESPECIFICACIONES CÓDIGO ASME**

El Código ASME brinda los lineamientos para el Diseño y Construcción de Recipientes a Presión. La ASME es la *American Society of Mechanical Engineers*, una de las organizaciones ingenieriles de mayor relevancia a nivel mundial en estandarización.

El Código ASME está dividido en 12 Secciones. La **Sección VIII** presenta las reglas para el diseño de recipientes a presión. La División I de la Sección VIII brinda las reglas básicas, mientras que la División II brinda reglas alternativas. En general, la Sección VIII brinda los requerimientos sobre:

- Temperaturas máximas y mínimas, y presiones de diseño.
- Cargas y esfuerzos máximos admisibles del material.
- Diseño a condiciones de presión interna.
- Diseño a condiciones de presión externa. Anillos de refuerzo.
- Refuerzo de huecos para conexiones.
- Conexiones y su cálculo.
- Superficies arriostradas. Ligamentos
- Soporte de los tanques y cargas en las conexiones.
- Fabricación. Tolerancias. Requerimientos de soldadura.
- Impacto y tratamientos térmicos.
- Inspección y pruebas.

- Documentación y certificación.
- Accesorios para el alivio de presiones.
- Apéndices obligatorios y opcionales.

La **Sección VIII** tiene 3 Subsecciones, cada una con diferentes partes:

1. **Subsección A** –Requerimientos Generales
  - a. **Parte UG** –Requerimientos Generales para todos los tipos de construcción y todos los materiales.
2. **Subsec. B** –Requerimientos pertinentes a los Métodos de Fabricación
  - a. **Parte UW** –Requerimientos para fabricación por Soldadura (*Welding*)
  - b. **Parte UF** –Requerimientos para fabricación por Forjado (*Forging*)
  - c. **Parte UB** –Requerimientos para fabricación por Soldadura (*Brazing*)
3. **Subsec. C** –Requerimientos pertinentes a la Clase de Material
  - a. **Parte UCS** –Requerimientos para construcción con Acero al carbono y baja aleación
  - b. **Parte UNF** –Requerimientos para construcción con materiales No Ferrosos
  - c. **Parte UHA** –Requerimientos para construcción con Acero de Alta Aleación
  - d. **Parte UCI** –Requerimientos para construcción con Fundición de Hierro
  - e. **Parte UCL** –Requerimientos para construcción con materiales revestidos para la resistir la corrosión.
  - f. **Parte UCD** –Requerimientos para construcción con Hierro dúctil
  - g. **Parte UHT** –Requerimientos para construcción con Acero ferríticos con propiedades mejoradas por tratamientos térmicos.
  - h. **Parte ULW** –Requerimientos para construcción por capas.
  - i. **Parte ULT** –Requerimientos para construcción con materiales de alta resistencia a bajas temperaturas
  - j. **Parte UHX** –Reglas para Intercambiadores de Casco y Tubo
  - k. **Apéndices Reglamentarios**
    - i. **Apéndice 9.** Recipientes enchaquetados
    - ii. **Apéndice 19.** Marmitas Autogeneradoras de Vapor calentadas eléctricamente o a gas.
  - l. **Apéndices No reglamentarios**

La marmita se debe diseñar teniendo en cuenta las Partes **UG, UW, UHA**, y los Apéndices **9** y **19** de la División I. La Fig. 21 resume las Partes del Código ASME que son aplicables al diseño de marmitas autogeneradoras de vapor, como recipiente a presión.

#### **4.4.1 Requerimientos de ASME BVPC –Sección VIII –División 1 –Sub-sección A Parte UG**

**UG-20** Temperatura de diseño: Temperatura de Operación de la Parte considerada

**UG-21** Se diseña para la condición más severa de presión y temperatura combinadas.

**UG-22** Cargas: Presión de diseño, peso del recipiente y su contenido, reacción de equipos conexos, cargas cíclicas, viento, nieve, sismos (si aplica) gradientes de temperatura, presión anormal

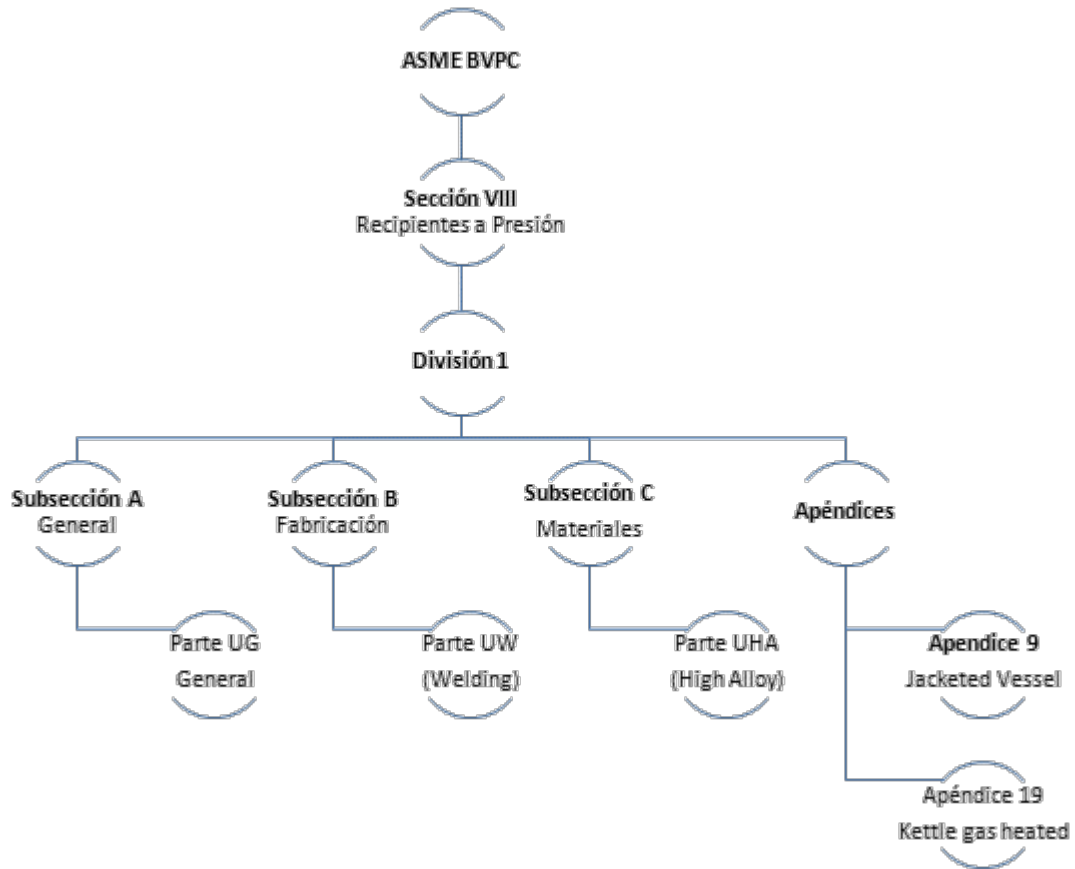
**UG-23** Máximo esfuerzo permisible.

**UG-28** Reglas para determinar el Espesor de cascos bajo Presión Externa

**UG-32** Espesor de cabezas y secciones bajo con presión en el lado cóncavo

**UG-33** Espesor de cabezas y secciones bajo con presión en el lado convexo.

Fig. 21 Código ASME BPVC. Partes aplicables a diseño de marmitas



#### 4.4.2 Requerimientos de ASME BPVC –Sección VIII –División 1 –Subsección C Parte UHA

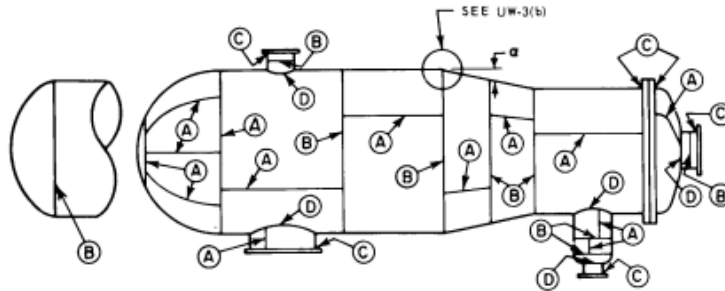
**UHA-21** Todas las soldaduras son Tipo I de la Tabla UW-12 (Ap. 19-4)

**UHA-23** Ver datos del Material en ASME BPVC Sección II – Parte D –Tabla 1A (Anexo)

**UHA-28** Los Cascos esféricos bajo presión externa se diseñan de acuerdo UG-28, usando las Tablas de Sección II Parte D Sub-parte 3, y los límites de Temperatura de UG-20.

#### 4.4.3 Requerimientos de ASME BVPC –Sección VIII –División 1 –Subsección B –Parte UW

Fig. 22 Figura UW-3 Categorías A, B, C de juntas soldadas.



Fuente: ASME BPVC Sección VIII División 1 Parte UW

#### UW-11 Inspección por Radiografía

- **Full** –Cuando se contiene líquidos letales, cuando se excede de 50psi, cualquiera que se diseñe con una Eficiencia de UW-12(a)
- **Spot** –Cualquiera que este por fuera de las categorías anteriores, o que se diseñe con Eficiencia según UW-12(b)
- **No** –Recipientes o partes diseñados solo por presión externa, o se diseña con Eficiencia según UW-12(c)

**UW-12 Tipo 1** Define las eficiencias de las soldaduras, en función de su categoría.

**Descripción de la Junta:** Las Juntas a tope por doble soldadura o por otros medios tendrán la misma calidad del metal depositado en las superficies de soldadura por dentro y fuera, de acuerdo con los requisitos de la UW-35. Las soldaduras con tiras de refuerzo de metal que se mantienen en su lugar están excluidas.

**Limitaciones:** Ninguna

**Categorías A, B y C**

#### **4.4.5 Requerimientos del Apéndice 19 –Marmitas de chaqueta de vapor calentadas eléctricamente a gas.**

**19-1 Alcance** Las normas en el Apéndice 19 proveen requerimientos adicionales para marmitas de chaqueta de vapor, eléctricas o a gas construidas bajo las normas de esta División.

**19-2 Restricciones de Servicio** No se deben extraer el agua o el vapor de la chaqueta para su uso externo, y la presión de operación de la chaqueta no debe exceder los 50 psi.

**19-3 Materiales** Las partes en acero que estén en contacto con productos de la combustión, serán en acero *austenítico* del más bajo carbono, o de grado estabilizado. Los Aceros al carbono grado estructural, SA-36 y SA-283 (Grados A, B, C y D) no se deben usar para ninguna parte a presión.

**19-4 Diseño** Las juntas soldadas de las categoría A y B en contacto con gases de combustión, serán del Tipo I de la Tabla UW-12 (Ver ANEXO 7)

#### **19-5 Inspección y Estampe**

Las marmitas de chaqueta de vapor serán inspeccionadas por un Inspector y no podrán ser marcados con el símbolo de la UM, independientemente del volumen. [U-1(j)]

**19-6 Válvula de Alivio de la Presión.** La capacidad de la válvula de seguridad en libras de vapor por hora será al menos igual al número de BTU/h del quemador dividido por 1000 o al número de kilowatts de la resistencia eléctrica, multiplicado por 3,5.

**19-7 Aperturas y Controles.** La chaqueta debe contener mínimamente las siguientes aperturas y controles [U-2 (a) (4)]:

- A. Un manómetro;
- B. Un visor del nivel de agua, o alternativamente, en marmitas eléctricas con elementos de calentamiento por inmersión, un luz de advertencia por bajo nivel de agua.
- C. Una conexión separada, provista de una válvula de cierre, para ventear el aire o agregar agua a la chaqueta (el agua se añade cuando la chaqueta está sin presión).
- D. Un control para el calentador eléctrico, o una válvula de gas automática controlada por presión o temperatura para mantener la presión de vapor en la chaqueta por debajo del ajuste de la válvula de seguridad.
- E. Un *switch* de corte por bajo nivel de agua, que corte el combustible hacia el quemador o la energía de la resistencia eléctrica si el agua cae por debajo del nivel mínimo establecido por el fabricante.
- F. Un control de seguridad del piloto que cortará el combustible tanto al quemador principal y al quemador piloto en caso de fallo de llama piloto.

**19-8 Informe.** Cuando todos los Requisitos de esta División y los Requisitos complementarios de este Apéndice se cumplen, se hace la anotación en el Informe del Fabricante “CONSTRUIDO EN CONFORMIDAD CON EL APÉNDICE 19, MARMITAS DE VAPOR CALENTADAS ELÉCTRICAMENTE O POR QUEMADORES DE GAS”

## 4.5 REQUERIMIENTOS NORMATIVIDAD TÉCNICA. ICONTEC

### 4.5.1 Norma Técnica Colombiana NTC4082 Equipos de Cocción para uso comercial que funcionan con gas natural. Requisitos de Seguridad.





#### Requerimientos Especiales Para los Componentes en el Circuito de Gas

Los componentes deben cumplir con las Normas Técnicas Colombianas correspondientes y adicionalmente con los siguientes requisitos:

#### Controles de flujo de gas

- **Dispositivo de corte.** Si por diseño del equipo se requiere un dispositivo de corte rápido, éste puede ser manual o automático, pero el corte rápido debe actuar sin demora; por ejemplo, no debe estar sujeto al tiempo de inercia de un dispositivo de seguridad. Para quemadores controlados por un termostato, se debe permitir, una posición de flujo reducido para el gas, en el control del flujo del gas, permitida únicamente si la válvula y el termostato están controlados por un mismo dispositivo.
- **Válvulas de seguridad.** Las válvulas de tipo de enclavamiento mecánico deben tener giro positivo, deben permitir fácil operación con una mano y deben necesitar no menos de dos movimientos para abrir. Con excepción de las válvulas de ajuste de piloto, las válvulas deben tener unos topes que limiten ambos extremos de movimiento del rotor.
- **Botones para válvulas de control de flujo de gas.** Las diferentes posiciones de apertura y cierre de la válvula de control del flujo de gas deben marcarse clara e indeleblemente. (Ver Fig. 23)

**Fig. 23 Señales de los botones para control de flujo de gas. Fuente: NTC4082**

- Apagado	: Disco .....	
- Ignición si tiene	: Estrella o rayito .....	
- Flujo nominal (quemador)	: Llama grande.....	
- Flujo reducido	: Llama pequeña.....	

- **Equipo auxiliar.** El equipo auxiliar se debe escoger en relación con su uso (por ejemplo, temperatura, la naturaleza de los gases que van a utilizarse, etc.), y debe estar montado de tal forma que no se pueda dañar o bloquear durante el uso normal del equipo. Adicionalmente debe ser accesible para permitir su limpieza fácilmente.
- **Dispositivo de ignición.** Los quemadores principales, encendidos por ignición manual se deben poder encender fácilmente.

**Dispositivo de supervisión de llama.** Cuando el diseño del equipo requiera un dispositivo de supervisión de llama, éste se debe instalar a todos los quemadores. Este dispositivo debe ser del tipo “control completo” cuando el gasto o consumo del piloto supera los 250 W.

El dispositivo de supervisión de llama se debe ajustar de tal forma que:

- directamente supervise la operación del quemador. Sin embargo, si este quemador es encendido por un piloto permanente o de funcionamiento simultáneo, sin el uso de un encendedor inicial, el dispositivo puede supervisar solamente la operación del piloto.
- sea de fácil acceso y no pueda ser reubicado incorrectamente.

- El dispositivo debe cortar el suministro de gas si el elemento sensor está en mal estado (dañado), o si la conexión entre el elemento sensor y el dispositivo de corte está interrumpida (rota), o si la conexión entre el detector de llama y la unidad de control de programación está rota, o si hay un cortocircuito. Este dispositivo debe actuar sobre una válvula de seguridad, la cual puede actuar por el dispositivo de regulación, o por el dispositivo de sobrecalentamiento límite, si lo tiene, o, ser una válvula instalada para este propósito.

En todos los casos, la acción del dispositivo de supervisión de llama es prioritaria. No debe ser posible eliminar el dispositivo de supervisión de llama.

- **Detectores de llama.** El detector de llama debe estar ubicado para monitorear la ignición completa del quemador principal. Para los quemadores encendidos por un piloto permanente o por uno que opere simultáneamente con el quemador principal, donde se asegure un encendido total correcto, un detector de llama simple en el piloto es normalmente adecuado. En otros casos, debido a las dimensiones del quemador, puede ser necesario ubicar otros detectores de llama en el quemador principal, si, debido a las condiciones especiales de operación, el rápido encendido total se hace difícil.
- **Reguladores.** Los reguladores no deben formar parte integral de los equipos de la categoría I3. El diseño y accesibilidad al regulador debe ser tal que pueda ser fácilmente ajustable y puesto fuera de servicio cuando se use otro gas; sin embargo, se deben tomar precauciones para que no se efectúen interferencias no autorizadas debidas a la dificultad de ajuste

- **Dispositivos de regulación y limitadores de sobrecalentamiento.** Los elementos sensores de los dispositivos de regulación y limitadores de sobrecalentamiento deben ser localizados y protegidos de tal manera que se reduzca el riesgo de daño en condiciones normales de uso. Los dispositivos de regulación y los dispositivos limitadores de sobrecalentamiento no deben actuar sobre el mismo componente de corte (bloqueo). En todos los casos la acción del dispositivo limitador de sobrecalentamiento es prioritaria.

#### **4.5.2 Norma Técnica Colombiana NTC 3765 Requisitos Generales de Seguridad para artefactos a gas de uso doméstico o comercial y su instalación**

**Entrada del gas.** Los puntos de entrada de gas al artefacto deben ser fácilmente accesibles y tener un espacio amplio para el ajuste con herramientas. Para todos los artefactos, las conexiones de entrada de gas podrán ser de dos tipos:

- *Conexiones no roscadas.* La extremidad de la conexión deberá ser cilíndrica y estriada en una longitud de por lo menos 30 mm, en tal forma que permita el acoplamiento hermético a la línea de suministro de gas mediante un dispositivo de sellado por compresión.
- *Conexiones roscadas.* Si la entrada del suministro de gas es roscada, las roscas deberán ser del tipo NPT, conforme con los requisitos establecidos para este tipo de roscas en la NTC 332. Sin embargo, con el fin de aplicar el Sistema Internacional de Medidas, en lo posible las roscas de todas las conexiones del circuito de gas tendrán especificaciones acordes con las NTC 2143 o NTC 2104.

El tubo que tenga la conexión de entrada debe fijarse al cuerpo del artefacto en forma rígida.

**Suministro de aire para la combustión y evacuación de los productos de la combustión.** Los artefactos deben construirse de tal forma que, bajo condiciones normales de uso y mantenimiento, el suministro del aire de combustión y la evacuación de los productos de la combustión se garanticen permanentemente. La sección transversal del conducto o abertura que permite el paso del aire a la cámara de combustión y la del conducto de evacuación de los productos de la combustión (cuando se requiera, dependiendo del tipo de artefacto), no deben ser ajustables ni quedar obstruidos luego de la instalación.

**Operación del quemador.** El instalador y el usuario deben tener la posibilidad de verificar la ignición del quemador ensamblado, ya sea por medio de una comprobación directa (presencia de llama) o por algún otro medio indirecto, previendo que cualquier falla que ocurra en este medio pueda detectarse y corregirse rápidamente.

**Requisitos de estabilidad y seguridad mecánica.** Los artefactos deben estar diseñados de tal forma que sean estables en su uso normal. Las partes removibles de un artefacto pueden ser intercambiables, siempre que el funcionamiento del artefacto permanezca dentro de los límites requeridos. Cuando el artefacto cuente con un ventilador, las aspas deben estar protegidas de tal forma que sea imposible tocarlas accidentalmente cuando esté en funcionamiento.

## 4.6 ESPECIFICACIONES

Tabla 16. Resumen de Especificaciones para la marmita.

<b>MARMITA AUTOGENERADORA DE VAPOR A GAS NATURAL</b>	
<b>Resumen de Especificaciones</b>	
<b>GENERAL – Caracterización según ASTM F1602</b>	
<b>Referencia</b>	ASTMF1602-1A22B
<b>Capacidad</b>	65lt nominal 73lt a rebose.
<b>Tipo</b>	Tipo I – Fija
<b>Clase</b>	Clase B –Autogeneradora de vapor calentada a gas
<b>Grado</b>	Grado 1 –Máxima Presión de operación de15-20psi
<b>Estilo</b>	Estilo 2 –De montaje en piso sobre patas
<b>Diseño</b>	Toriesférico <i>half steam-jacketed</i> [enchaquetado a la mitad]
<b>CONSTRUCCIÓN</b>	
<b>Material</b>	Acero Inoxidable ASTM A-240/A-240M 304 para recipiente
<b>Acabado</b>	Acabado <i>Satinado</i> [#4]
<b>Terminados</b>	Todas las uniones soldadas van pulidas.
<b>Estructura</b>	Auto soportada en soportes tubulares.
<b>Aislamiento</b>	La chaqueta está recubierta por aislamiento, para que la superficie externa no exceda los 60°C.
<b>Cubierta Exterior</b>	La cubierta exterior es desmontable, en acero inoxidable ASTM A-240/A-240M 304
<b>CALENTAMIENTO</b>	
<b>Combustible</b>	Gas Natural, posibilidad de adaptar a GLP.
<b>Quemador</b>	Atmosférico de 7kW.
<b>Tren combustión</b>	Válvula de corte para gas, operada por sensor de llama, y válvula de gas con termostato, operada por termocupla.
<b>Chaqueta</b>	Sistema autogenerador. La chaqueta contiene una cantidad preestablecida de agua destilada, que no necesita cambio o reposición.
<b>CONTROL</b>	
<b>Presión</b>	Válvula limitadora de la presión. (Válvula de seguridad) Manómetro en chaqueta de vapor (Indicador)
<b>Temperatura Combustión</b>	Válvula de gas de control termostático. Encendido por piezoeléctrico y piloto. Supervisión de llama con válvula de corte. Control de temperatura con termostato
<b>SISTEMA DE AGITACION</b>	
<b>Agitador</b>	Tipo ancla.
<b>Motor</b>	Motor monofásico de 1/2hp, alimentación a 110V.
<b>Reducción</b>	Reducción sinfín-corona.

## 5. PROCESO DE DISEÑO DE LA MARMITA AUTOGENERADORA DE VAPOR

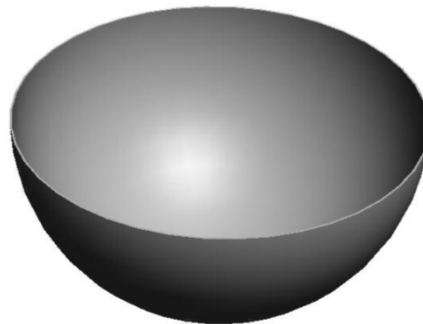
### 5.1 DISEÑO CONCEPTUAL. COMPONENTES DE LA MARMITA

Conceptualmente, la marmita está compuesta por las siguientes partes:

#### 5.1.1 Recipiente (*Kettle*).

Es el lugar donde se ubican los alimentos para ser cocinados. Generalmente, puede ser de forma cilíndrica, semiesférica, o toriesférico. En la pared opuesta del Recipiente es donde ocurre la condensación del vapor para calentar el alimento.

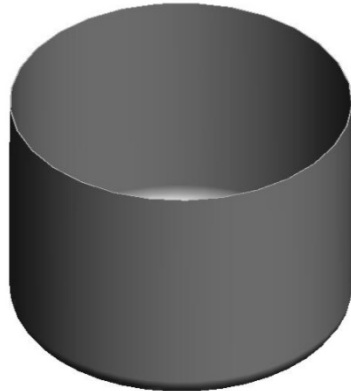
**Fig. 24 Recipiente Semiesférico.**



**Fig. 25 Recipiente Toriesférico**



**Fig. 26 Recipiente Cilíndrico de fondo plano**



**Fuente: Autor**

La forma Semiesférica es la más utilizada, debido a que es la forma geométrica que mejor soporta los esfuerzos debidos a la presión tanto del lado cóncavo, como del lado convexo. Además, contiene la menor área respecto al volumen que contiene, lo que implica que requiere menor material para contener el mismo volumen de producto, que cualquier otra forma geométrica.

Para la marmita autogeneradora se escogió la forma **Toriesférica**, debido a que se puede construir de manera más fácil por deformación en frío, y no requiere complejos procesos de embutido o repujado, como las formas semiesféricas.

### **5.1.2 Chaqueta de vapor (*Steam-Jacket*)**

En las marmitas a vapor directo, un recipiente de diámetro mayor contiene al recipiente del producto, formando una “doble pared” por donde circula vapor. Para marmitas autogeneradoras, la doble pared además debe contener el

agua de vaporización. En la chaqueta de vapor es necesario considerar los siguientes aspectos:

- **Distancia entre paredes.** Depende del tipo de cierre, debe ser la mínima que sea suficiente.
- **Tipo de Cierre.** Los tipos de cierre están definidos en el Código ASME Sección VIII División I Apéndice Obligatorio 9 “Recipientes enchaquetados”. Se definen 5 Tipos de Chaquetas a presión.

**Tipo 1.** Chaqueta de una longitud definida, que confina completamente un casco cilíndrico.

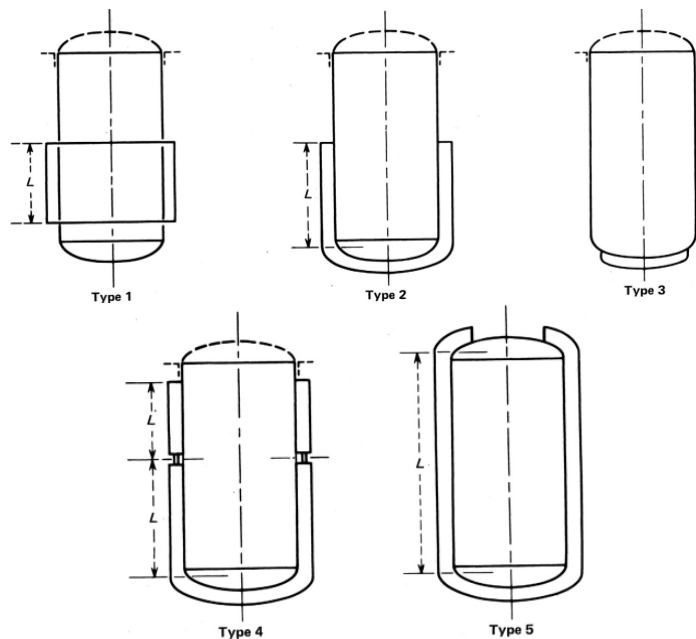
**Tipo 2.** La chaqueta cubre una parte del casco cilíndrico, y una de las cabezas

**Tipo 3.** La chaqueta cubre una porción de la cabeza.

**Tipo 4.** La chaqueta en dos porciones.

**Tipo 5.** La chaqueta cubre enteramente la parte cilíndrica y las cabezas.

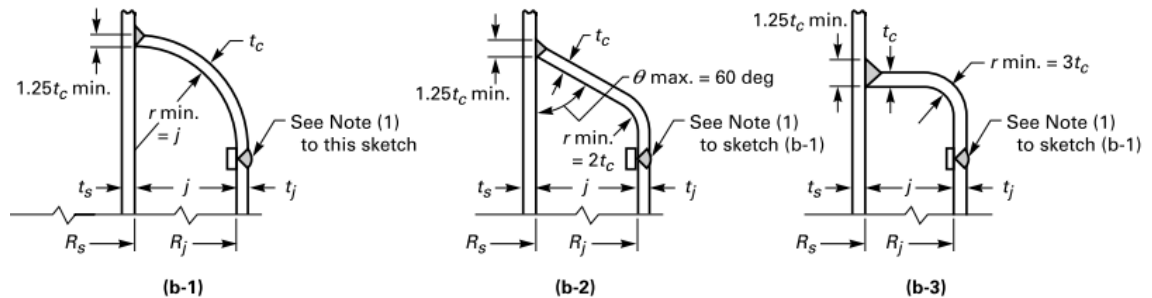
**Fig. 27 Tipos de Chaqueta.**



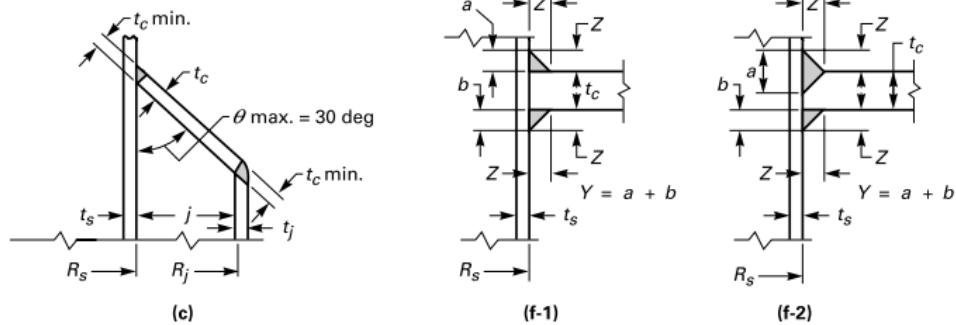
**Fuente. ASME BPVC. Sección VIII División I. Apéndice 9**

Generalmente, las marmitas de vapor directo tienen chaquetas del **Tipo 2**. Para la marmita Autogeneradora, se selecciona una chaqueta Tipo 2, pero modificada para contener el agua de vaporización. Para el Tipo 2, son aceptables las siguientes formas de cierre entre la chaqueta y el recipiente.

**Fig. 28 Formas del Cierre para tanque enchaquetado**



NOTE [sketch (b-1)]:  
 (1) Closure and shell one piece construction or full penetration butt weld. Backing strip may be used.



Fuente: ASME BPVC Sección VIII División I

**Altura de la chaqueta respecto al recipiente**

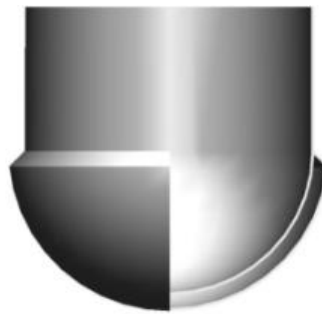
**Fig. 29 Totalmente enchaquetado (fully jacketed)**



**Fig. 30 Chaqueta a 2/3 (2/3 jacketed)**



**Fig. 31 Enchaquetado a la mitad. (*half-jacketed*)**

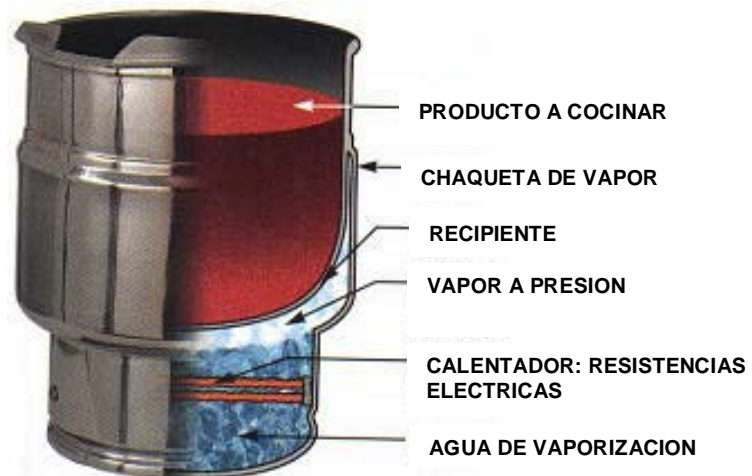


**Fuente: Autor**

### **5.1.3 Calentador (*Heater*)**

El calentador es la parte de la marmita que funciona como generador de vapor, a partir de una resistencia eléctrica, o de un quemador de gas natural.

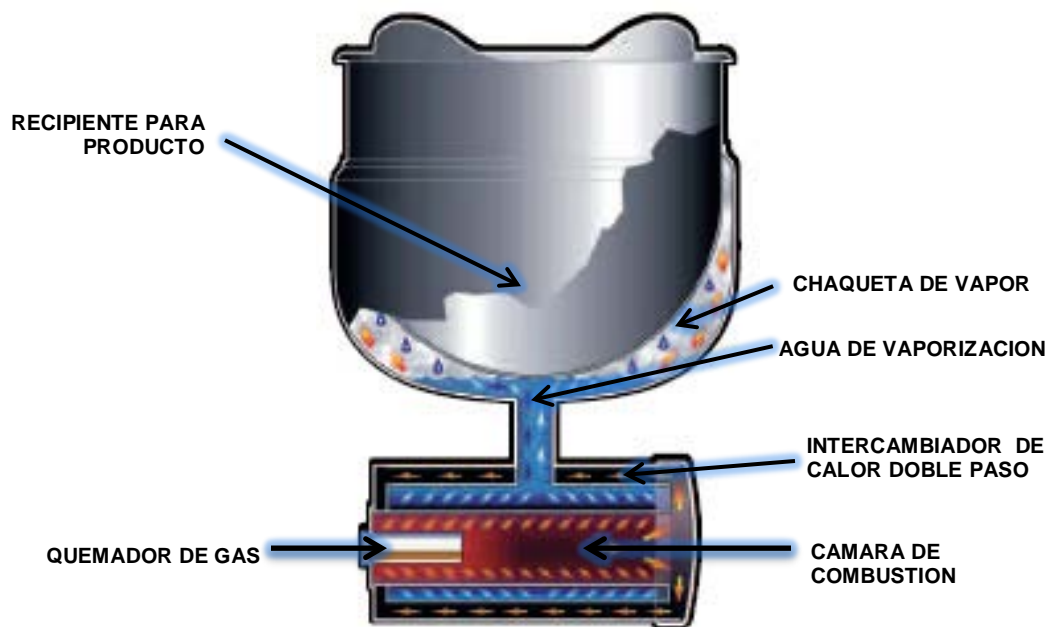
**Fig. 32 Marmita Autogeneradora con calentador eléctrico**



**Fuente: ALLIED CATERING EQUIPMENT. [www.alcat.co.za](http://www.alcat.co.za)**

Para marmitas a gas, el calentador está compuesto de dos partes: la cámara de combustión, y el intercambiador de calor entre los gases de combustión y el agua de vaporización.

**Fig. 33 Marmita autogeneradora con quemador de gas natural**

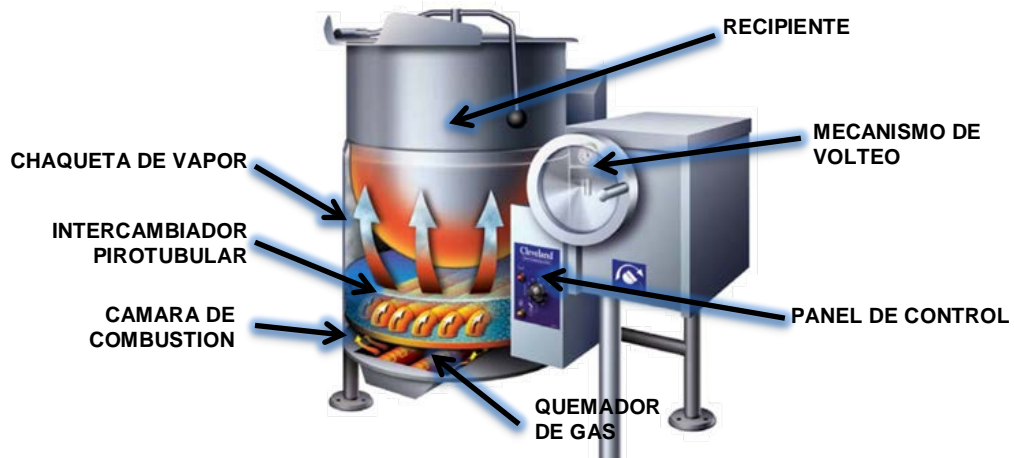


Fuente: CLEVELAND RANGE [www.clevelandrange.com](http://www.clevelandrange.com)

El intercambiador de calor puede ser de dos tipos: *Pirotubular*, o *acuotubular*. La Figura 34 muestra una marmita con intercambiador ***Pirotubular***.

Para la marmita autogeneradora se realizó un diseño especial de Intercambiador de calor, pensado para obtener el mejor tiempo de retención de los gases de combustión, en un sistema de túnel de gases y chaqueta alrededor del agua de vaporización.

**Fig. 34 Marmita autogeneradora a gas, con Intercambiador pirotubular**



#### **5.1.4 Panel de control (*Control Box*)**

Todos los controles de la marmita Autogeneradora deben estar contenidos en un Panel de control, que sea accesible y que proteja los instrumentos, controles, etc. de posibles derrames de productos desde el recipiente, etc.

#### **5.1.5 Soportes (*Legs*)**

De acuerdo con la Clasificación ASTM F1602, existen dos tipos de marmitas:







- Tipo 1. Fija
- Tipo 2. Volcables

Independiente del Tipo, existen 4 Estilos (Ver Fig. 35):

- Estilo 1 De pedestal
- Estilo 2 Soportes
- Estilo 3 Pared
- Estilo 4 Cabina

Cuando la marmita está apoyada sobre soportes, debe tener al menos 3 soporte. Los soportes generalmente son tubulares.

Fig. 35 Tipos y Estilos de Marmitas





<i>ESTILO</i>		<i>Tipo I -Fija</i>	<i>Tipo II -Volcable</i>
<b>ESTILO 1</b> PEDESTAL	1		
<b>ESTILO 2</b> PATAS			
<b>ESTILO 3</b> WALL MOUNTED			
<b>ESTILO 4</b> CABINADA			

Fuente: ASTM F1602



### 5.1.6 Agitador (*Mixer*)

Para dar homogeneidad al producto, y favorecer la transferencia de calor, se incluye un agitador con dispositivo de agitación. Existen diferentes formas de agitador, dependiendo de la viscosidad de fluido, y de la necesidad de mezcla. La Tabla 17 resume los principales tipos de agitador y su aplicación. Para la marmita se selecciona un agitador tipo Ancla, debido a que funciona muy bien a bajas revoluciones, y además favorece la transferencia de calor.

Tabla 17. Principales formas de agitador y sus aplicaciones.

Tipo de Agitador	Forma	Uso/Características Especiales
<p><b>Flat Blade</b> <b>(S4)</b> <b>(álabe recto)</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñado para operar cerca del fondo del tanque</li> <li>• Excelente para soluciones líquidas de bajo nivel de sólidos</li> <li>• Para uso en aplicaciones de Regimen laminar (<math>Re &lt; 50</math>)</li> </ul>
<p><b>Curved Blade</b> <b>(álabe curvo)</b></p>		
<p><b>Retreating blade</b> <b>(P4)</b> <b>(álabe inclinado)</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flujo axial para procesos de cambio de viscosidad</li> <li>• Ideal para mezcla de sólidos en suspensión donde se necesita alto corte.</li> <li>•</li> </ul>
<p><b>Propeller</b> <b>JP-3</b> <b>(Propelas)</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de estilo marino de alta eficiencia</li> <li>• Ideal para pequeñas cantidades de sustancia</li> <li>• Maneja viscosidades más altas.</li> </ul>

Para alta Viscosidad		
<p><b>Anchor</b> <b>(Ancla)</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solucion más económica para flujo laminar.</li> <li>• Flujo horizontal ideal para geometrías de bajo nivel del líquido</li> <li>• Para mejorar la transferencia de calor se añaden raspadores de pared.</li> </ul>

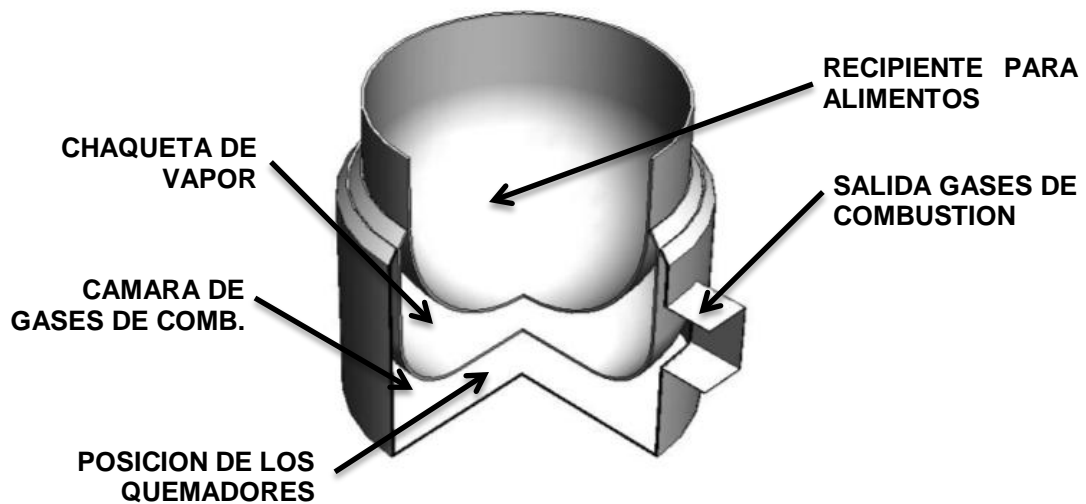
<p><b>Helical Ribbon</b> (Cinta en Hélice)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para altas viscosidades, en regimen laminar.</li> <li>• Altamente efectivo en transferencia de calor</li> <li>• Para viscosidades sobre 30000MPa.s</li> <li>•</li> </ul>
<p><b>Screw</b> (Tornillo)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ideal para mezcla uniforme</li> <li>• Se usa en aplicaciones pseudoplasticas con indices de potencia tan bajos como 0,5</li> <li>• Excelente rotacion "arriba-abajo" del flujo.</li> </ul>

## 5.2 DISEÑO BÁSICO. GENERACIÓN Y SELECCIÓN DEL CONCEPTO.

A partir de los conceptos para cada componente de la marmita, se seleccionan e integran de tal manera que formen un conjunto coherente con los Requerimientos.

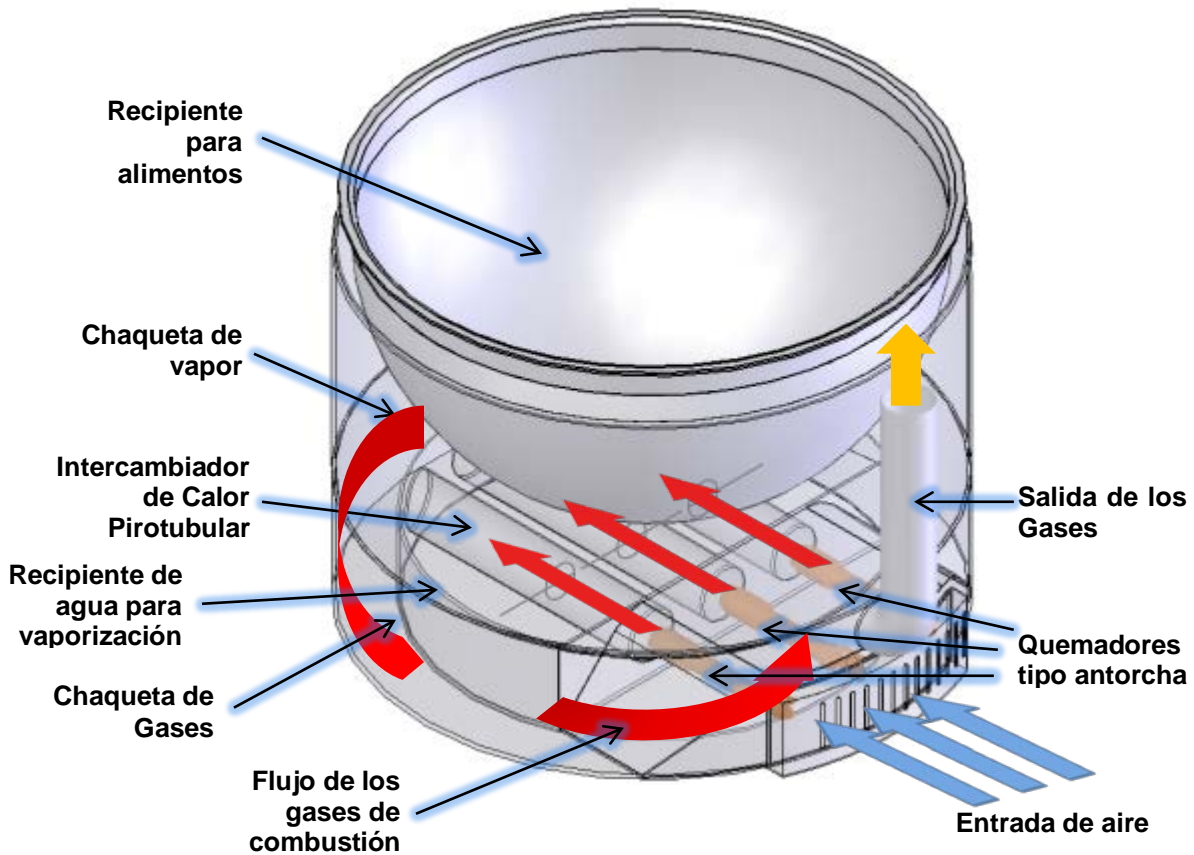
### 5.2.1 Primera Alternativa. Chaqueta de Gases.

Fig. 36 Primera Alternativa. Chaqueta de Gases de combustión.



Este diseño consiste en una doble chaqueta, la chaqueta exterior va a acumular los gases de combustión, y mantenerlos alrededor de la chaqueta de vapor, mientras son evacuados por la chimenea.

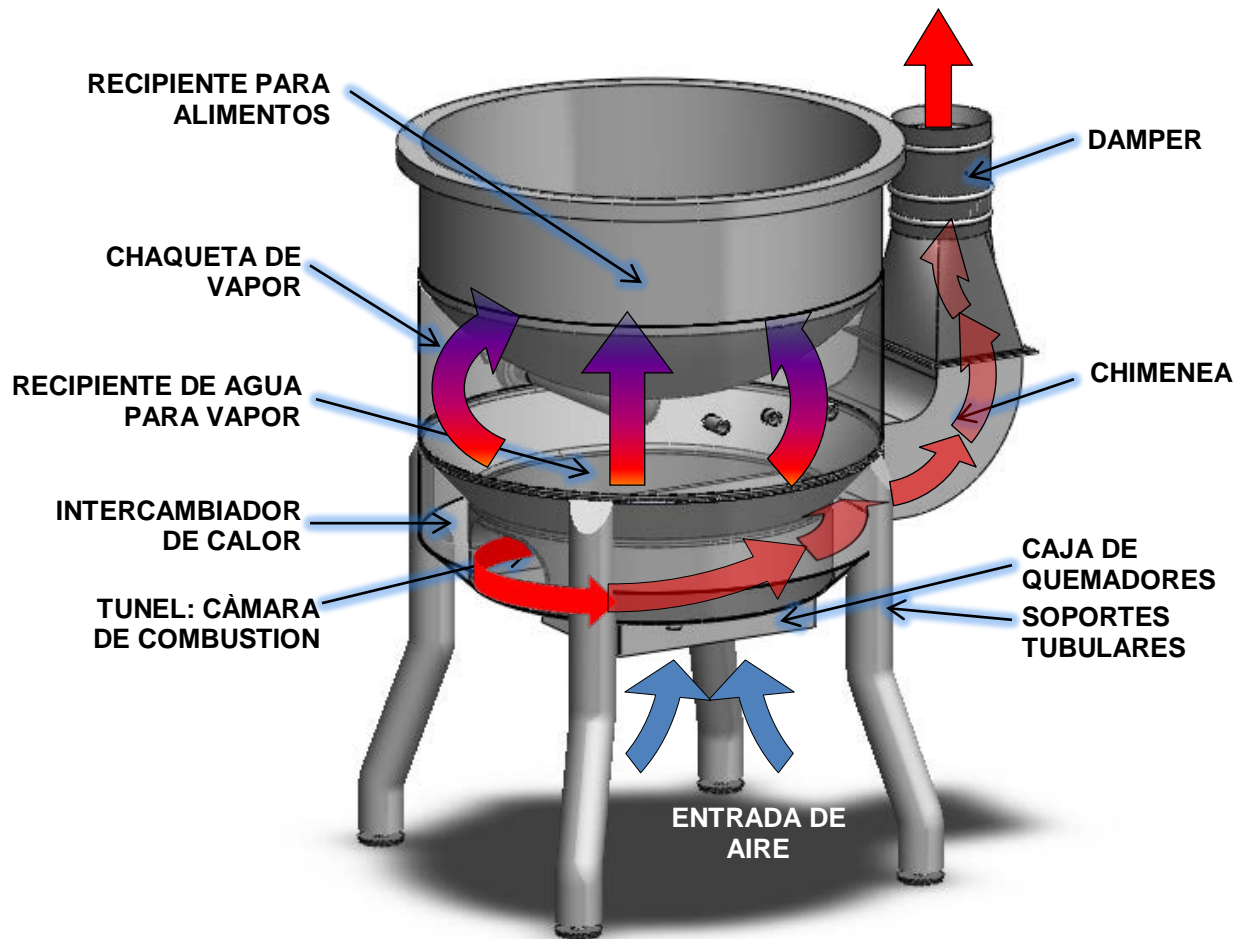
### 5.2.2 Segunda Alternativa. Cámara dividida y doble paso de los gases.



Este diseño combina un intercambiador de calor tipo tubular, con el diseño de chaqueta de gases envolvente en un circuito de dos pasos para los gases de combustión. Tiene la ventaja de generar un mayor tiempo de retención de los gases dentro de la marmita, mientras los gases se mueven por el impulso generado por el tiro de la chimenea. Sin embargo, con este concepto la manufactura se hace más compleja.

### 5.2.3 Diseño Final

Fig. 37. Marmita autogeneradora, Diseño Final



Este diseño es una versión modificada del concepto No. 2, donde el Intercambiador de calor pirotubular se reemplaza por un túnel que sirve de cámara de combustión, y se emplean quemadores tubulares debajo del túnel. Los gases de combustión salen por el lado frontal del túnel, y se devuelven haciendo un recorrido por una “chaqueta de gases”, hacia la chimenea. Este diseño simplifica la manufactura compleja del concepto No. 2.

## 6. DISEÑO DE INGENIERIA

### 6.1 DISEÑO TÉRMICO.

El Diseño térmico consiste en la evaluación de los requerimientos de Energía térmica (*Calor*) para el producto, para determinar la energía que es necesario suministrar teniendo en cuenta la eficiencia del equipo. Por otra parte, a partir del tiempo de cocción y del requerimiento de energía, se obtiene la *Potencia*, es decir, la rapidez con la que se debe entregar esta energía.

Para proyectar los requerimientos de energía, es necesario en primer lugar conocer la cantidad de producto a cocinar. En ese sentido, por una parte es necesario suministrar energía en forma de *Calor Sensible* para aumentar la temperatura del producto, desde la temperatura inicial, (generalmente la temperatura ambiente), hasta la temperatura final de cocción. Como estas dos temperaturas están relacionadas con las condiciones atmosféricas locales (temperatura ambiente, y presión atmosférica), es necesario caracterizar geográficamente el sitio de operación de la marmita.

La siguiente Tabla presenta la caracterización general del municipio de Vélez, Santander, su ubicación y datos atmosféricos locales.

Tabla 18. Información geográfica de Vélez, Santander.

<b>Ubicación</b>	
<b>Departamento</b>	Santander
<b>País</b>	Colombia
<b>Limites</b>	Sur: Chipatá Norte: Barbosa Oriente: Güepsa Occidente: Landázuri
<b>NIT</b>	890 205 677 -6
<b>Código DANE</b>	68861
<b>Extensión Total</b>	27 134 km <sup>2</sup>
<b>Extensión Área Urbana</b>	11 097 km <sup>2</sup>
<b>Extensión Área Rural</b>	16037 km <sup>2</sup>
<b>Distancia de referencia</b>	231 km desde Bucaramanga [Capital del Departamento]

<b>Ubicación</b>	
<b>Datos Atmosféricos</b>	
<b>Altitud promedio</b>	2050 msnm promedio
<b>Temperatura ambiente</b>	Máxima: 22°C Mínima: 12°C Promedio: 16°C
<b>Presión Atmosférica</b>	785mbar

De otra parte, los requerimientos de energía dependen de las propiedades de la sustancia que se calienta, en particular de su *Calor Específico*. El calor específico es la cantidad de energía que hay que suministrar a una unidad de masa de una sustancia, para incrementar su temperatura en una unidad de temperatura. En el Sistema Internacional tiene unidades de [J/kg\*K].

Para alimentos, el *Calor Específico* depende del contenido de agua del alimento, de la composición química, y además de su estado de madurez, de conservación, de su especie etc. La siguiente Tabla muestra la composición promedio de la guayaba.

**Tabla 19. Composición de la Guayaba. Fuente FAO.**

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Agua</b>	86,1 %
<b>Grasa</b>	0,6 %
<b>Carbohidratos</b>	11,88 %
<b>Proteínas</b>	0,82 %
<b>Cenizas</b>	0,6 %
<b>Otros</b>	0 %

Dada la variedad de factores que influyen en el calor específico, es complicado estimar exactamente los valores, y debe determinarse en laboratorio, o con los valores de **Modelos Predictivos**, a partir de la composición del alimento. A partir de estos modelos, se calcula el Calor específico para un *alimento* con la composición de la guayaba. La siguiente

Tabla resume los principales modelos de predicción, su modelo matemático y el valor calculado para la pulpa de guayaba.

**Tabla 20. Modelos de predicción de Calor específico.**

<b>Modelo de Predicción</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Valor Calculado</b>
<b>Modelos Simples</b>		
Siebel (1982)	$Cp=0,837+3,349W$	3,72 kJ/kg°C
Backstrom (1965)	$Cp=1,200+2,990W$	3,77 kJ/kg°C
Comini (1974)	$Cp=1,256+2,931W$	3,78 kJ/kg°C
Fijiin (1974)	$Cp=1,381+2,930W$	3,90 kJ/kg°C
Domínguez (1974)	$Cp=1,382+2,805W$	3,80 kJ/kg°C
Sharma (1976)	$Cp=1,400+3220W$	4,17 kJ/kg°C
Lamb (1976)	$Cp=1,470+2,720W$	3,81 kJ/kg°C
Riedel (1956)	$Cp=1,672+2,508W$	3,83 kJ/kg°C
<b>Modelos Compuestos</b>		
Van Beek (1976)	$Cp=\sum (Cpi \times Xi)$	
Heidman & Singh (1981)	$1,424Xc + 1,549Xp + 1,675Xf + 0,837 Xa + 4,187Xw$	3,80 kJ/kg°C
Choi & okos (1983)	$1,547Xc + 1,711Xp + 1,928Xf + 0,837 Xa + 4,180Xw$	3,81 kJ/kg°C
<b>PROMEDIO</b>		<b>3,84 kJ/kg°C</b>

Dónde:

$Cp$  =Calor específico en kJ/kg°C

$W$  =contenido porcentual de agua en el alimento

$Xf$ = contenido porcentual de grasa

$Xw$ = contenido porcentual de agua

$Xc$ = contenido porcentual de carbohidratos

$Xp$ = contenido porcentual de proteína

$Xa$ = contenido porcentual de cenizas

El Centro de Investigación para el Mejoramiento Productivo de la panela, CIMPA reporta un valor de **4,019 kJ/kg°C** para la Pulpa de Guayaba.

### **6.1.1 Requerimientos de Energía. Cálculos.**

El propósito de evaporar la jalea de bocadillo es reducir la concentración de sólidos solubles (azúcar) hasta aproximadamente 75°Bx., lo que implica la necesidad de *evaporar* gran parte de la humedad de la fruta. La energía total requerida para el proceso, se divide entre la eficiencia térmica del equipo, para hallar los requerimientos totales de energía procedentes de la combustión.

### **Consideraciones Especiales**

- La temperatura inicial está relacionada con la temperatura ambiente, que para el municipio de Vélez varía desde 12°C hasta 22°C con un promedio de 16,5°C (IDEAM)
- La Temperatura de entrada de la mezcla PUEDE SER DIFERENTE, si la fruta se conservaba refrigerada, (estará más fría y seca) o por el contrario, si fue escaldada, tendrá una temperatura y humedad mayores,
- Las propiedades térmicas de la pulpa dependen de la composición (variedad de la fruta) y de su contenido de humedad (maduración). Se reportan datos de Calor específico desde 3,6 hasta 4,2kJ/kg\*K
- La temperatura final estará limitada por el punto de ebullición del agua, que depende de la presión atmosférica local. Se promedia en 93°C para 2150msnm.
- Mayores tiempos de cocción implican reacciones químicas no deseadas con cambios en la composición nutricional (destrucción de

nutrientes) y en las propiedades sensoriales (color oscuro, alteración del sabor)

**Tabla 21. Datos generales para cálculos**

<b>Datos generales.</b>	
Masa de jalea de bocadillo	$M_{guayaba} = 50$ kg
Calor específico de la pulpa	$C_{p_{guayaba}} = 4019$ J/kg*K Fuente: CIMPA
Temperatura inicial	$T_i = 16,5$ °C Fuente: IDEAM
Temperatura final	$T_f = 93$ °C Fuente: CIMPA
Masa de humedad a evaporar	$M_{water} = 15$ kg Formulación
Calor específico del agua	$C_{P_{water}} = 4200$ J/kg°C
Entalpia de vaporización del agua	$H_{fg_{water}} = 2235$ kJ/kg
Tiempo de cocción	$t = 50$ min

**Tabla 22. Ecuaciones para Cálculos.**

<b>Ecuaciones</b>	
Calor Sensible	$Q_s = m \times C_p \times (T_f - T_i)$
Calor Latente	$Q_l = m \times h_{fg}$

Donde,

$m = \text{masa}$

$C_p = \text{calor específico}$

$T_f = \text{Temperatura final}$

$T_i = \text{Temperatura inicial}$

$h_{fg} = \text{Entalpia de vaporización}$

Los requerimientos de energía del producto son:

1. **Calor sensible** para calentar la jalea de bocadillo desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de cocción

$$Q_s = m \times C_p \times (T_f - T_i)$$

$$Q_s = (50kg) \times \left( 4019 \frac{J}{kg \times ^\circ C} \right) (93^\circ C - 16,5^\circ C) = 15372,675kJ$$

2. **Calor latente** para evaporar la humedad de la jalea de bocadillo, hasta lograr la concentración de 75°Bx

$$Q_l = m \times h_{fg}$$

$$Q_l = (11,8kg) \times \left( 2235 \frac{kJ}{kg} \right) = 26373kJ$$

$$Q_{producto} = Q_l + Q_t$$

$$Q_{producto} = 15372,6 + 26373 = 41745,6kJ$$

La ineficiencia del proceso implica toda la energía que se necesita para suplir:

- Ineficiencia de Caldera: implica ineficiencia de combustión, más pérdidas por chimenea, (temperatura de gases de combustión)
- calor sensible acumulados en el agua de vaporización a la temperatura de operación, y calor latente acumulados en el vapor a la presión de operación
- calor necesario para calentar el recipiente metálico a la temperatura de operación

Para la marmita se ha proyectado una eficiencia térmica del 60%, que es una muy buena eficiencia promedio para marmitas autogeneradoras a gas, dentro del análisis de *Benchmarking* realizado. Con esta eficiencia se determina los requerimientos globales de energía a la entrada, en forma de energía química (combustible).

$$\eta = \frac{HeatupEnergy}{FiringEnergy} = 60\% \text{ Eficiencia esperada}$$

$$FiringEnergy = \frac{HeatupEnergy}{Efficiency} = \frac{41745,6kJ}{0,6} = 69576kJ$$

Para un tiempo de calentamiento de 49min [2940s], se determina la Potencia del quemador.

$$FiringRate = \frac{FiringEnergy}{time} = \frac{69576kJ}{2940s} = 23,67kW$$

Con un poder calorífico promedio de 32,7MJ/s para el Gas Natural, se puede determinar un consumo máximo de 43,3litro/min.

$$Flow = \frac{Firingrate}{HeatValue} = \frac{\frac{23,67kJ}{s}}{\frac{32700kJ}{m^3}} * \left(\frac{1000liter}{m^3}\right) * \left(\frac{60s}{min}\right) = 43,3 \frac{liter}{min}$$

### 6.1.2 Estados de Operación.

Para efectos termodinámicos, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. La chaqueta de vapor se comporta como un Volumen de Control que define las fronteras de un **Sistema de sustancia pura formado por agua/vapor de agua**. Esta consideración es una idealización del sistema, si la chaqueta previamente ha sido purgada para extraer el aire atrapado en el interior. Sin embargo, en el sistema real, además de agua y vapor de agua siempre se encontrará aire, debido a la dificultad de lograr sellos completamente herméticos en las conexiones y en los accesorios como la válvula de seguridad.

2. Se considera que el sistema es de **masa constante**, pues no hay entradas ni salidas de masa a través de las fronteras del volumen de control.
3. Se considera que las paredes del recipiente fijas y rígidas, por lo tanto el proceso de generación de vapor ocurre a **Volumen constante**,
4. Las propiedades termo físicas y químicas del sistema se asumen constantes y promedio. No ocurren cambios ni reacciones químicas.
5. El proceso de generación de vapor es *no adiabático* (existe transferencia de calor con el medio), a volumen constante (*isocórico*)

**Proceso:** Cambio de estado de un sistema de sustancia pura en dos fases (agua y vapor), a volumen constante, con transferencia de calor.

**Estado 1. [En frío]. Condiciones.**

Masa: 18kg

Volumen total [agua + vapor]: 60litros

Temperatura: 16,5°C (Temperatura ambiente local)

Presión: 18mbar (Presión de saturación a 16°C)

Para el correcto funcionamiento de la marmita, la chaqueta de vapor debe estar libre de aire. Una vez se remueve el aire dentro de la chaqueta, esta solo contendrá agua y vapor de agua a la presión de saturación correspondiente a la temperatura ambiente.

Para una temperatura ambiente local promedio de 16°C, según las Tablas de vapor **[Formulación IAPWS-IF97]**, la presión dentro de la Chaqueta sería de

18mbar-absoluto. Esta presión es muy cercana al cero absoluto. Técnica-mente es imposible alcanzar la condición de vacío absoluto, pues siempre habrá una fracción de aire dentro de la chaqueta a la misma presión y temperatura del sistema.

Es deseable que la chaqueta tenga la mínima cantidad posible de aire, dado que si hay un componente más en el sistema agua-vapor, igualmente consumirá energía para calentarse a las condiciones de operación, y además actuaría como aislante térmico entre el vapor y la superficie metálica del Recipiente. Entonces, antes de operar la marmita es necesario verificar que la chaqueta no contiene aire (o contiene un mínimo) a partir de la indicación del mano-vacúometro.

Se identifican 2 zonas:

- **Zona de Venteo. [Zona Naranja]** [0 a -20inHg]: La chaqueta tiene demasiado aire, que puede afectar el desempeño. Se debe ventear para sacar el aire.
- **Zona de operación [Zona Verde]** [-20inHg a -30inHg]. La chaqueta tiene poco o nulo aire.

Fig. 38 Zonas de operación en vacío.



**Estado 2. [En caliente]. Condiciones**

**Masa:** 18kg

**Volumen total** [agua + vapor]: 60litros

**Temperatura:** 100°C (Temperatura de cocción)

**Presión:** 100mbar. (Presión de saturación a 100°C)

**Fig. 39 Zonas de operación para cocción.**

	Pman [psi]	Tsat [°C]	
Zona de cocción a baja Temp. Con la chaqueta en vacío	-	50	Termostato SIT 710-850 Termostato RobertShaw
	-11,805	60	
	-10,1743	70	
	-7,8251	80	
	-4,5263	90	
<b>Presión Operación para Bocadillo</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	Termostato SIT 710-702 Limitado por termostato Válvula de Seguridad
	5	108,419	
Intervalo seguro para cocción de otros productos	10	115,227	
	15	120,984	
	20	125,997	
<b>Presión de Operación Máxima Permisible</b>	<b>30</b>	<b>134,474</b>	ASME BVPC Sec. VIII Div1. Ap.19
Intervalo no seguro y muy caliente para cocción en general	35	138,146	
	40	141,531	
	45	144,675	
<b>Presión de Diseño ¡Explosión!</b>	<b>50</b>	<b>147,614</b>	
	<b>167,205</b>	<b>190</b>	

Se identifican 2 Zonas:

- Zona de Operación Segura [Zona **Verde**]
- Zona de Operación No segura para el producto [Zona **Amarilla**]

Fig. 40 Zonas de operación con chaqueta presurizada.



- La **presión de operación**, depende de la temperatura deseada, de tal forma que no se exceda la necesaria para la cocción de bocadillo.
- La **máxima presión permisible** es la presión límite que se acepta, no representa riesgo para el equipo, pero si para el producto que se está cocinando. Por esta razón, se fija la válvula de seguridad a la MAP.
- La **presión de diseño** es el límite sobre el cual ya existe riesgo para la integridad del equipo, bajo los requerimientos del Código ASME BPVC Sección VIII División I.

Para la operación de la marmita, se fijan los siguientes límites:

Tabla 23. Presiones de operación, máxima permisible y de diseño.

<b>Presión de operación para cocción de bocadillo</b>	<i>Operation Pressure [OP]</i>	0-25psi
<b>Presión de Operación máxima permisible</b>	<i>Maximum Allowable Pressure [MAP]</i>	30psi
<b>Presión de Diseño</b>	<i>Desing Pressure [DP]</i>	50psi

### 6.1.3 Cálculo y selección de aislamiento térmico.

De acuerdo con los requerimientos de la norma ASTM F1602, si la marmita está aislada la temperatura máxima de la superficie exterior no debe exceder los 60°C. Entonces se toma esta temperatura como el requerimiento para calcular el espesor mínimo necesario para la marmita autogeneradora, teniendo en cuenta además que lleva una cubierta exterior de acero inoxidable, que según la misma ASTM F1602, debe ser de calibre 20, o 0,9525mm [3/80in]. Para determinar el espesor mínimo, se necesita conocer las fronteras de temperatura, además de la conductividad del material de aislamiento, y el porcentaje máximo de pérdidas que se permiten a través de la pared circular de área conocida.

**Modelo de transferencia de calor.** De acuerdo con CENGEL, el aislamiento térmico actúa como una resistencia a la conducción paso de calor por conducción. Como consideraciones especiales, el espesor se va a calcular para una condición ideal de transferencia de calor estable y uniforme en toda el área, y con la presunción de que las propiedades termo físicas permanecen constantes en el intervalo de temperatura. Además teniendo en cuenta la forma cilíndrica de la chaqueta de la marmita, se aplica la ecuación de conducción del calor en cilindros. (CENGEL, 2006)

El modelo físico está compuesto por 3 capas: la chaqueta interior de acero inoxidable, el recubrimiento de aislante, y la cubierta exterior de acero inoxidable. A pesar de que las láminas de acero inoxidable son relativamente delgadas, su baja conductividad hace que sean tengan un efecto considerable en la resistencia al paso del calor.

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{R_{Total}}$$

$$R_{Total} = \frac{\ln(r^2/r_1)}{2\pi L K_1} + \frac{\ln(r^3/r_2)}{2\pi L K_2} + \frac{\ln(r^4/r_3)}{2\pi L K_3}$$

Donde

*T1 = Temperatura superficial de la chaqueta de vapor.*

*T2 = Temperatura superficial de la cubierta exterior*

*K1 y K3 son las conductividades del acero inoxidable [15W/m\*K]*

*K2 conductividad del material aislante [0,046W/m\*K]*

*r1 = diámetro interior de la chaqueta de vapor [300mm]*

*r2 = diámetro interior de la capa de aislamiento [302mm]*

*r3 = diámetro interior de la cubierta exterior [327mm]*

*r4 = diámetro exterior de la cubierta exterior. [328mm]*

*L = Longitud del cilindro. [600mm]*

A partir de estos parámetros, y considerando que las pérdidas por las paredes deberían ser menores al 2% del calor total entregado al producto, se determina que el espesor comercial más apropiado para la aplicación es de **25mm [1in]** con espuma *polimida*.

**Selección de Materiales para aislamiento Térmico.** La adecuada selección del aislamiento térmico permite tener una adecuada relación entre los costos del material, frente al potencial de ahorro por pérdidas de energía. El parámetro determinante a considerar es la **Conductividad Térmica**, pues a menor conductividad térmica, se tiene una resistencia mayor al paso del calor. Otra propiedad importante es la densidad, para no incrementar excesivamente el peso de la marmita. La siguiente Tabla resume los materiales más utilizados como aislamiento térmico.

Tabla 24. Selección de Aislamientos Térmicos.

Material	Conductividad		Densidad	Max Temp.
	(BTU/h)/ft°F (a 120°C)	W/mK	kg/m3	°C
Lana mineral	0,35	0,05047	140	370
Fibra cerámica	0,44	0,063448	64, 96, 128	1260
Fibra de vidrio	0,24	0,034608	12 a 30	540
Solimide Espuma	0,32	0,046144	6,4	300

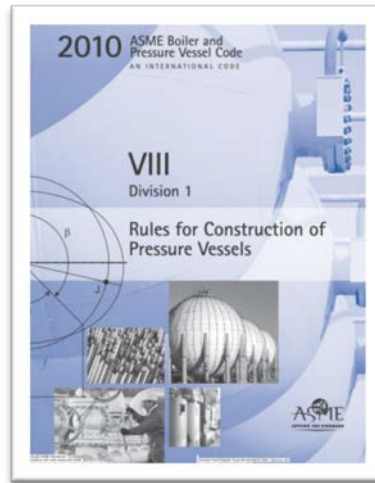
Para la marmita se escogió la espuma **Solimide**. Es una espuma polimida con una conductividad térmica similar a la lana mineral, pero con una densidad muy baja, lo que la hace liviana y práctica para la aplicación. Sin embargo, debido al costo relativamente alto de la espuma solimide, se recomienda utilizar **Fibra de Vidrio aglutinada**, con respaldo de *foil* de aluminio, para evitar el desprendimiento de las fibras que puedan contaminar el ambiente donde opera la marmita.

## 6.2 DISEÑO ESTRUCTURAL

Estructuralmente, la marmita debe diseñarse para que soporte la presión de trabajo, con un adecuado factor de seguridad considerando el servicio que presta y los riesgos potenciales derivados de una eventual sobrepresión.

Como la marmita trabaja con vapor a presión, se debe calcular en base a las Reglas del **Código ASME para Calderas y Recipientes a Presión**. El cálculo estructural implica la determinación del espesor mínimo de material para que el recipiente a presión trabaje de manera segura a la presión y temperatura de operación. Para efectos prácticos, los espesores se deben normalizar en relación a los espesores comerciales, que generalmente se expresan en Calibres de lámina, basados en el *US-Standard Gauge Metal Sheet*. (Ver ANEXO 1)

**Fig. 41 Portada ASME Boiler and Pressure Vessel Code 2010 Sección VIII División 1.**



Sin embargo, el recipiente no puede ser excesivamente robusto, teniendo en cuenta que espesores mayores de los necesarios aumentan la cantidad de material, haciendo la marmita innecesariamente pesada, y más costosa.

### **6.2.1 [UG-20] y [UG-21]. Presiones y temperaturas de diseño.**

El Código ASME Sec. VIII está limitado para marmitas que no excedan una presión de trabajo de 50psi. **[U-1(j)]**. Entonces, se toma esta presión como la Presión de Diseño para efecto de los cálculos ASME, y como Temperatura de Diseño, se toma la Temperatura de Saturación del Vapor de agua a la Presión de saturación igual a la Presión de Diseño.

$$P_{diseño} [MAWP] = 50psi$$

$$T_{diseño} = T_{sat@P_{sat}=P_{diseño}}$$

De acuerdo con las Tablas de vapor [Formulación IAPWS-IF97<sup>13</sup>], la Temperatura de Diseño es:

---

<sup>13</sup> Tomado de [www.steamtablesonline.com](http://www.steamtablesonline.com)

$$T_{\text{diseño}} [\text{MDMT}] = 138^{\circ}\text{C}$$

Por otra parte, considerando que la marmita cuando esta fría trabaja en **vacío**, la carga que soporta es la debida a la presión atmosférica, que actúa externa al recipiente (Condición *full-vaccum*). En resumen, las presiones de diseño para todos los cálculos son:

**Tabla 25. Presiones de Diseño para Cálculos ASME**

<b>Marmita en caliente</b>	Presión de diseño [MAWP]	50psi-g	ASME Apéndice 19
	Temperatura de diseño [MDMT]	138°C	Temp. De saturación a la presión de diseño
<b>Marmita en Frio</b>	Presión de diseño	-15psi-g	Condición de <i>Full vaccumm. (Ap. 3,2)</i>
	Temperatura de diseño	16,5°C	Temperatura ambiente local.

**Nota.** El **Apéndice 3,2** del *ASME BPVC Sección VIII División I* define la condición de **Full Vaccum**, como una condición donde la presión interna absoluta es 0psi (0kPa) y la presión externa absoluta en el recipiente es 15psi (100kPa)

### 6.2.2 [UG-22] Cargas

Las cargas que se consideran para el diseño del recipiente a presión son las siguientes:

- Presiones de diseño externas e internas
- Peso del recipiente y de su contenido
- Reacciones estáticas de equipos adyacentes, como motores, maquinaria, otros recipientes, etc.

- Cargas cíclicas debidas a las variaciones de temperatura
- Viento, nieve, carga sísmica
- Reacciones de Impacto
- Gradientes de temperatura
- Presiones anormales, como las causadas por conflagraciones.

Las principales cargas son:

**Tabla 26. Cargas debidas a la presión.**

Presión Interna	50psi-g	Presión de Diseño
Presión Externa	15psi-g	Full vaccum
Peso del recipiente	50kg	
Peso de la carga	50kg	

No se toman en cuenta cargas adicionales, como vibraciones, viento, lluvia o nieve, impactos, etc. por simplicidad de diseño y debido a que la marmita se proyecta para operar en un ambiente cerrado, y protegido de estos factores.

### **6.2.3 [UG-23] Máximo Esfuerzo Permisible [S] y Factor de Seguridad.**

El esfuerzo máximo permitido para los diferentes materiales se da en la Subparte 1 de la Sección II, Parte D. Para acero inoxidable 304, el valor de esfuerzo máximo esta dado en la Tabla UHA-23 [Materiales de Alta Aleación] –Tabla 1A (Ver ANEXO 4). De esta tabla se determina el Máximo esfuerzo, en función de la Temperatura de Operación. Para lámina de acero inoxidable 304 18Cr-8Ni, a la temperatura de operación de 138°C [280°F] se tiene:

$$S = 1034 \text{ MPa [15000 psi]}$$

De la Tabla 2A ASME BVPC Sección II – Parte D – Subsección 1, “Esfuerzos Permisibles para Lámina de Acero Inox. 304” se tiene que el Máximo esfuerzo a la tensión (límite elástico) para el acero inoxidable es 30000psi. A partir de esto, se encuentra el *Factor de Seguridad* del Diseño:

$$FS = \frac{\textit{Yield Strength}}{\textit{Maximum Allowable Stress}} = \frac{30ksi}{15ksi} = 2$$

#### 6.2.4 [UG-25] Espesor por Corrosión

No se especifica un espesor adicional por corrosión, debido a que el material es un acero de alta aleación muy resistente a la corrosión, además, para generar vapor se utiliza agua previamente tratada (destilada). Como es una aplicación de manejo de alimentos, la limpieza y el mantenimiento de la marmita deben impedir que aparezca cualquier rastro de corrosión.

#### 6.2.5 Consideraciones para el Diseño de las Secciones de la Marmita.

- A. Se toma el recipiente a presión como un tanque formado por dos secciones cilíndricas de diferente diámetro, unidas por una transición cónica. La posición de trabajo del tanque es vertical, con una cabeza superior Toriesférica con la concavidad hacia arriba, y una tapa inferior plana. El cilindro inferior se encuentra modificado para incluir la cámara de combustión. (Ver Figura 52)
- B. El tanque está formado por las siguientes secciones:
- **Cuerpo.** La chaqueta de vapor es la sección principal, o cuerpo del tanque. Se define como un casquete cilíndrico.(2)

- **Cabeza Superior.** El recipiente de alimentos es la cabeza superior del tanque. Se define como una cabeza Toriesférica ubicada de manera invertida, esto es: con la concavidad hacia arriba. Se ubica en el borde superior del Cuerpo (chaqueta) (1)
- **Transición.** Una sección cónica de transición, entre la chaqueta de vapor, y el recipiente que contiene el agua de vaporización. Se ubica en el borde inferior del Cuerpo.(2)
- **Recipiente menor.** Es el recipiente que contiene el agua de vaporización, se ubica en el borde inferior de la Transición cónica.(3)
- **Cabeza Inferior.** Es una tapa plana en la parte inferior del recipiente menor. (3)
- **Cámara de combustión.** El recipiente menor está atravesado por un túnel. Están abiertos la parte inferior, y uno de los lados de túnel. (3)
- **Chaqueta de gases.** Esta sección va paralela a la transición cónica, y forma un doble conducto para los gases, dirigiéndolos hacia la chimenea. (4). Esta sección no trabaja a presión.

### C. Símbolos utilizados

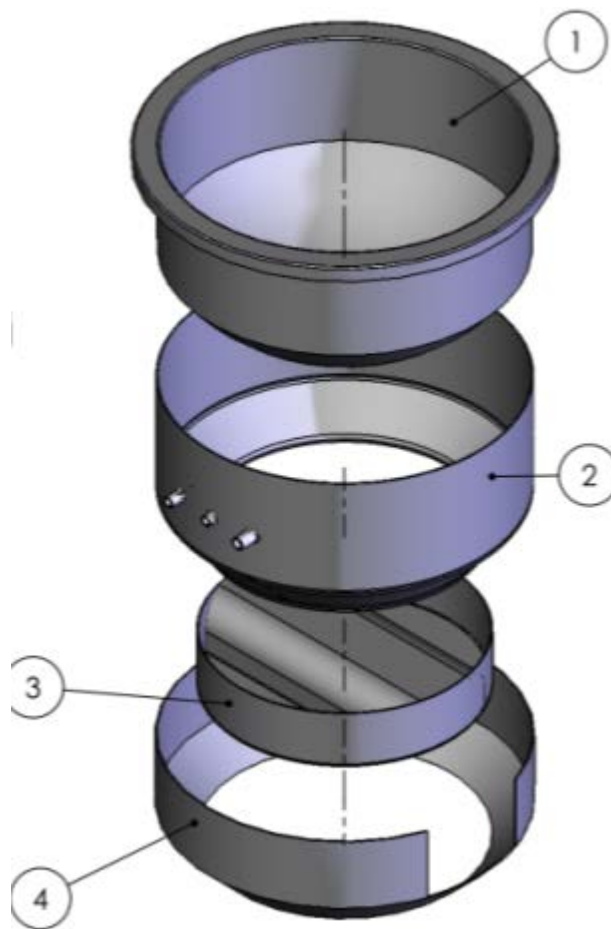
Tabla 27. Símbolos utilizados para cálculos ASME

Símbolo	Definición
<i>t</i>	Espesor mínimo requerido
<i>P</i>	Presión de Diseño
<i>Pa</i>	Presión admisible
<i>S</i>	Esfuerzo Máximo permisible.
<i>E</i>	Eficiencia de la Junta
<i>R</i>	Radio exterior del casco o cilindro
<i>te</i>	Espesor efectivo de la sección cónica
<i>Lc</i>	Longitud axial de la sección cónica, sin rebordes
<i>Le</i>	Longitud equivalente de la sección cónica
<i>L</i>	Longitud axial total de la sección cónica
<i>Ds</i>	Diámetro menor de la sección cónica
<i>DL</i>	Diámetro mayor de la sección cónica
<i>Ro</i>	Radio exterior de la porción esférica de una cabeza Toriesférica

<b>A, B</b>	Parámetros adimensionales de geometría.
<b><math>\alpha</math></b>	Semi-ángulo de la sección cónica

**D. El Apéndice 19-4** establece que para el **Diseño** de marmitas, las juntas soldadas categoría A y B en contacto con productos de la combustión, serán del **Tipo I** de la Tabla UW-12 (Ver ANEXO 7). La eficiencia de la Junta depende básicamente del tipo de inspección que se solicite, y de la categoría y tipo de la junta. Los valores más bajos de eficiencia se utilizan cuando se contiene líquidos letales, combustibles, cuando no se exige inspección por radiografía, o cuando se trabaja con vapor a más de 50psi. **(UW-2)**

**Fig. 42 Partes del recipiente a presión.**



Para soldaduras Tipo I, categorías A, B, C y D, y no exige inspección por radiografía, la Eficiencia de la Junta se establece como  $E = 0,70$ . Por extensión, se aplica esta eficiencia para todas las soldaduras de la marmita.

### 6.2.6 Cálculos de Espesor. “Condición de Marmita Caliente”

#### A. UG-27(c). Espesor de Cascos bajo presión interna (cilindros)

El espesor mínimo para cascos cilíndricos, se determina como el mayor que resulte de calcular el espesor para el esfuerzo longitudinal, o para el esfuerzo circunferencial.

**Esfuerzo Circunferencial. (Juntas Longitudinales).** Cuando P no exceda  $0.385SE$ , se aplica la siguiente fórmula:

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$$

La siguiente tabla muestra los cálculos para hallar el espesor mínimo para esfuerzo circunferencial.

Tabla 28. Cálculos de espesor mínimo por UG-27(c).

Factor	Valor	Unidad	Ecuación	Observación
$P$	50	psi	P de Diseño	Sección -VIII, Ap-19
$R$	11,81	in	Entrada	Radio=30cm
$S$	15000	psi	Sección II Parte D	Esfuerzo Admisible 314
$E$	0,7		No radiografía	Sección -VIII, UW-12
$t$ (in)	0,056	in	$t=PR/(SE-0,6P)$	Sección-VIII, UG-27(c)

**Esfuerzo longitudinal. (Juntas circunferenciales).** Cuando P no exceda  $1,25SE$ , se aplica la siguiente fórmula:

$$t = \frac{PR}{2SE + 0,4P}$$

La siguiente tabla muestra los cálculos para hallar el espesor mínimo para esfuerzo longitudinal.

**Tabla 29. Cálculos de espesor mínimo por UG-27**

Factor	Valor	Unidad	Ecuación	Observación
<i>P</i>	50	psi	Presión de Diseño	Sección -VIII, Ap-19
<i>R</i>	11,81	in	entrada	Radio=30cm
<i>S</i>	15000	-	Sec. II Parte D	Esfuerzo Admisible 314
<i>E</i>	0,7		No radiografía	Sección -VIII, UW-12
<i>t (in)</i>	0,0281	in	$t=PR/(2SE+0,4P)$	Sección -VIII, UG-27(c)
<i>t(mm)</i>	0,7136	mm		

La sección cilíndrica de la chaqueta de vapor es crítica por esfuerzo circunferencial, luego el espesor mínimo debe ser: **0,0564in. [1,433mm]**

**B. UG-33(d) y UG-33(e). Cabeza preformada Toriesférica, con presión en el lado Convexo.**

El espesor mínimo requerido para cabezas toriesféricas, se debe calcular con el siguiente procedimiento:

- Asumir un valor de *t* y calcular el factor *A* (Tabla 30).
- Con el valor de *A* calculado, en la Tabla G de la Sec. II, Parte D, Subparte 3 se intersecta para la temperatura de diseño y se determina el Factor *B*.
- Con el Factor *B*, se calcula la Máxima presión Admisible *P<sub>a</sub>* (ver ecuación en la Tabla 30)
- Si  $P_a > P$ , entonces el espesor *t* es el deseado, si  $P_a < P$ , se debe asumir un valor mayor de *t*, y re-calculer hasta que  $P_a > P$ .

La siguiente tabla resume las ecuaciones y los cálculos realizados, hasta obtener  $P_a=50 = P=50\text{psi}$ , para un espesor estándar de 3,5mm.

**Tabla 30. Cálculos de espesor mínimo por UG-33(d).**

Factor	Valor	Unid.	Observación
<i>P<sub>diseño</sub></i>	50,00	psi	T de diseño =148°C=300°F
<i>A</i>	0,00089	-	$A=0,125/(Ro/t)$

<b>Ro</b>	19,685	in	Radio exterior de la cabeza igual al Do de la marmita
<b>t</b>	<b>0,140625</b>	<b>in</b>	<b>Calibre 10=3,5mm</b>
<b>B</b>	7000	psi	Tabla HA-1 Sec.-II a T=300°F (148°C) ANEXO
<b>Pa</b>	<b>50,00625</b>	psi	$Pa=B/(Ro/t)$

### C. UG-32(g) Sección cónica con presión interna.

El espesor requerido para secciones cónicas, se determina por las siguientes ecuaciones:

$$t = \frac{PD}{2 \cos \alpha (SE - 0.6P)}$$

Donde  $\alpha$  es el semi-ángulo de la sección cónica. La siguiente tabla presenta los cálculos realizados para determinar t

Fig. 43 Dimensiones de sección cónica.

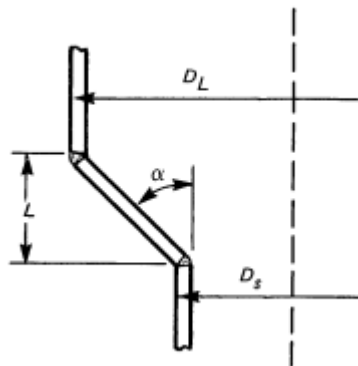


Tabla 31. Cálculos para espesor mínimo por UG-32(g).

Factor	Valor	Unidad	Observación
<b>P</b>	50	psi	Presión de diseño
<b>L</b>	3,54	in	Entrada
<b>S</b>	15000	psi	Sección -II, Parte-D
<b>E</b>	0,70	-	Sección -VIII-UW12
<b>D</b>	23,62	in	Entrada
<b>t (in)</b>	0,11	in	UG-32(g)
<b>t (mm)</b>	<b>2,86</b>	mm	

#### D. UG-27(c). Espesor de Cascos bajo presión interna (cilindro interno.)

El mínimo espesor para cascos cilíndricos, se determina como el mayor que resulte de calcular el espesor para el esfuerzo longitudinal, o para el esfuerzo circunferencial.

**Esfuerzo Circunferencial. (Juntas Longitudinales).** Cuando  $P$  no exceda  $0.385SE$ , se aplica la siguiente fórmula:

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$$

La siguiente Tabla muestra los cálculos para hallar el espesor mínimo para esfuerzo circunferencial.

Tabla 32. Cálculos de espesor mínimo por UG-27(c)

Factor	Valor	Unidad	Ecuación	Observación
$P$	50	psi	P de Diseño	Sección-VIII, Ap-19
$R$	8,66	in	Entrada	Radio=30cm
$S$	15000	-	Sec. II Parte D	Esfuerzo Admisible 314
$E$	0,75		Sin radiografía	Sección -VIII, UW-12
$t$ (in)	0,0386	in	$t=PR/(SE-0,6P)$	Sección -VIII, UG-27(c)

**Esfuerzo longitudinal. (Juntas circunferenciales).** Cuando  $P$  no exceda  $1,25 SE$ , se aplica la siguiente fórmula:

$$t = \frac{PR}{2SE + 0,4P}$$

La Tabla 33. Cálculos de espesor mínimo por UG-27 muestra los cálculos para hallar el espesor mínimo para esfuerzo longitudinal.

**Tabla 33. Cálculos de espesor mínimo por UG-27**

<b>Factor</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Observación</b>
<b>P</b>	50	psi	P de Diseño	Sec.-VIII, Ap-19
<b>R</b>	8,66	in	entrada	Radio=30cm
<b>S</b>	15000	-	Sec. II Parte D	Esfuerzo Admisible 314
<b>E</b>	0,75		No radiografía	Sec.-VIII, UW-12
<b>t (in)</b>	<b>0,0192</b>	in	$t=PR/(2SE+0,4P)$	Sec.-VIII, UG-27(c)

La sección cilíndrica de la chaqueta de vapor es crítica por esfuerzo circunferencial, luego el espesor mínimo debe ser: 0,0386in. [0,980mm]

### 6.2.7 Cálculo de espesores. Condición de Marmita Fría.

#### A. UG-28(c). Espesor de Cascos bajo presión externa (cilindros)

Para determinar el espesor de cascos cilíndricos bajo presión externa, donde  $Do/t > 10$ , se sigue el siguiente procedimiento:

- Asumir un valor de t, y calcular L/Do y Do/t
- En la Fig. G de la Subparte 3 de la Sec. II, Parte D (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), se intersectan los valores de Do/t y L/Do, para determinar el valor de A.
- En la tabla aplicable al material (Tabla HA-1), de la Subparte 3 de la Sección II, Parte D, (ver ANEXO 6) se intersecta el valor de A con la temperatura, para determinar el valor de B.
- Con el valor de B, se determina la presión admisible  $P_a$ , con la siguiente fórmula:

$$P_a = \frac{4B}{3(D_o/t)}$$

- El valor de  $P_a$  debe ser mayor o igual a la  $P$  de diseño, si no es así, se debe cambiar el valor de  $t$ , hasta obtener que  $P_a > P$

La siguiente Tabla muestra los valores de cada parámetro, y los cálculos realizados para obtener  $P_a > P$

**Tabla 34. Cálculos de espesor mínimo por UG-28(c)**

Factor	Valor	Unidad	Fórmula	Observación
$Do$	23,62	in	entrada	Diámetro Externo $Do=60\text{cm}$
$L$	11,02	in	entrada	Longitud $L=28\text{cm}$
$t$	0,06	in	entrada	<b>Espesor Calibre 16</b>
$Do/t$	393,70	-		
$L/Do$	0,467	-		
$A$	0,00015	-	Tabla G	Sec.-II, Parte-D, SubPart-3
$B$	5500	psi	Tabla HA-1	Sec.-II, Parte-D, SubPart-3 (referenciado a Temperatura ambiente)
$P_a$	18,63	psi	$P_a=4B/(Do/t)$	Max. Presión de Trabajo Permissible
$P$	15,00	psi		

### B. UG-32(e) Cabeza preformada Toriesférica, con presión en el Lado Cóncavo.

Cuando  $t/L < 0,002$ , El espesor mínimo para cabezas toriesféricas debe ser determinado por las siguientes fórmulas:

$$t = \frac{0,885PL}{SE - 0,1P}$$

La siguiente Tabla resume la ecuaciones y los cálculos realizados, para obtener  $t_{min}=0,59\text{mm}$

**Tabla 35. Cálculos de espesor mínimo por UG-32(e).**

Factor	Valor	Unidades	Observación
$P$	15,00	psi	Presión de diseño
$L$	19,68	in	Radio de la cabeza

<b>S</b>	15000	psi	Esfuerzo permisible
<b>E</b>	0,75		Eficiencia soldadura
<b>t (in)</b>	0,023	in	Espesor según UG-32(e)
<b>t (mm)</b>	0,591	mm	

### C. UG-33(f) Sección cónica con presión externa.

Cuando  $\alpha < 60^\circ$  y  $DL/t > 10$ .

- Se asume un valor de t, y se calcula  $Le/DL$  y  $DL/te$
- En la Fig. G de la Subparte 3 de la Sección II, Parte D (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), con el valor de  $L/Do$  se intersecta con  $Do/t$  para hallar el factor A.
- Con el valor de A, se entra a la tabla aplicable al material (Tabla HA-1), de la Subparte 3 de la Sección II, Parte D, (ver ANEXO 6), para intersectar con la temperatura de diseño, y determinar el valor del Factor B.
- Con el Factor B, se determina la máxima presión externa admisible,  $P_a$ , con la siguiente Fórmula:

$$P_a = \frac{4B}{3\left(\frac{DL}{te}\right)}$$

La siguiente Tabla resume los valores de cada parámetro, y los cálculos realizados, hasta obtener  $P_a=18,6\text{psi}$ , mayor que  $P=15\text{psi}$ .

**Tabla 36. Cálculos de espesor mínimo por UG-33(f).**

Factor	Valor	Unidad	Fórmula	Observación
<b>A</b>	0,002	-	Tabla G	Sec. II, Parte D, SubPart3
<b>B</b>	11000	psi	Tabla HA-1	Sec. II, Parte D, SubPart3
<b>E</b>	0,70	-	Sec-VIII, UW-12	Eficiencia Soldadura
<b>P</b>	15,00	psi	Sec-VIII, Ap. 19	Presión de Diseño
<b>Ds</b>	8,661	in	entrada	Diámetro2=22cm
<b>DI</b>	23,62	in	entrada	Diámetro1=60cm
<b>t</b>	0,06	in	Entrada	<b>Espesor lámina Calibre 16 (1,52mm)</b>
<b><math>\alpha</math></b>	60,00	°	Entrada	Ángulo del Cono
<b>L</b>	1,968	in	Entrada	Long. Axial del Cono

<b>te</b>	0,030		Tcosa	Espesor efectivo de la sección cónica
<b>Le</b>	1,345	in	(L/2)(1+Ds/DI)	Long. Equivalente de la sección cónica
<b>Le/DI</b>	0,057			
<b>DI/te</b>	787,4			Cumple criterio DI/te>10
<b>Pa</b>	18,60	psi	MAWP	
<b>Pdiseño</b>	15,00	psi		Sección VIII-Ap. 19

#### D. UG-28(c). Espesor de Cascos bajo presión interna (cilindro interno.)

Para determinar el espesor de cascos cilíndricos bajo presión externa, se sigue el procedimiento descrito a continuación.

Para cilindros donde  $Do/t > 10$

1. Asumir un valor de  $t$ , y calcular  $L/Do$  y  $Do/t$
2. En la Fig. G de la Subparte 3 de la Sec. II, Parte D, se intersectan los valores de  $Do/t$  y  $L/Do$ , para determinar el valor de  $A$ .
3. En la Tabla aplicable al material (Tabla HA-1), de la Subparte 3 de la Sección II, Parte D, (ANEXO 6) se intersecta el valor de  $A$  con la temperatura, para determinar el valor de  $B$ .
4. Con el valor de  $B$ , se determina la presión admisible  $P_a$ , con la siguiente fórmula:

$$P_a = \frac{4B}{3(D_o/t)}$$

5. El valor de  $P_a$  debe ser mayor o igual a la  $P$  de diseño, si no es así, se debe cambiar el valor de  $t$ , hasta obtener que  $P_a > P$

La siguiente Tabla muestra los valores de cada parámetro, y los cálculos realizados para obtener  $P_a > P$

Tabla 37. Cálculos de espesor mínimo por UG-28(c)

Factor	Valor	Unidad	Fórmula	Observación
<b>Do</b>	17,323	in	entrada	Diámetro Externo Do=60cm
<b>L</b>	3,9371	in	entrada	Longitud L=28cm
<b>t</b>	0,0351	in	entrada	<b>Calibre 20 (0,892mm)</b>

<b>Do/t</b>	493,528	-		
<b>L/Do</b>	0,227	-		
<b>A</b>	0,0006	-	Tabla G	Sec-II, Part-D, SubPart-3
<b>B</b>	7100	psi	Tabla HA-1	Sec-II, Part-D, SubPart-3 (Material referenciado a Tamb)
<b>Pa</b>	19,18	psi		Max. Presión de Trabajo Permisible
<b>Pdiseño</b>	15	psi		

### Resumen de espesores

De acuerdo con la parte **UG-16(b)**, el espesor mínimo para cualquier recipiente a presión diseñado con el Código ASME debe ser 1/16in (1,52mm), salvo algunas previsiones especiales, como en el caso de intercambiadores de calor, Calderas de Potencia, y recipientes a presión para servicio de aire, vapor y agua a presión, fabricados en Acero al carbono (Parte UCS). En estos casos el espesor mínimo debe ser 3/32in (2,5mm).

**Tabla 38. Resumen de espesores, calculados por código ASME**

Condición de operación	Componente	Espesor mínimo calculado	Espesor de lámina estándar
Operación en caliente	Cabeza Toriesférica	3,5mm	Calibre 10
	Chaqueta cilíndrica	1,43mm	Calibre 16
	Transición cónica	2,86mm	Calibre 14
	Cilindro menor	0,98mm	Calibre 18
Operación en Frio	Cabeza Toriesférica	0,6mm	Calibre 24
	Chaqueta cilíndrica	1,52mm	Calibre 16
	Transición cónica	1,52mm	Calibre 16
	Cilindro menor	0,892mm	Calibre 20

Según esto, ninguna parte puede ser menor a 1,52mm. Para efectos de estandarizar la manufactura, y permitir un óptimo aprovechamiento de la lámina, todas las secciones del recipiente a presión se normalizan al mayor espesor y se definen los siguientes espesores.

**Cabeza Toriesférica: Calibre 10**

**Resto de componentes: Calibre 14**

## 7. DISEÑO DE DETALLE

### 7.1 DISEÑO DE LAS CONEXIONES A TRAVÉS DEL RECIPIENTE A PRESIÓN.

De acuerdo con el código ASME, Sección VIII División 1, Apéndice 19, la marmita autogeneradora debe tener los puntos adecuados para conectar los elementos necesarios de control y seguridad. Los puntos principales son:

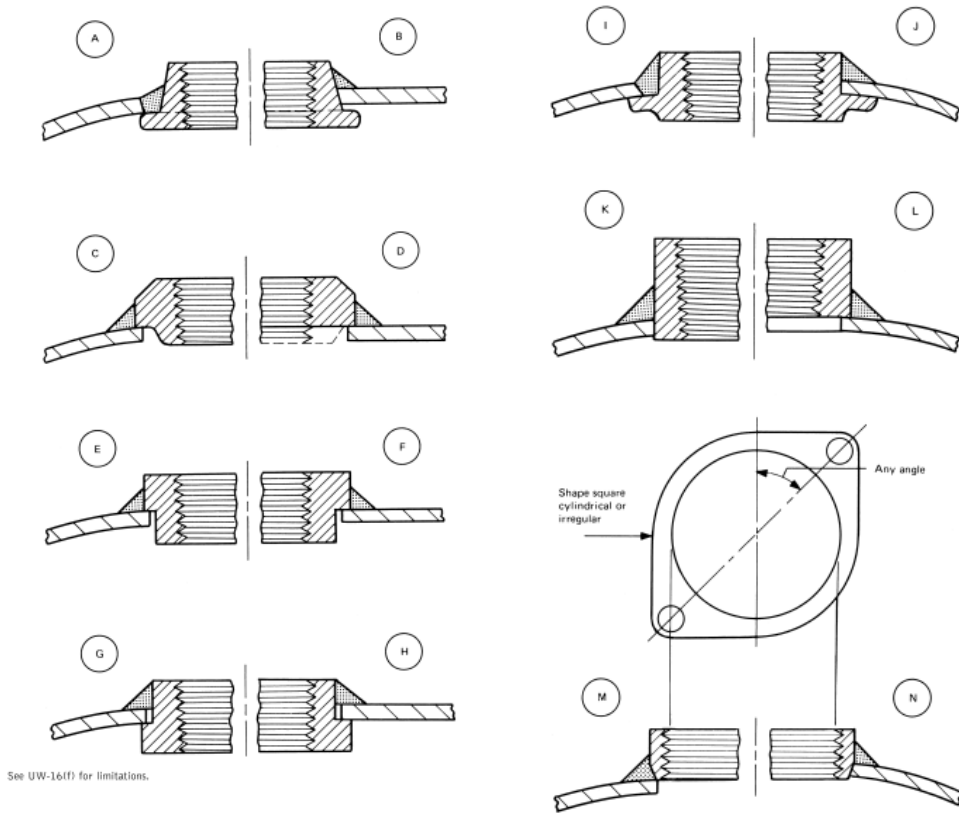
- Conexión para manómetro
- Conexión para válvula de seguridad (independiente)
- Conexiones para el visor de nivel de agua
- Adicionalmente, se necesita un punto de conexión para el sensor de temperatura.

De estos puntos de conexión, la válvula de seguridad debe ser independiente. El visor de nivel necesita dos puntos de conexión, uno en el fondo de la chaqueta, y otro punto por encima de la superficie del agua de vaporización. Adicionalmente, las conexiones deben permitir el montaje de accesorios con rosca estándar para tubos NPT.

A pesar de que es posible realizar agujeros roscados directamente sobre la chaqueta de vapor, debido a su bajo espesor no es recomendable porque no se haría el sello necesario para impedir las fugas de vapor. En este caso, es recomendable soldar coples o uniones roscadas a la pared de la chaqueta.

El código ASME Sección VIII División I Parte UW-16 recomienda varias alternativas para pequeños accesorios roscados que se sueldan a recipientes a presión.

**Fig. 44 Montaje de elementos roscados en recipientes a presión. ASME UW-16**



Para la marmita autogeneradora, los coples o uniones se instalaron de acuerdo al esquema L. Se instalaron tres coples en la superficie cilíndrica, y uno más en el fondo del recipiente de agua para vapor. La siguiente tabla resume la posición y función de cada cople:

**Tabla 39. Conexiones roscadas en la Chaqueta de vapor**

Cople	Diámetro Nominal	Clase	Función
Lateral 1	NPT ¼	Clase 150	Conexión manómetro y visor de nivel
Lateral 2	NPT ¼	Clase 150	Conexión termocupla
Lateral 3	NPT 3/8	Clase 150	Conexión Válvula de Seguridad
Fondo	NPT ¼	Clase 150	Conexión inferior del Visor de nivel

## 7.2 DISEÑO DE LA CHIMENEA.

La chimenea es el ducto por el cual se evacuan los gases de combustión, una vez han pasado por el intercambiador y han entregado su energía al agua de vaporización. El cálculo del área necesaria para el ducto de evacuación se hace en base a la Norma Técnica Colombiana 3833.

De acuerdo a esta norma, el área se determina en función de la potencia instalada para el aparato de combustión, de acuerdo a la siguiente Tabla.

**Tabla 40. Diámetro interior mínimo del conector de evacuación directa a través de fachada para artefactos a gas Tipo B1, calculado a condiciones del nivel del mar.**

Potencia Nominal del artefacto	Diámetro interior mínimo del conector de evacuación a nivel del mar. [D1]
$P < 11,5\text{kW}$	90mm
$11,6\text{kW} < P < 17,5\text{kW}$	110mm
$17,6\text{kW} < P < 24\text{kW}$	125mm
$24,1\text{kW} < P < 31,5\text{kW}$	139mm
$31,5\text{kW} < P$	175mm

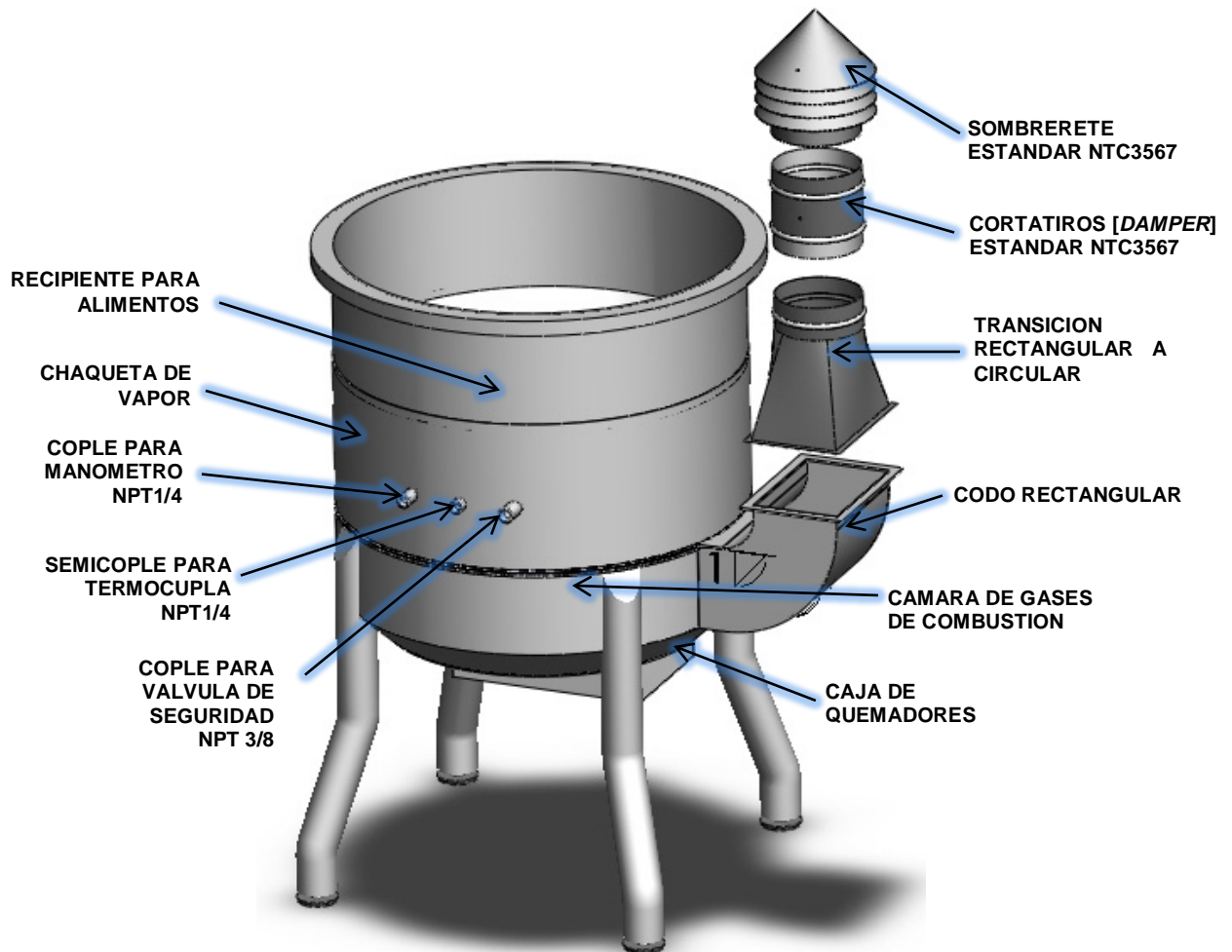
Para calcular el diámetro mínimo necesario en las instalaciones realizadas a cualquier otra altura sobre el nivel del mar, se debe corregir el diámetro de acuerdo a la siguiente ecuación

$$D_{local} = D1 * \sqrt{\frac{P_{a \text{ nivel del mar}}}{P_{local}}}$$

Realizando la corrección a la presión atmosférica de Vélez, (0,78bar), se calcula un ducto estándar de diámetro **6in (150cm)**. Con el diámetro determinado para el ducto, se diseña el conector. El conector de la chimenea se dimensiona en forma rectangular, con un área equivalente al ducto circular. El conector tiene forma codo estándar, para desviar los gases hacia

arriba. Al conector se agrega una transición de ducto rectangular a ducto circular, con un diámetro menor de ducto final, y una sección de corta-tiros o *damper*. Finalmente, se añade un *sombbrero* para impedir la entrada de objetos por la chimenea. Todos los elementos (codo rectangular, transición, *corta-tiros*, sombrero), se proyectan como componentes estándar de ductos para chimenea, de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana 3567. Conductos Metálicos para la Evacuación por Tiro Natural de los Productos de la Combustión del Gas, en lámina de acero inoxidable. (Ver Planos Anexos)

Fig. 45. Detalle de la chimenea y las conexiones roscadas.



### 7.3 PROCESO DE MANUFACTURA Y ENSAMBLE

La construcción de la marmita se realizó mediante procesos de manufactura para el conformado en frío de chapa metálica:

- Corte por plasma
- Deformación en frío para el fondo toriesferico de la marmita
- Cilindrado (rolado) de lámina
- Doblado de lámina
- Corte por cizalla
- Soldadura MIG

Adicionalmente, se requirió el mecanizado por CNC de ciertas partes no estándar, como un termopozo para el sensor de temperatura de la válvula termostática.

La superficie de la marmita se le dio un acabado No. 4 o Satinado, mediante pulido mecánico con *gratas* de diversos tamaños, y pulido manual con lija hasta obtener la textura deseada. Estos procesos fueron realizados en los Talleres de **Láminas y Cortes**, en la ciudad de Medellín (Antioquía)

Los componentes de la chimenea fueron construidos en Cali, Valle, por un fabricante especializado en componentes y ductos para ventilación y aire acondicionado, y en ductos para evacuación de gases de combustión, de acuerdo a la norma NTC3567. Los componentes de control y seguridad (quemadores tubulares, mano-vacúometro, válvula de alivio de presión, visor de nivel) se importaron de Estados Unidos, desde distribuidores autorizados, otros componentes se adquirieron con proveedores locales (válvula termostática tren de gas, líneas de vapor, insumos). El ensamble de los componentes se realizó en las instalaciones de la Corporación CDT de GAS. Otras partes se construyeron con fabricantes locales.

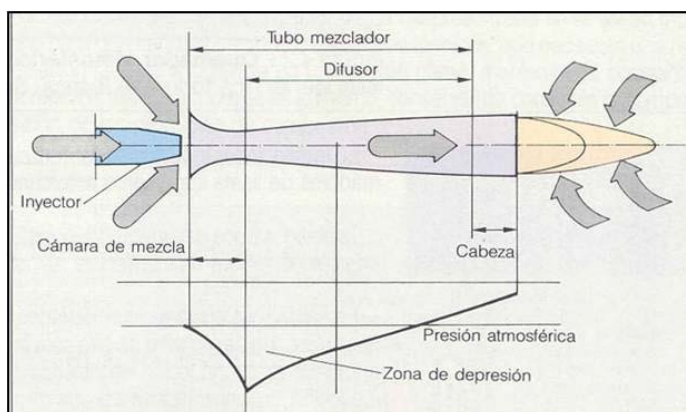
## 7.4 SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL TREN DE GAS.

### 7.4.1 Quemadores Atmosféricos.

El quemador es un elemento muy importante de la marmita, pues permite cumplir el objetivo de generar el calor necesario para generar el vapor. El calor se genera por la combustión de gas natural. Los quemadores de gas básicamente son de dos tipos:

- **Quemadores de gas inductor (atmosféricos)** Una parte del aire necesario para la combustión (Aire Primario) se induce en el propio quemador por el chorro de gas salido de un inyector (efecto Venturi); el aire restante (Aire Secundario) se obtiene por difusión del aire ambiente alrededor de la llama. En este tipo de quemadores se tienen combustiones con altos índices de exceso de aire.
- **Quemadores de aire inductor (forzado)** el aire de combustión es introducido mediante un ventilador, existen diversos sistemas para lograr la mezcla del aire con el combustible. En el caso de gas, el combustible se introduce mediante los inyectores, aprovechando la propia presión de suministro. En los combustibles líquidos se utilizan diversos sistemas para su pulverización, de modo que se creen microgotas de combustible que facilitan su mezcla con el aire. El tipo más extendido es el de pulverización mecánica.

Para la marmita se selecciona quemadores atmosféricos, debido a que no requieren un ventilador para su funcionamiento, lo cual disminuye el ruido de operación, los costos de operación debidos a consumo eléctrico, y además no se requiere tanto espacio para la ubicación del ventilador.

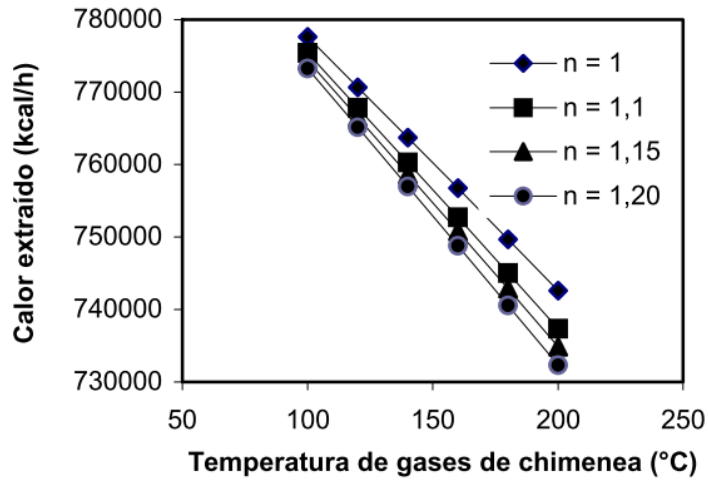


**Fig. 46 Esquema de funcionamiento de un quemador atmosférico**

Sin embargo, es necesario conocer muy bien los parámetros de operación (temperatura de gases de combustión, exceso de aire, temperatura de aire) de los quemadores atmosféricos para poder garantizar su mejor eficiencia y óptimo funcionamiento. A continuación se presentan los resultados de una investigación realizada en la Universidad de Salta<sup>14</sup> donde se resume las principales relaciones entre las variables significativas del proceso de combustión de gas natural.

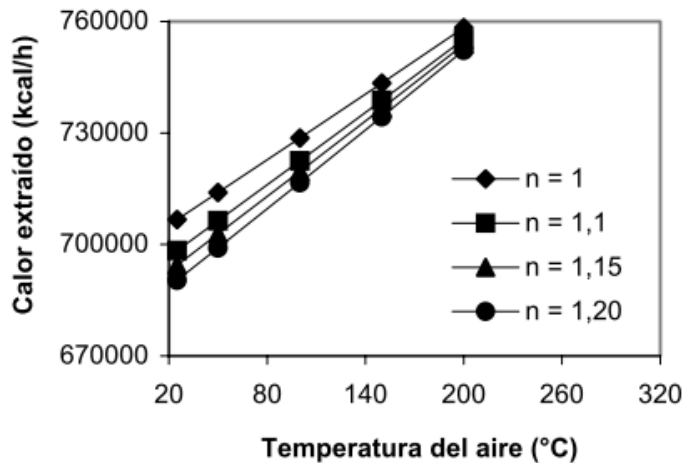
La Fig. 47 muestra el efecto de la temperatura de los gases de combustión sobre el calor extraído (calor entregado a la carga), tomando una temperatura del aire de 25°C, utilizando distintos excesos de aire. Se observa que a medida que aumenta la temperatura de los gases de chimenea disminuye el calor extraído, porque aumenta el calor sensible perdido en los gases al aumentar la temperatura de los mismos. Se observa, también, que a temperatura de gases de chimenea constante el calor extraído disminuye con el exceso de aire.

<sup>14</sup> Gloria Villafior, Graciela V. Morales y Jorge Velasco Universidad Nacional de Salta. VARIABLES SIGNIFICATIVAS DEL PROCESO DE COMBUSTIÓN DEL GAS NATURAL. Argentina, 2008.



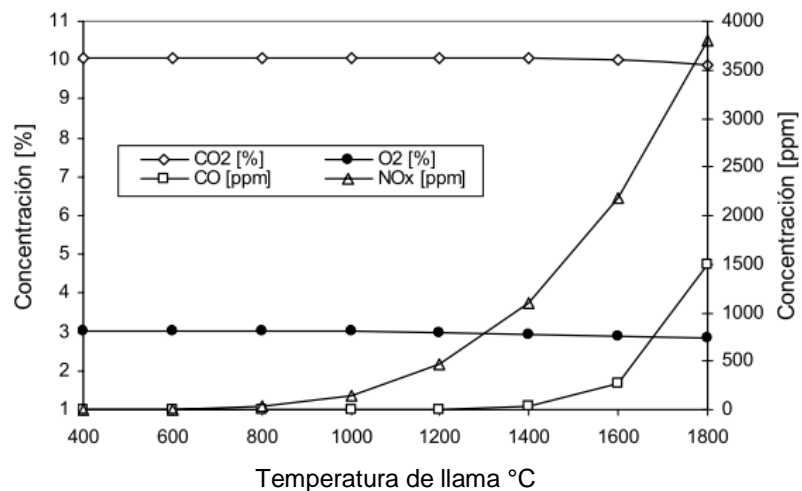
**Fig. 47** Relación entre el calor extraído, y la temperatura de gases de chimenea para varios índices de exceso de aire

La Fig. 48 presenta el efecto de la temperatura de precalentamiento del aire sobre el calor extraído, manteniendo constante la temperatura de gases de combustión (300°C), utilizando distintos excesos de aire. Se observa el aumento del calor extraído con el incremento de la temperatura de precalentamiento del aire debido a la recuperación parcial del calor contenido en los gases de combustión y además la disminución del calor extraído con el aumento del exceso de aire.



**Fig. 48** Relación entre el calor extraído y la temperatura de precalentamiento del aire para varios índices de exceso de aire

La Fig. 49 constituye la gráfica de referencia para el análisis de la combustión en quemadores de gas, debido a que los fabricantes recomiendan operar con excesos de aire del 15%. Cuando un equipo es explotado bajo esta recomendación, se deberían obtener concentraciones en base seca de CO<sub>2</sub> alrededor del 10%, concentraciones de O<sub>2</sub> alrededor del 3%, y concentraciones de CO y NO<sub>x</sub> variables con la temperatura de los productos de combustión. Se resalta nuevamente el efecto negativo de emitir gases de combustión a temperaturas elevadas debido a las altas concentraciones de los anteriores contaminantes.



**Fig. 49 Relación entre la concentración de los componentes de los gases de combustión, y la temperatura de llama**

En quemadores atmosféricos es muy difícil controlar el exceso de aire, debido a que el caudal de aire primario que entra al quemador depende de la caída de presión, y la velocidad de entrada del chorro de gas (efecto Venturi). Por lo general, los quemadores tienen un regulador de aire primario que permite bloquear el área de ingreso de aire primario para así ajustar la relación. Por otra parte, el aire secundario se puede controlar mediante el ajuste del tiro en equipos con chimenea, lo cual no es posible en equipos con quemadores abiertos, como las estufas.

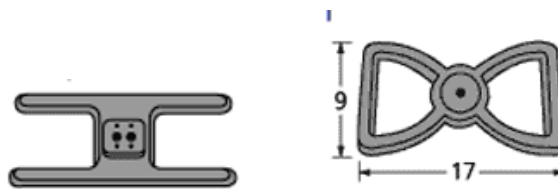
## Selección de Quemadores Atmosféricos.

A continuación se presentan las alternativas de cabezas de quemador en aplicaciones comerciales de combustión atmosférica, como Parrillas y Hornos, Calentadores de paso continuo, marmitas, y calentadores para piscinas, principalmente.

### A. Cabezas de Quemador para BB&Q, Parrillas y Hornos.

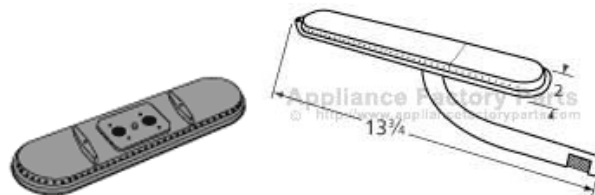
- Quemador H

Fig. 50 Quemadores Tipo H



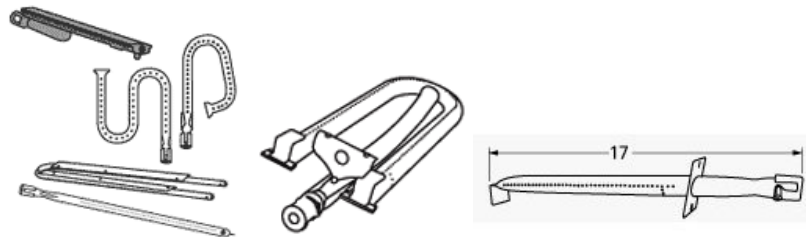
- Quemador Ovalado

Fig. 51 Quemadores Ovalados



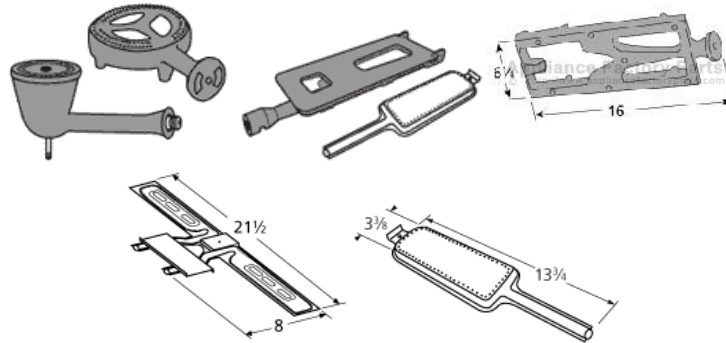
- Quemador Tubular

Fig. 52 Quemadores Tubulares.



- Quemador Anillo Circular y Rectangular

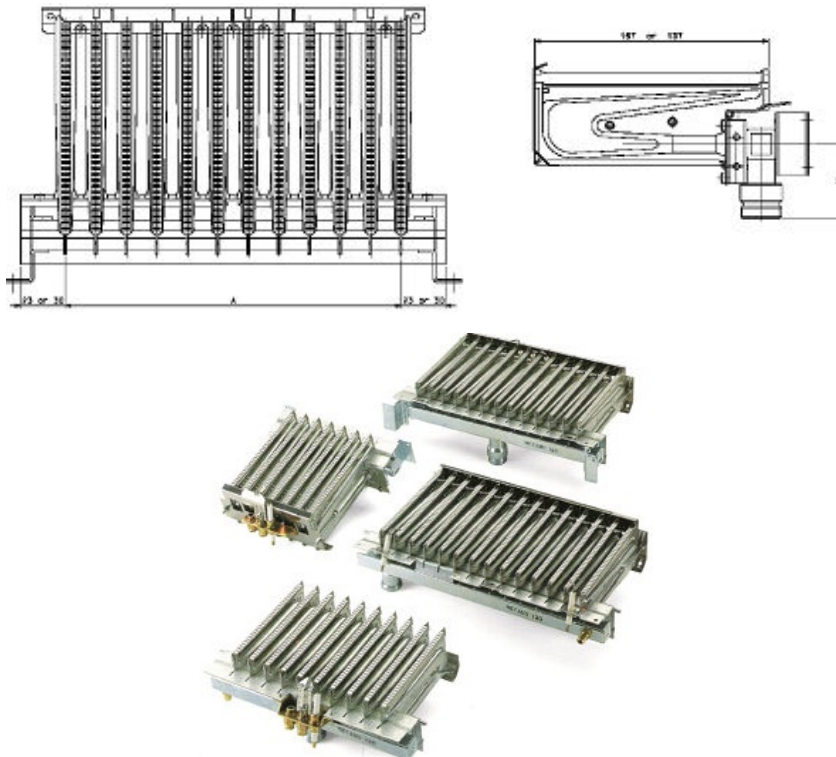
Fig. 53 Quemadores Rectangular, y de Anillo Circular.



## B. Cabezas De Quemador - Calentadores De Paso Continuo

- Quemador tipo “Rampa”

Fig. 54 Quemador tipo Rampa.

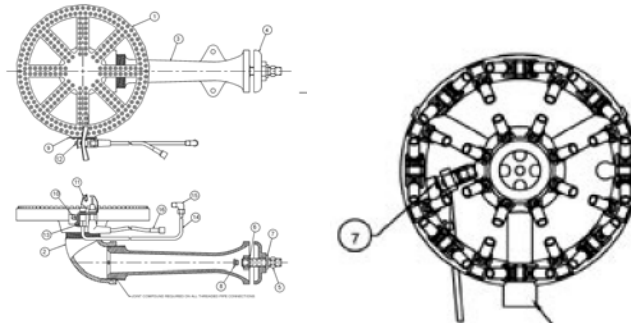


### C. Soluciones Comerciales para Marmitas

#### GROEN

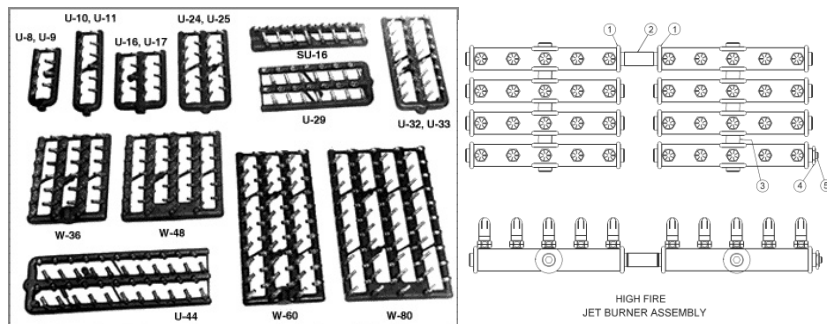
- Quemador circular para marmitas de chaqueta de gases

Fig. 55 Quemador circular de marmitas Groen.



- Quemador de jets para marmitas acuatubulares con Intercambiador de tubos aleteados.

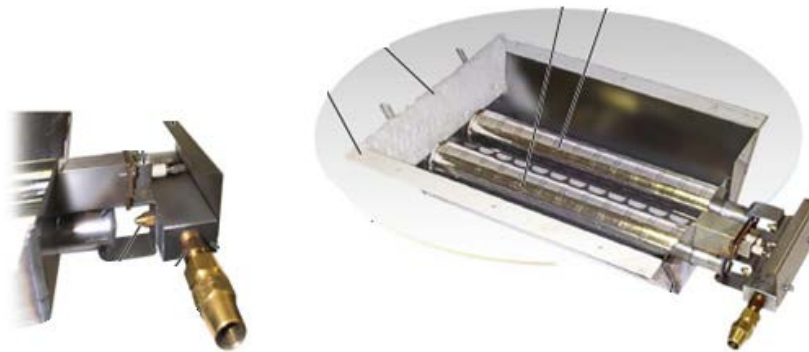
Fig. 56 Quemador tipo jets para marmitas GROEN acuatubulares.



#### CLEVELAND

- Quemador tubular para marmita Pirotubular

**Fig. 57 Quemador tubular para marmitas Piro tubulares**



**D. Quemadores - Calentadores de Agua para Piscinas**

**TELEDYNE LAARS** Principal fabricante en EEUU de Calentadores para piscina.

**Tabla 41. Selección de Quemadores Tubulares para calentadores de piscina.**

Tubular Circular	Tubular Oval
	
<p><b>Dimensiones</b>                      Largo: 12" (304.8mm)                      Diámetro: 2-3/8" (60.325mm)</p>	<p><b>Dimensiones</b>                      Longitud: 18-1/4" (463.55mm)                      Ovalo 4"x2-1/2" (101.6mm x 63.5mm)</p>
<p><b>Potencia</b>                      50000BTU/h (14.6kW)</p>	<p><b>Potencia</b>                      50000BTU/h (14.6kW)</p>
<p><b>Precio</b>                      Desde USD28.8</p>	<p><b>Precio</b>                      Desde USD51.45</p>

**Montaje:** En paralelo sobre brida (placa base), con un único conjunto de: encendedor, quemador piloto y sensor de llama.

**Fig. 58 Montaje de Quemadores tubulares**



#### **7.4.2 Tren de combustible. Criterios y requisitos de diseño**

El tren de gas debe cumplir con los requisitos de la Norma Técnica Colombia NTC4082.

##### **Parámetros para Selección**

- **Tipo de Gas:** Gas Natural (Poder Calorífico: 1000BTU/ft<sup>3</sup>)
- **Presión de suministro:** 18-22mbar
- **Potencia:** 17-23kW (58000-80000BTU/h)
- **Consumo:** 1.5 - 2.2 m<sup>3</sup>/h (58-80ft<sup>3</sup>/h)
- **Tubería Diámetro:** ½ in
- **Encendedor** Piezoeléctrico Integrado
- **Control de Temperatura** ON/OFF
- **Termopila** 750mV

**Nota:** Para poder realizar un encendido con control de temperatura ON/OFF con componentes electromecánicos en un sistema autosuficiente, se necesita tener encendido por piezoeléctrico con llama piloto, porque los sistemas de encendido por chispa intermitente y por superficie caliente requieren una fuente externa de energía para el transformador de ignición.

El sistema de control electromecánico es **automático** al cierre por falta de llama o por temperatura limite. El encendido se hace **manual**: primero se abre la válvula principal a posición piloto, simultáneamente presionar el

piezoeléctrico para encender el piloto, y luego cambiar manualmente la válvula a “abierto”, y fijar la temperatura. La energía generada por la termopila también puede abrir la línea principal de gas, y luego la mantiene abierta hasta que se apague.

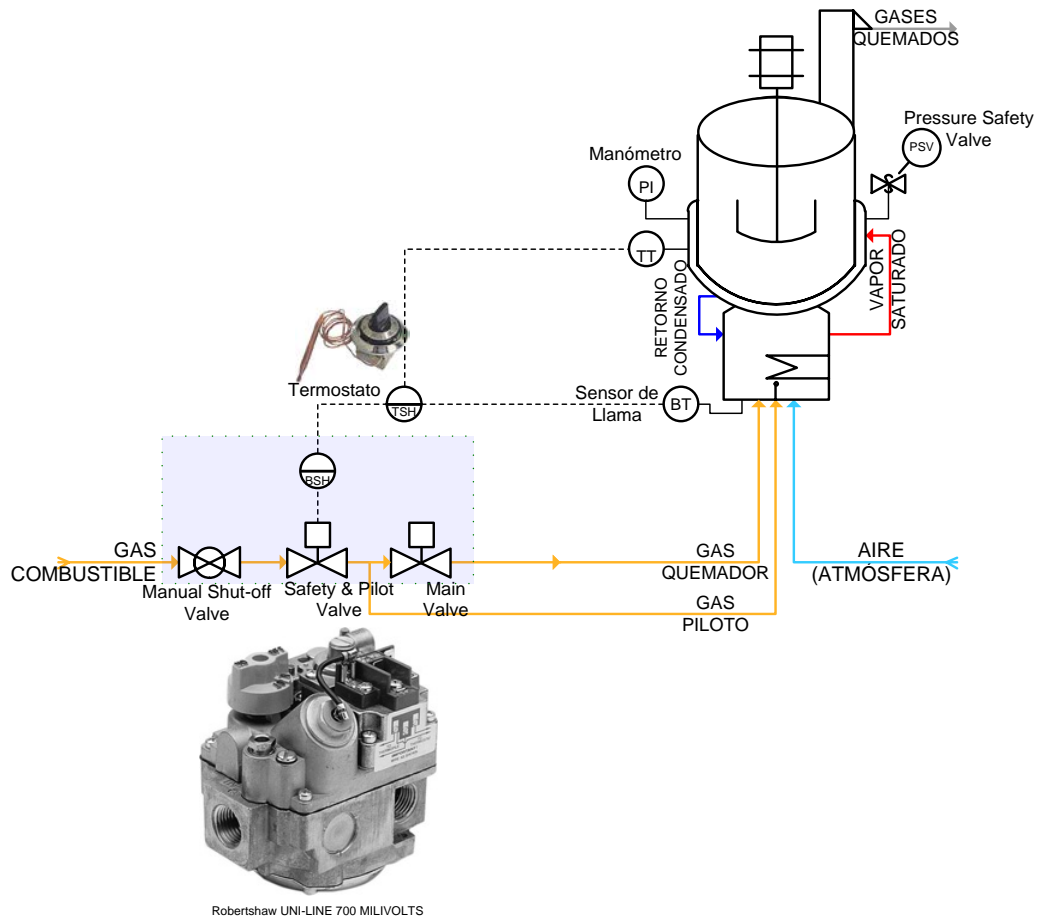
#### **7.4.3 Control electromecánico. Válvula Multifunción y termostato.**

1. **Válvula de Gas Automática Multifunción.** Esta válvula multifunción permite operar el quemador para la rutina de encendido manual, y corta automáticamente el suministro de gas si se apaga la llama. **No hace control de temperatura.** Para poder hacer control de temperatura se requiere adicional un termostato que mida la temperatura de la chaqueta, en este caso, y que interrumpa el circuito de alimentación desde la termopila.

Combina en un solo componente:

1. Válvula de tres posiciones (salida a piloto)
2. Válvula de gas principal
3. Regulador de presión (opcional)
4. Válvula automática de corte operada por termocupla

**Fig. 59 Diagrama de Instrumentación de Control y Seguridad, con válvula multifunción**



## VÁLVULAS AUTOMÁTICA MULTIFUNCION

**Tabla 42. Selección de Válvulas de Gas Automáticas Multifunción**

<p><b>ROBERTSHAW -UNILINE</b> <b>700-501 MiliVolts Series.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Válvula automática de corte para gas, con salida a piloto. (selección manual)</li> <li>✓ Operada por sensor de llama. Alimentación por termopila desde 250mV hasta 750mV</li> <li>✓ Regulador de presión (presión de salida de fábrica 3.5 in-wc -8.72mbar )</li> <li>✓ Perilla de control ON-PILOT-OFF</li> <li>✓ Máxima presión de entrada 14in-wc (35mbar)</li> <li>✓ Capacidad hasta 100MBTU/h</li> <li>✓ Origen: Estados Unidos.</li> </ul>
--	---

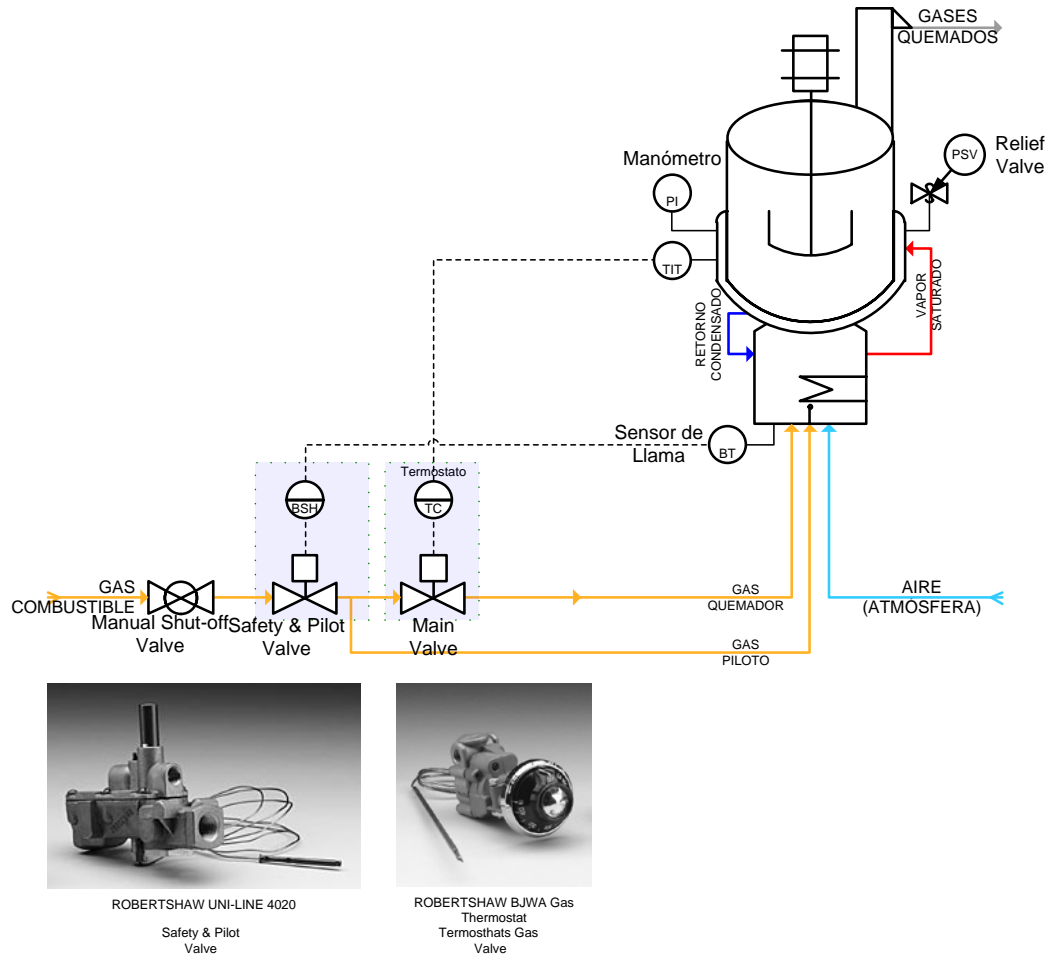
	<p>NOTA. No es para control de temperatura, solo para encendido con piloto y para vigilancia de llama.</p> <p>PRECIO APROXIMADO: \$375000</p>
<p><b>SIT 820 Nova MV</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Válvula automática de corte para gas, con salida a piloto. (selección manual)</li> <li>✓ Operada por sensor de llama -termistor</li> <li>✓ Alimentada por termopila, desde 100mV hasta 350mV</li> <li>✓ Máxima presión a la entrada 60mbar</li> <li>✓ Presión de salida 3-30mbar</li> <li>✓ Perilla ON –PILOT –OFF</li> <li>✓ Origen Italia</li> </ul> <p><b>PRECIO USD196.81</b></p> <p>NO ES PARA CONTROL DE TEMPERATURA.</p>
<p><b>WHITE RODGERS 36C</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Válvula de 3 posiciones + válvula de corte automática + regulador de presión</li> <li>✓ Alimentación por termopila hasta 750mV</li> <li>✓ Salida para piloto permanente</li> <li>✓ Operada por sensor de llama -termistor</li> <li>✓ Máxima presión a la entrada 14in-wc</li> <li>✓ Salida de presión con GN 2.5 – 5 in-wc</li> <li>✓ Perilla ON –PILOT –OFF</li> <li>✓ Presión del Piloto ajustable.</li> <li>✓ Origen USA</li> </ul> <p><b>PRECIO USD 226.19</b></p> <p>NO ES PARA CONTROL DE TEMPERATURA.</p>

## 2. Válvulas Independientes

Una alternativa a la válvula multifunción es utilizar un sistema en serie de válvula termostato más válvula de seguridad. Cualquiera de las dos válvulas puede tener la salida a piloto. La válvula de seguridad esta operada por una

termocupla que supervisa la llama, y la válvula termostato también está operada por otra termocupla desde la camisa de vapor (sistema controlado).

**Fig. 60 Diagrama de Instrumentación de elementos de Control y Seguridad, con válvulas independientes.**





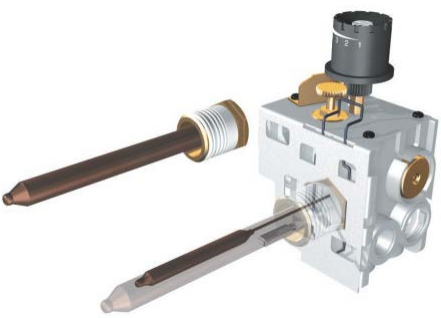
### Válvula de gas con termostato.

Esta válvula permite fijar una temperatura, y al alcanzarla cierra el suministro de gas al quemador. Integra en un solo componente:

- Válvula de corte

- Termostato


**Tabla 43. Selección de Termostatos.**

<p><b>COPRECI MTZ 7200</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Entrada brida y 2 salidas (Quemador + Piloto)</li> <li>✓ Caudal y potencia para GN a 20 mbar: 760 l/h / 8 kW</li> <li>✓ Posibilidad de piloto con by-pass regulable</li> <li>✓ Temperatura máxima de uso: 150°C (300 °F)</li> <li>✓ Presión máxima de utilización: 50 mbar CE (1/2 psi USA)</li> <li>✓ Por seguridad, se debe usar junto a una válvula shut-off operada por el sensor de llama</li> </ul>
<p><b>ROBERTSHAW UNILINE</b></p>  <p>4200 FD</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Válvula para control de temperatura</li> <li>✓ Posibilidad de Control FULL-OFF o FULL-bypass para control Hi/Lo</li> <li>✓ Perilla con selector de temperatura hasta 287°C</li> <li>✓ Por seguridad, Se debe complementar con una válvula <i>shut-off</i> operada por el sensor de llama</li> </ul>
<p><b>SIT 630 EUROSIT</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cuerpo en aluminio</li> <li>✓ Salida para piloto ajustable</li> <li>✓ Máxima presión a la entrada 50mbar</li> <li>✓ Termostato para control ON/OFF</li> <li>✓ Protección de sobrecalentamiento</li> </ul> <p>Origen Italia PRECIO USD183.17</p>

### Válvula De Seguridad - *Shut-Off Valve*

Válvula operada por sensor de llama, que se cierra al extinguirse la llama, operada por el sensor de llama, corta totalmente el suministro de gas cuando se extingue la llama. Requiere *reset* manual cuando se cierra.


**Tabla 44. Selección de Válvula de seguridad de llama.**

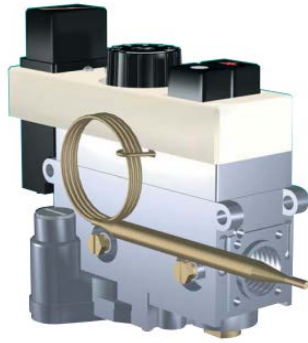
<p><b>ROBERTSHAW UNILINE TS 7010</b></p> 	<p>Válvula para corte del flujo de gas en el evento de que la llama se extinga. Es operada por la corriente generada desde la termocupla.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Capacidad hasta 100MBTU/h</li> <li>✓ Completamente <i>shut-off</i></li> <li>✓ Máxima presión a la entrada 0.5psi</li> <li>✓ Salida a piloto (opcional)</li> <li>✓ La salida al piloto se abre manualmente pulsando un botón, luego, cuando la llama aparece, activa el solenoide, y la corriente generada lo sostiene.</li> </ul>
--	--

### G. Módulos Integrados Seguridad/Termostato

Estas válvulas son módulos compactos que integran las funciones de control termostático, y supervisión de llama. También pueden incluir un encendedor piezoeléctrico, con lo que se convierte en una opción completa y versátil de control electromecánico para quemadores atmosféricos.

**Tabla 45. Selección de Válvulas Integradas.**

<p><b>MERTIK MAXITROL GV30</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Control de Temperatura Hi/Lo, On/Off y On/Lo/Off desde 13°C hasta 340°C</li> <li>✓ Piezoeléctrico integrado (opcional)</li> <li>✓ Regulador de presión (opcional)</li> <li>✓ Perilla ON –PILOT –OFF</li> <li>✓ Perilla selección de temperatura</li> <li>✓ Incluye dispositivo detector de llama para corte en caso de falla.</li> </ul> <p>ORIGEN: Alemania PRECIO USD163.43 (con piezoeléctrico integrado)</p>
<p><b>SIT 710 MINISIT</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Control de temperatura</li> <li>✓ Salida a piloto ajustable</li> <li>✓ Máxima presión a la entrada 50mbar</li> <li>✓ Regulador de presión o regulador de flujo (opcional)</li> <li>✓ Presión a la salida 3-18mbar</li> </ul>



- ✓ Piezoeléctrico integrado (opcional)
  - ✓ Botón de piloto, botón de encendido (opcional) y parilla selector de temperatura
  - ✓ Detección de llama.
- ORIGEN: Italia  
 PRECIO USD223.40 (con piezoeléctrico integrado)

#### 7.4.4 Válvula SIT 710 MINISIT

La válvula seleccionada para la Marmita Autogeneradora es la **SIT710 MINISIT**, debido a que se ajustaba muy bien a los requerimientos, e integra todos los componentes de control en una sola válvula, incluido el encendedor piezoeléctrico. Además, la válvula es distribuida por un proveedor local a un precio competitivo frente a las alternativas americanas de válvulas de control termostático, y válvulas de supervisión de llama.

La válvula seleccionada tiene las Siguietes Características:

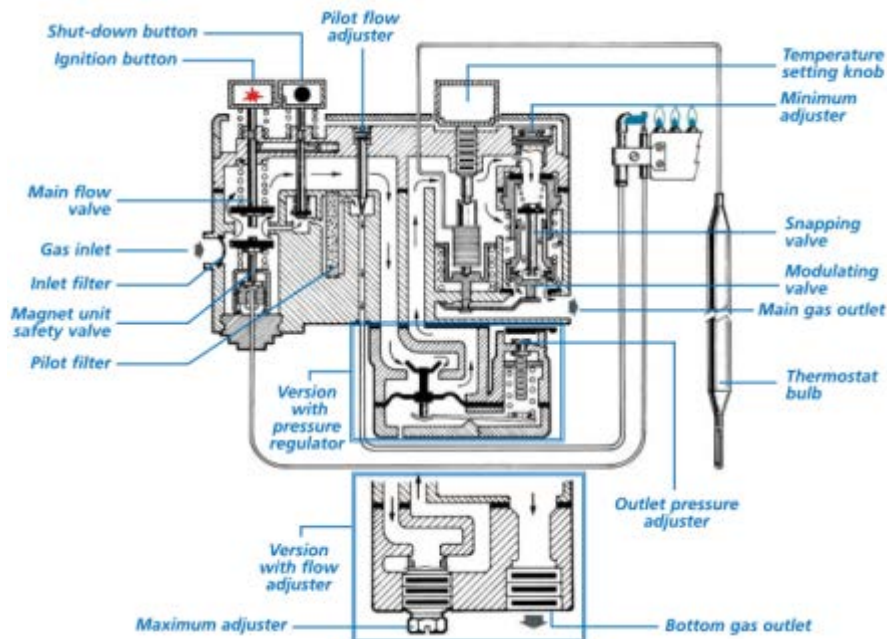
**Tabla 46. Especificaciones Técnicas del Control Termostato SIT 710**

<b>Especificaciones Técnicas Control Termostato SIT710</b>	
<b>GENERAL</b>	
Fabricante	SITGROUP
Modelo	SIT710
Referencia	710.752
Configuración	D
Material	Cuerpo en Aluminio
<b>CONEXIONES</b>	
Puerto Entrada	Rp1/2"
Puerto Salida	Rp3/8"
Conexión Termocupla	M9x1
Salida a Piloto	6mm
Agujeros para Montaje	M4
<b>FUNCIONES</b>	
Control de temperatura	ON/OFF Modulante

Supervisión de llama	Si
Tiempo de encendido	<10s
Tiempo de apagado	<60s
Ciclos de vida	5000
Regulador de Presión	Si
Tornillo de ajuste mínimo	Si
<b>CONDICIONES DE OPERACIÓN</b>	
Máxima Presión Entrada	50 mbar
Presión de Salida	3-18mbar
Temperatura de Trabajo	80°C
Caída de Presión a $Q_{max}$	5 mbar
Caudal máximo (Gas Natural)	3,5 m3/h
Termostato	50-190°C
<b>ACCESORIOS</b>	
Dimensiones Bulbo	D=14,5 L=14,5mm
Configuración del Bulbo	N (ver gráfico)
Dimensiones Capilar	L=1200mm
Perilla	Si
Cubierta	Si
Piezo eléctrico	Si

## Corte de la Válvula SIT710 MINISIT

Fig. 61 Corte de la Válvula SIT 710 MINISIT



El catálogo con las especificaciones completas, se encuentra en el ANEXO 8

## 7.5 ELEMENTOS ADICIONALES DE CONTROL Y SEGURIDAD

El Código ASME, Sección VIII División 1, establece en el Apéndice 19-7 los elementos de control y seguridad que debe tener una marmita autogeneradora:

- a. Un manómetro
- b. Un visor de vidrio del nivel de agua, o un sensor de inmersión, con indicador luminoso de alarma por bajo nivel de agua
- c. Una conexión separada a una válvula de seguridad
- d. Una válvula de gas automática, controlada por presión o temperatura de la chaqueta de vapor, por debajo de la presión de la válvula de seguridad.
- e. Un sensor de llama que corte el suministro de gas cuando el quemador se apague.

A continuación se describe cada uno de los componentes. Los componentes d. y e. aparecen en la sección “Tren de gas”. En los ANEXOS se encuentran las *Hojas de Especificaciones Técnicas* de cada componente.

### 7.5.1 Manómetro

El manómetro es un indicador de la presión en la chaqueta. Debido a que la marmita autogeneradora trabaja en vacío y en presión positiva, se necesita un **mano-vacúometro**. El alcance del mano-vacúometro debe permitir lecturas desde vacío absoluto, hasta la presión de la válvula de seguridad. Para la marmita se selecciona un mano-vacúometro de calidad industrial, marca WIKA, con alcance desde -30inHg (vacío absoluto) hasta 30psi (presión de seguridad). A continuación se listan las características del mano-vacúometro. (Ver ANEXO 9 FICHA TECNICA MANO-VACUOMETRO)

<b>Marca</b>	WIKA
<b>Tipo</b>	Bourdon
<b>Referencia</b>	212.53
<b>Diseño</b>	ASME B40.100
<b>Tamaño</b>	Diámetro: 2.5in
<b>Clase</b>	2,5% del <i>span</i> . (ASME B40.100 Grado A)
<b>Alcance</b>	-30inHg a 30psi
<b>Montaje</b>	En panel, con U-clamp
<b>Conexión</b>	trasera, NPT1/4 en bronce
<b>Materiales</b>	Carcasa: Acero Inoxidable
	Ventana: Policarbonato

**Fig. 62 Mano-vacúometro**



### 7.5.2 Visor de Nivel

El visor de vidrio es un indicador del nivel de agua de vaporización dentro de la chaqueta de vapor. Tiene dos puntos de conexión, dos válvulas para aislar el vidrio, y un vidrio resistente a la presión y a la temperatura de operación. (Ver Fig. 63) Para la marmita autogeneradora se selecciona un visor de vidrio estándar para caldera, marca APOLLO CONBRACO, con las siguientes características: (Ver ANEXO 10)

- **Modelo:** 20-100
- **Material:** Bronce
- **Válvulas:** Bola
- **Conexiones:** Male NPT3/8
- **Diámetro** del vidrio: OD 5/8in
- **Longitud** del vidrio: 10in
- **Máxima** presión: 125psi a 180°C
- **Conexión de drenaje** NPT1/4

**Fig. 63 Visor de Nivel.**



### 7.5.3 Válvula de Seguridad

De acuerdo con el Apéndice 19 del Código ASME, y la norma ASTM F1602, la marmita Autogeneradora debe tener una válvula limitadora de presión.

Para la marmita se seleccionó una válvula de seguridad para servicio de vapor, con las siguientes características. (Ver ANEXO 11)

- **Modelo:** RVS52
- **Presión establecida:** 30psi
- **Temperatura de operación:** 150°C
- **Diseño compacto**
- **Capacidad de descarga:** 232lb/h [105kg/h]
- **Material del cuerpo:** ASTM B16 Bronce
- **Material del resorte:** Acero Inoxidable
- **Material del Sello:** Silicona.
- **Certificación:** ASME Sección VIII Parte UV

Fig. 64 Válvula de Seguridad

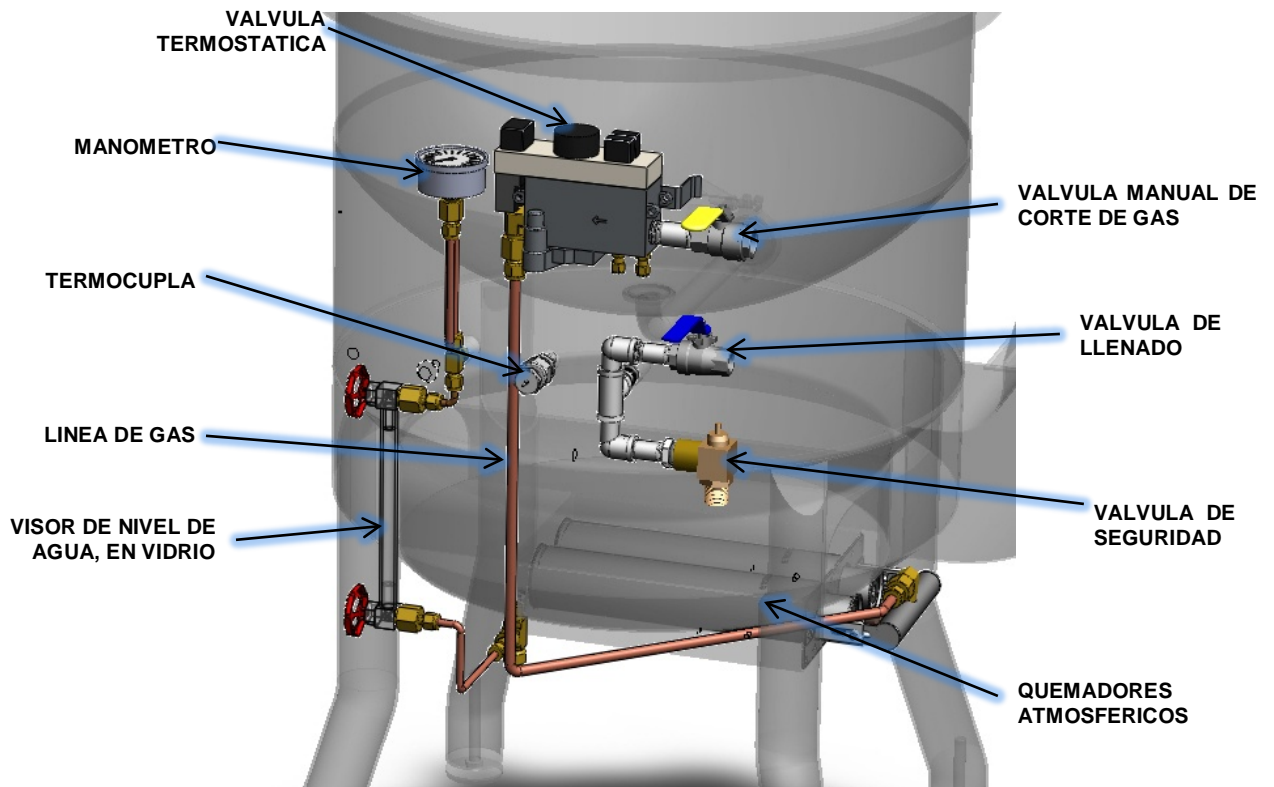
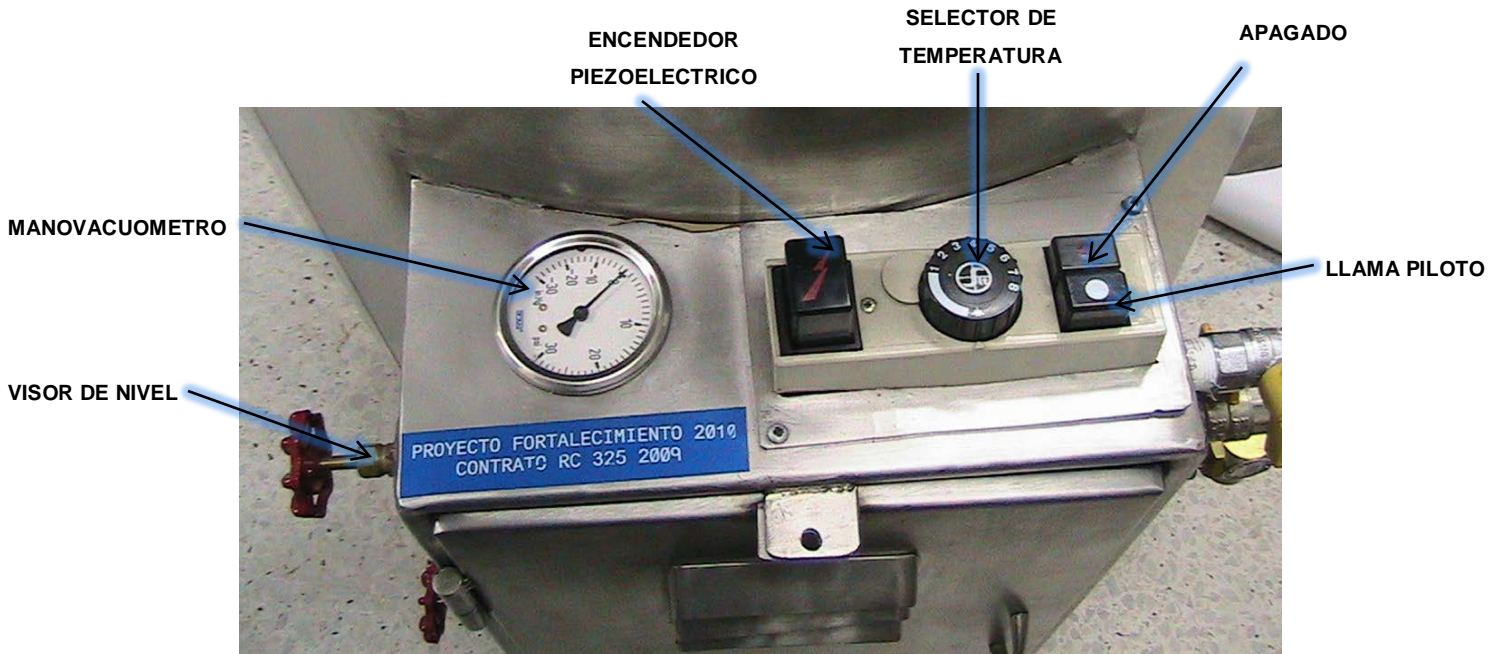
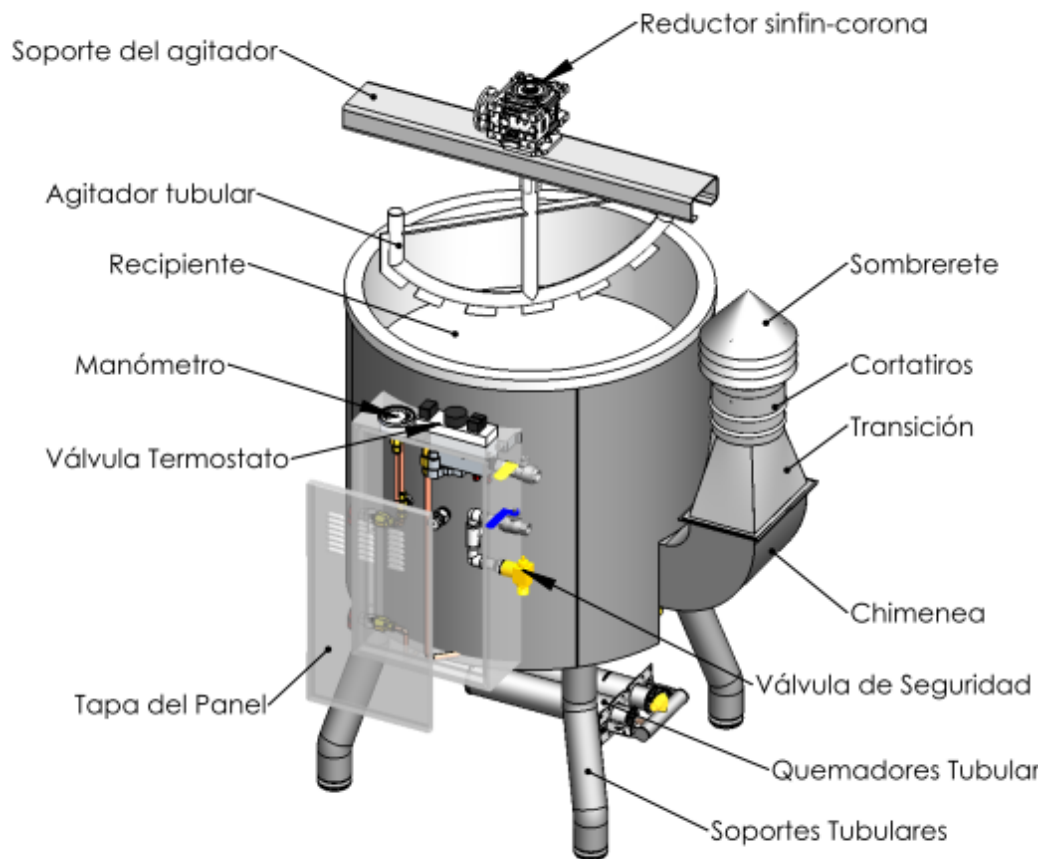


Fig. 65 Detalle del montaje de los Instrumentos de Control y Seguridad



**Fig. 66 Vista del Panel de Control**



**Fig. 67 Marmita Completamente ensamblada**

## 8. PRUEBAS DE DESEMPEÑO DE LA MARMITA AUTOGENERADORA DE VAPOR A GAS NATURAL

### 8.1 Procedimiento de determinación de Eficiencia de Calentamiento, según ASTM F1785

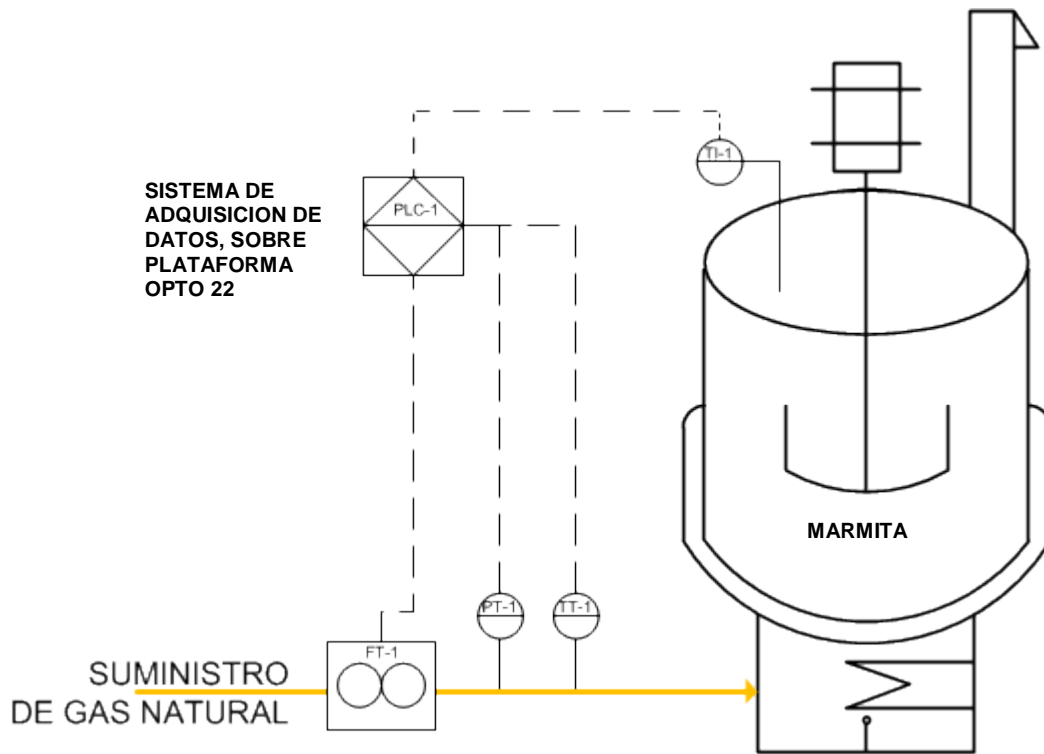
Las Pruebas de Desempeño de la Marmita se realizaron siguiendo el Procedimiento de la Norma ASTM-F1785 (08), “**Standard Test Method for Performance of Steam Kettles**” para determinar el consumo máximo, y la eficiencia de calentamiento. (Ver ANEXO 2).

Las pruebas se realizaron en el Taller de Lácteos del “Centro de Desarrollo Productivo de Alimentos” –**CDPA**, en la Sede de Investigaciones UIS – Guatiguará, en Piedecuesta, Santander. Se utilizaron equipos de la Corporación CDT de GAS, adecuadamente seleccionados por su alcance y cualidades metrológicas. Para las pruebas se contó con el acompañamiento del Ing. Germán Covelli, Profesional de Proyectos, y con la supervisión del Ing. Luis García, Líder de Investigación Tecnológica de CDT de GAS.

Los instrumentos utilizados incluyeron la medición de Presión, Temperatura y Volumen de gas, y monitoreo de gases de combustión. Estos instrumentos y equipos se encuentran asegurados metrológicamente dentro del Sistema de Gestión de la Calidad **NTC/ISO/IEC-17025** “*Requisitos Generales para los Laboratorios de Calibración y Ensayos*”, norma bajo la cual se encuentra Acreditado el “Laboratorio de C&E” de la Corporación “CDT de GAS” para la medición de dichas magnitudes.

La toma de datos se realizó mediante un Sistema de Adquisición de Datos, sobre plataforma de automatización **OPTO22**, con la asesoría y soporte del Ing. electrónico Oscar Salah, Profesional de Proyectos de “CDT de GAS”.

La Fig. 68 presenta el esquema de montaje para las pruebas de Desempeño, según ASTM F-1785



**Fig. 68 Esquema de Montaje de Instrumentos para Pruebas de Desempeño.**

**PT-1** Transmisor de Presión diferencial 0-50mbar

**TT-1** Termocupla

**TI-1** Indicador de Temperatura

**FT-1** Medidor diafragma G2,5 de volumen de gas

**PLC-1** Sistema de Adquisición de datos sobre plataforma OPTO22

Las Pruebas de desempeño permiten determinar la eficiencia de manera directa, es decir la relación entre la energía útil y la energía consumida.

$$\eta = \frac{\text{Energía Util}}{\text{Energía consumida}} = \frac{m * C_p * (T_f - T_i)}{V * PC}$$

Dónde:

*m* = masa de agua correspondiente al 90% del volumen de la marmita

$T_f$  = temperatura final [70°C]

$T_i$  = temperatura inicial [70°C]

$C_p$  = calor específico promedio para el agua [1480J/kg\*°C]

$V$  = Volumen de gas consumido, referenciado a condiciones estándar

$PC$  = Poder calorífico del gas natural

La energía útil se determina como el **calor sensible** necesario para incrementar la temperatura de una cantidad de agua. Según el procedimiento ASTM F1785, se llena la marmita al 90% de su capacidad a rebose, y se calienta desde 30°C a 70°C, mientras se mide el consumo de gas. Para poder hacer la corrección del volumen de gas a condiciones estándar, se debe medir la temperatura y presión de suministro, y la temperatura y presión atmosférica local. (Ver procedimiento completo en el ANEXO 2)

**Fig. 69** Fábrica de Bocadillos “La Veleñita”. Vélez, Santander



Las Pruebas en campo se realizaron en la fábrica de bocadillos “**La Veleñita**”, de propiedad de la Sra. Celia Roa. La fábrica se encuentra localizada en el casco urbano del municipio de Vélez, Santander. Es la única fábrica de bocadillos del municipio que produce con gas natural, y una de las

más tradicionales y reconocidas de la región, por la alta calidad de sus productos.

### Suministro de gas

El gas natural utilizado para las Pruebas de Laboratorio, es distribuido por la empresa **GASORIENTE S.A. E.S.P**, y de origen del Pozo Guajira, con un Poder Calorífico promedio de 32,7MJ/m<sup>3</sup> [997BTU/ft<sup>3</sup>]. La siguiente tabla muestra la composición del gas utilizado. Esta información es provista por empresa **Transportadora de Gas Internacional TGI S.A. E.S.P**.

**Tabla 47. Cromatografía Gas Guajira. Enero a Junio 2011**

Componente	Fórmula	Guajira
Hidrogeno	H <sub>2</sub>	-
Helio	He	-
Agua	H <sub>2</sub> O	-
Monóxido de carbono	CO	-
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	0,01508
Oxígeno	O <sub>2</sub>	-
Sulfuro de Hidrogeno	H <sub>2</sub> S	-
Argón	Ar	-
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	0,00038
Aire		-
Metano	CH <sub>4</sub>	0,98090
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,00273
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,00046
Iso-Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,00016
n-Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,00007
Iso-Pentano	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,00006
n-Pentano	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,00002
n-Hexano	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0.00014
n-Heptano	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	-
n-Octano	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	-
n-Nonano	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	-
n-Decano	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	-
	<b>Z =</b>	0,99804
	<b>Gravedad específica Ideal =</b>	0,563
	<b>Gravedad específica real =</b>	0,564
	<b>Poder Calorífico Superior a 14,65psia y 60°F =</b>	<b>997,31 [BTU/ft<sup>3</sup>]</b>

Fuente: Boletín Electrónico de Operaciones TGI S.A E.S.P, Cromatografía de enero a junio de 2011. Disponible en <http://beo.tgi.com.co/>

El gas natural utilizado para las pruebas en campo, es distribuido en Vélez por la empresa **Nacional de Servicios Públicos Domiciliarios –NSPD S.A. E.S.P** y de origen del Pozo Cusiana. Este gas tiene un Poder Calorífico de 1147BTU/ft<sup>3</sup>

A continuación se resume el reporte de resultados de las Pruebas realizadas.

**Prueba de Eficiencia en Laboratorio No. 1**

Fecha: 22 de marzo

**Dispositivo:** Marmita Autogeneradora de vapor, calentada a gas natural**Lugar:** CDPA –Taller de Lácteos –Sede UIS Guatiguará, Piedecuesta, Santander

Temperatura ambiente promedio: 25°C

Presión atmosférica promedio: 903,9mbar

Hora Inicial: 06:31pm	Temperatura Inicial: 30°C
Hora Final: 07:23pm	Temperatura Final: 70°C

**Datos del Agua**

Masa de agua potable a capacidad nominal	<i>m</i>	65	kg
Calor específico másico promedio	<i>C<sub>p</sub></i>	4180	J/kgK
Temperatura inicial	<i>T<sub>i</sub></i>	30	°C
Temperatura final	<i>T<sub>f</sub></i>	70	°C
Calor sensible recibido = <i>m</i> * <i>C<sub>p</sub></i> *( <i>T<sub>f</sub></i> - <i>T<sub>i</sub></i> )	<i>Q<sub>s</sub></i>	10888,8	kJ
Tiempo total de la prueba	<i>t</i>	00:52:03	hh:mm:ss
		3123	s
Transferencia de calor al agua	<i>Q<sub>agua</sub></i>	3,5	kW

**Datos del Gas**

Volumen de gas a condiciones estándar	<i>V</i>	0,548507	Nm <sup>3</sup>
Poder Calorífico Promedio	<i>PC</i>	37,2	MJ/m <sup>3</sup>
Energía Térmica entregada= <i>V</i> x <i>PC</i>	<i>Q<sub>g</sub></i>	20404,4604	kJ
Tiempo total de la prueba	<i>t</i>	00:52:03	hh:mm:ss
		3123	s
Máximo consumo	<i>Q<sub>gas</sub></i>	6,5	kW

**Eficiencia de Calentamiento**

$$\eta = \frac{Q_s}{Q_g} = \frac{10888,8}{20404,5} = 53,36\%$$

## Prueba de Eficiencia en Laboratorio No. 2

Fecha: 23 de marzo

Dispositivo: Marmita Autogeneradora de vapor, calentada a gas natural

Lugar: CDPA –Taller de Lácteos –Sede UIS Guatiguará, Piedecuesta, Santander

Temperatura ambiente promedio: 26°C

Presión atmosférica promedio: 904,5mbar

Hora Inicial: 09:19am	Temperatura Inicial: 30°C
Hora Final: 10:10am	Temperatura Final: 70°C

### Datos del Agua

Masa de agua a capacidad nominal	<i>m</i>	65	kg
Calor específico másico promedio	<i>C<sub>p</sub></i>	4180	J/kgK
Temperatura inicial	<i>T<sub>i</sub></i>	30	°C
Temperatura final	<i>T<sub>f</sub></i>	70	°C
Calor sensible recibido = $m \cdot C_p \cdot (T_f - T_i)$	<i>Q<sub>s</sub></i>	10888,8	kJ
Tiempo total de la prueba	<i>t</i>	00:51:20	hh:mm:ss
		3080	s
Transferencia de calor al agua	<i>Q<sub>agua</sub></i>	3,5	kW

### Datos del Gas

Volumen de gas a condiciones estándar	<i>V</i>	0,538438	Nm <sup>3</sup>
Poder Calorífico Promedio	<i>PC</i>	37,2	MJ/m <sup>3</sup>
Energía Térmica entregada = $V \cdot PC$	<i>Q<sub>g</sub></i>	20029,8936	kJ
Tiempo total de la prueba	<i>t</i>	00:51:20	hh:mm:ss
		3080	s
Máximo consumo	<i>Q<sub>gas</sub></i>	6,5	kW

### Eficiencia de Calentamiento

$$\eta = \frac{Q_s}{Q_g} = \frac{10888,8}{20029,90} = 54,36\%$$

### Prueba de Eficiencia en Laboratorio No. 3

**Fecha:** 24 de marzo

**Dispositivo:** Marmita Autogeneradora de vapor, calentada a gas natural

**Lugar:** CDPA –Taller de Lácteos –Sede UIS Guatiguará, Piedecuesta, Santander

Temperatura ambiente promedio: 27°C

Presión atmosférica promedio: 905mbar

Hora Inicial: 09:19am	Temperatura Inicial: 30°C
Hora Final: 10:10am	Temperatura Final: 70°C

#### Datos del Agua

Masa de agua a capacidad de trabajo	<i>m</i>	50	kg
Calor específico másico promedio	<i>C<sub>p</sub></i>	4180	J/kgK
Temperatura inicial	<i>T<sub>i</sub></i>	30	°C
Temperatura final	<i>T<sub>f</sub></i>	70	°C
Calor sensible recibido = <i>m</i> * <i>C<sub>p</sub></i> *( <i>T<sub>f</sub></i> - <i>T<sub>i</sub></i> )	<i>Q<sub>s</sub></i>	8585,4	kJ
Tiempo total de la prueba	<i>t</i>	00:44:35	hh:mm:ss
		2675	s
Transferencia de calor al agua	<i>Q<sub>agua</sub></i>	3,2	kW

#### Datos del Gas

Volumen de gas	<i>V</i>	0,42513	Nm <sup>3</sup>
Poder Calorífico Promedio	<i>PC</i>	37,2	MJ/m <sup>3</sup>
Energía Térmica entregada= <i>V</i> * <i>PC</i>	<i>Q<sub>g</sub></i>	15814,836	kJ
Tiempo total de la prueba	<i>t</i>	00:44:35	hh:mm:ss
		2675	s
Máximo consumo	<i>Q<sub>gas</sub></i>	5,9	kW

#### Eficiencia de Calentamiento

$$\eta = \frac{Q_s}{Q_g} = \frac{8585,4}{15814,9} = 54,29\%$$

Nota: Esta prueba se realizó con la capacidad de trabajo de la marmita: 50litros

## Prueba de Eficiencia en Campo –Paila de Cobre

Fecha: 31 de marzo

**Dispositivo: Paila de cobre, calentada a fuego directo con gas natural.**

Lugar: Fabrica de Bocadoillos “La Veleñita” –Vélez Santander

Temperatura ambiente promedio: 23°C

Presión atmosférica promedio: 785mbar

Hora Inicial: 01:00pm	Temperatura Inicial: 20°C
Hora Final: =01:20pm	Temperatura Final: 70°C

### Datos del Agua

Masa de agua a capacidad de trabajo	<i>m</i>	61	kg
Calor específico másico promedio	<i>Cp</i>	4180	J/kgK
Temperatura inicial	<i>Ti</i>	20	°C
Temperatura final	<i>Tf</i>	70	°C
Calor sensible recibido = $m \cdot C_p \cdot (T_f - T_i)$	<i>Qs</i>	12761,958	kJ
Tiempo total de la prueba	<i>t</i>	00:20:35	hh:mm:ss
		1235	s
Transferencia de calor al agua	<i>Qagua</i>	10,33	kW

### Datos del Gas

Volumen de gas a condiciones estándar	<i>V</i>	1,01811462	Nm3
Poder Calorífico Promedio	<i>PC</i>	37,2	MJ/m3
Energía Térmica entregada= $V \cdot PC$	<i>Qg</i>	33292,34	kJ
Tiempo total de la prueba	<i>t</i>	00:20:35	hh:mm:ss
		1235	s
Potencia	<i>Qgas</i>	26,95	kW

### Eficiencia de Calentamiento

$$\eta = \frac{Q_s}{Q_g} = \frac{10,33}{26,95} = 38,33\%$$

### Prueba de Campo -Producción

**Fecha:** 30 de marzo

**Dispositivo:** Marmita Autogeneradora de Vapor.

**Lugar:** Fabrica de Bocadillos “La Veleñita” –Vélez, Santander

Temperatura ambiente promedio: 23°C

Presión atmosférica promedio: 785mbar

Humedad Relativa: 53%

Hora Inicial: 04:13pm	
Hora Final: 06:30pm	

### Producción de Bocadillo

Masa de pulpa de guayaba	<i>Mg</i>	10	kg
Masa de azúcar	<i>Ma</i>	8	kg
Temperatura de cocción	<i>T</i>	95	°C
Tiempo total	<i>t</i>	125	min
Total producto obtenido	<i>Mb</i>	15	kg

### Consumo de gas

Pre calentamiento	<i>Vpre</i>	217,58	litros
Cocción	<i>Vcocción</i>	721,39	litros
Total consumido en todo el proceso	<i>Vtotal</i>	938,97	litros
Tiempo de pre calentamiento	<i>tpre</i>	28	min
Tiempo de cocción	<i>tcocción</i>	97	min

**Capacidad de Producción: 20kg/h**

## Prueba de Campo –Producción en Paila de cobre.

Fecha: 31 de marzo

Dispositivo: Paila de Cobre

Hora Inicial: 04:13pm	
Hora Final: 06:30pm	

### Producción de Bocadillo

Masa de pulpa de guayaba	<i>Mg</i>	10	kg
Masa de azúcar	<i>Ma</i>	8	kg
Temperatura de cocción	<i>T</i>	95	°C
Tiempo total	<i>t</i>	40	min
Total producto obtenido	<i>Mb</i>	14	kg

### Consumo de gas

Pre calentamiento	<i>Vpre</i>	0	litros
Cocción	<i>Vcocción</i>	1092	litros
Total consumido en todo el proceso	<i>Vtotal</i>	1092	litros
Tiempo de pre calentamiento	<i>tpre</i>	0	min
Tiempo de cocción	<i>tcocción</i>	40	min

### Eficiencia Térmica. (*Fuel-to-Steam*)

Para todas las pruebas de eficiencia, adicionalmente se monitoreo los niveles de emisiones en los gases de combustión, con un Equipo Analizador de Gases de Combustión. Este equipo, permite monitorear simultáneamente la concentración de oxígeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, sulfuro de hidrogeno, óxidos de nitrógeno, e hidrocarburos no quemados.

Fig. 70 Equipo Analizador de Gases de Combustión LANCOM



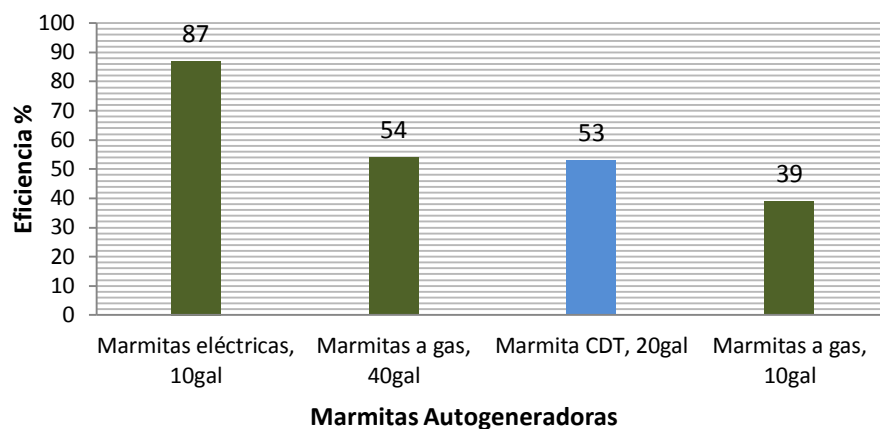
A partir de estas mediciones, el Analizador de Gases de Combustión calcula el exceso de aire de la combustión, las concentraciones de los gases y la *eficiencia térmica*. La siguiente tabla muestra las lecturas promedio de emisiones para la marmita:

Tabla 48. Reporte de emisiones de la marmita.

PARAMETRO	VALOR	
Temperatura del aire de entrada	32	°C
Temperatura de los gases	161	°C
CO	107 ± 4	ppm
SO2	0	ppm
O2	8,76 ± 0,2	%
NO2	10 ± 4	ppm
NO	30 ± 4	ppm
CxHy	0	ppm
H2S	3 ± 4	ppm
CO2	6,69 ± 0,5	%
NOX	40 ± 4	ppm
<i>Eficiencia térmica</i>	81,0	%
Exceso de aire	68	%

## 8.2 Análisis de Resultados.

La Marmita Autogeneradora tiene una **eficiencia de calentamiento del [53±1,78] %**. Este parámetro es muy representativo para este tipo de marmitas. De acuerdo con el Informe **“Steam Kettle Technology Assessment”** del **Food Service Technology Center**<sup>15</sup> de Estados Unidos, la eficiencia de una marmita a gas convencional de capacidad similar es del orden de 39% y se logra eficiencias de hasta el 54% en marmitas de gran capacidad (>150 litros) evaluada con el procedimiento ASTM-F1785. La Fig. 71 presenta una comparación entre los niveles de eficiencia de dos modelos de marmita de gas y un modelo de marmita eléctrica de fabricantes americanos, y la marmita diseñada con este proyecto, donde se evidencia el buen alcance de eficiencia obtenido.



**Fig. 71. Comparación niveles de eficiencia**

Esta excelente eficiencia alcanzada se debe en mayor parte a la alta eficiencia de combustión (representado en bajas emisiones de monóxido de carbono, alrededor de 100ppm) y la muy buena eficiencia de caldera (81%) representado en una temperatura relativamente baja de los gases de combustión en la chimenea. Las marmitas eléctricas tienen eficiencias muy

<sup>15</sup> Sitio web del FSTC disponible en <http://www.fishnick.com/>

altas, porque siempre es más fácil convertir energía eléctrica en calor, que en cualquier otra forma de energía útil.

**Mejores eficiencias (hasta 65%) se obtienen para cocción a presión**, con el recipiente tapado herméticamente, solución que es viable para cocción de otros productos como carne, por ejemplo, pero no para bocadillo pues no permitiría la evaporación de la pulpa y alcanza temperaturas muy altas.

El uso de marmitas autogeneradoras representa una **ventaja frente a la alternativa de paila a fuego directo, con un ahorro promedio de hasta el 30% en consumo de gas**. Además, permite controlar eficazmente la temperatura de cocción, de esta manera el producto no se quema ni pega en el recipiente.

Frente a la alternativa de marmita de vapor directo con caldera a carbón, la Marmita Autogeneradora no es una alternativa económica directa, a pesar de la ineficiencia de la caldera a carbón. Esto es debido a que actualmente se está reemplazando el carbón por *biomasa* (leña de arrayán, principalmente) que tiene menores costos (incluso gratis), y además por los precios relativamente altos del gas natural domiciliario.

El uso de biomasa en principio, tiene un balance neutro de emisiones de CO<sub>2</sub>, sin embargo, aparece otro problema pues no existe ningún plan de explotación sostenible para la biomasa, lo que se traduce en problemas de deforestación con sus consecuencias medioambientales. (Afectación del paisaje, las fuentes hídricas y los sumideros de dióxido de carbono)

En cualquier caso, la alternativa de sustitución de gas natural por carbón y por leña representaría una disminución de hasta un 40% en emisiones de

dióxido de carbono por unidad de energía consumida, además de la disminución de otras emisiones contaminantes, como el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno y azufre, y de material particulado.

Después de presentar la marmita a varios bocadilleros, estos dieron un concepto favorable al uso de marmitas autogeneradoras, en especial por la posibilidad de prescindir de la caldera, pero igualmente trabajar con vapor. Sin embargo, para ellos persisten las barreras económicas que impiden que sea posible una reconversión tecnológica bajo las condiciones actuales de mercado, en especial por la necesidad de realizar inversiones en equipos, y por las tarifas del gas natural.

## 9. PERSPECTIVAS

Las principales motivaciones que pueden tener las empresas para adoptar estrategias de producción más limpia están relacionadas con el cumplimiento de la normatividad, el aumento de la productividad, las exigencias del mercado, las políticas estatales, diversos factores macro-económicos externos y otras, como por ejemplo, la ética ambiental y la responsabilidad social empresarial.

Sin embargo, todavía existen numerosas barreras institucionales, económicas, técnicas e incluso culturales que dificultan un proceso de reconversión tecnológica para una industria tradicional como el bocadillo. Solamente en la medida en que se cuantifique el valor agregado de la disminución de emisiones, se puede resultar en un balance favorable para la operación a gas natural.

La primera motivación para la reconversión tecnológica es el cumplimiento de la normatividad. En ese sentido, la Resolución 909 de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial –MAVT, establece las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas. De otra parte, el Ministerio de la Protección Social, junto al Ministerio de Minas y Energía actualmente están impulsando el Reglamento Técnico de Calderas, para establecer las condiciones mínimas de operación segura y eficiente de calderas en Colombia. Las calderas a carbón y leña de la región están muy por debajo de cumplir tanto los estándares de la normatividad ambiental, como la de seguridad ocupacional.

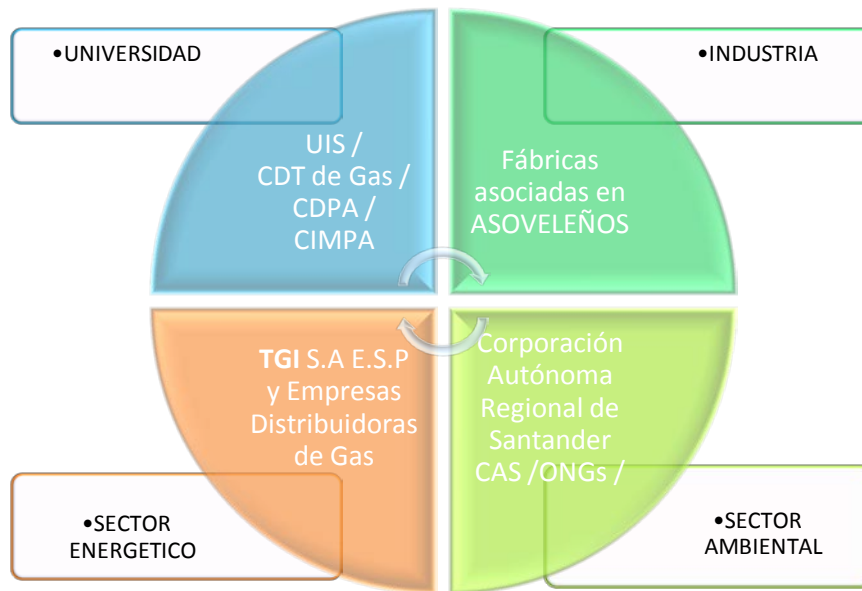
Una segunda motivación está relacionada con las exigencias de mercado. Actualmente, como consecuencia de los avances en el acceso a la

información y la preocupación por el Medio Ambiente, los consumidores han cambiado sus hábitos de consumo, añadiendo la conciencia ecológica a sus demandas de calidad. Así, la producción más limpia brinda la oportunidad a los *bocadilleros* de obtener certificados verdes para su producto, y de esta manera abrir sus opciones comerciales a nuevos mercados internacionales.

Desde el punto de vista técnico, existen potenciales de mejora del desempeño de la Marmita Autogeneradora, a partir de un incremento de la potencia que permita un mejor tiempo de cocción, sin perder eficiencia. Estos potenciales implican un refinamiento en el diseño de algunos componentes. **Es necesario continuar con la investigación para el desarrollo de un equipo más ajustado a las condiciones operativas del proceso.**

Un escenario de Reconversión Tecnológica de carbón a gas requiere la convergencia de varios actores: la Universidad, la Industria, el Sector energético, y el Sector Ambiental

**Fig. 72** Actores que posibilitan la reconversión tecnológica de la Industria del Bocado



El **CDT de GAS** y La **Universidad**, a través de Investigación Tecnológica aplicada, y continuando con el desarrollo iniciado con este Proyecto, para generar la tecnología que posibilite la Reconversión Tecnológica para una producción sostenible con gas natural.

La **Industria**, a través de ASOVELEÑOS, representa a las PyMEs productoras de bocadillo de la Región. ASOVELEÑOS debe posibilitar el acceso a las fábricas para caracterizar mejor el proceso y sus necesidades, y aportar su experiencia y conocimiento en el mismo proceso.

El **Sector Energético**, a través de las empresas distribuidoras, y las transportadoras de gas natural como **TGI S.A. ESP**, con participación como Proyecto de Responsabilidad Social Empresarial, deberían generar las condiciones de mercado que hagan competitiva la producción a gas natural.

El **Sector ambiental**, constituye la principal presión para el recambio de tecnología, por el impacto negativo que causa la producción bocardillera en la región. En ese sentido la CAS es la entidad responsable de realizar el control y seguimiento a las emisiones de fuentes fijas.

### **Sector productivo**

- Agencia para el Desarrollo Local de Vélez. –ADEL Vélez
- ASOVELEÑOS
- Mesa gestora de la Cadena Productiva de la Guayaba y su Industria en Boyacá y Santander

### **Sector Ambiental**

- Corporación Autónoma Regional de Santander –CAS
- Corporación Nacional para la Producción más limpia –CNPML

### **Sector Académico/Investigación**

- Universidad Industrial de Santander –UIS
- Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales –CEIAM
- Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico de Gas –CDT de GAS
- Centro de Desarrollo Productivo de Alimentos CDPA
- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia –UPTC
- Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS.

### **Sector Energético**

- Nacional de Servicios Públicos Domiciliarios –NSPD S.A. E.S.P
- Transportadora de Gas Internacional –TGI S.A. E.S.P

## **CONTINUIDAD DEL PROYECTO.**

Para dar continuidad al Proyecto, es muy necesario, en primer lugar **desarrollar capacidades de gestión como ente articulador con otros actores que puedan estar interesados**, así como la alineación con las agendas de trabajo de Instituciones que actualmente apoyan la industria *bocadillera*.

### **Etapas**

#### **1. Articulación Institucional.**

- a. Socialización del Proyecto con los actores implicados
- b. Planteamiento de Proyectos conjuntos.

#### **2. Revisión Ambiental Inicial. Línea base de la producción a carbón, y pre factibilidad de la reconversión a gas**

- a. Inventario de calderas a carbón
- b. Caracterización del carbón: composición y poder calorífico.
- c. Inventario de emisiones de Gases efecto invernadero, según listado de Protocolo de Kioto.
- d. Indicadores: Eficiencia de caldera promedio [%], Producción específica [kg-bocadillo/kg-carbón], Factor de emisiones [kgCO<sub>2</sub>/kg-carbón]

#### **3. Optimización de la Tecnología**

- a. Caracterización del proceso y necesidades de energía.
- b. Optimización del prototipo de marmita Autogeneradora.
- c. Implementación de Fábrica PILOTO con Marmitas Autogeneradoras.

**4. Línea base de la producción a gas y factibilidad de la reconversión a gas**

- a. Indicadores: Eficiencia de la marmita Autogeneradora, Producción específica [kg-bocadillo/m<sup>3</sup>-gas], Inventario de emisiones, Factor de emisiones [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>-gas]

**5. Estudio del costo del ciclo de vida, y evaluación económica del cambio de tecnología**

- a. Estudio de la huella de carbono en el ciclo de vida de la marmita, desde su diseño y elaboración, hasta su reciclaje.
- b. Estudio de los costos de producción, operación, y mantenimiento en la vida útil de las marmitas a gas.
- c. Evaluación económica del cambio de carbón a gas, para casos concretos.
- d. Evaluación del potencial de ingresos por reducción de emisiones bajo proyectos asociativos (Proyecto MDL)

**6. Promoción de las condiciones sociales y culturales**

- a. Implementación y socialización de Fabrica Piloto.
- b. Concientización ambiental.

**7. Búsqueda de alternativas de financiamiento internacional para el recambio de tecnología.**

- a. Banco Interamericano de Desarrollo –BID
- b. Cooperación Internacional (embajadas europeas: Alemania, Suiza, etc.)
- c. Mercado de Certificados de Emisiones Reducidas CERs
- d. Apoyo de la Empresa Privada del Sector Gas, vía Proyectos de Responsabilidad Social Empresarial.

## CONCLUSIONES

- Con el desarrollo de la marmita autogeneradora de vapor, a gas natural se provee una *Tecnología Socialmente Apropriada* para la Cadena Productiva del bocadillo *Veleño*, en la medida en que es una solución eficiente, con mejoras para el proceso productivo y que además contribuirá el Desarrollo sectorial Sostenible, y al fortalecimiento de las actividades económicas tradicionales de la región veleña.
- Se proyectó y construyó un prototipo de marmita autogeneradora, en base a los requerimientos térmicos del proceso de cocción de pulpa de fruta con azúcar a temperatura controlada. La marmita se diseñó de acuerdo a las reglas de ASME BPVC, Sección VIII, División I, y a los requisitos de desempeño de ASTM F1602. Adicionalmente, se caracterizó la marmita de acuerdo a ASTM F1785, procedimiento con el que se determinó una eficiencia energética de  $[53\pm 1.78]$  %, muy representativa para este tipo de marmitas, de acuerdo al estudio del Estado del Arte realizado. Por otra parte, se tuvieron en cuenta los requerimientos de la Normatividad Técnica Colombiana NTC, sobre requisitos de seguridad para equipos comerciales de cocción.
- La marmita se instaló en la Fábrica de Bocadillo "*La Veleñita*", única que opera con gas natural en Vélez. Se presentó a varios fabricantes de bocadillo de la región, obteniendo una muy buena percepción sobre el equipo, especialmente por la posibilidad de cocinar con vapor indirecto, sin necesidad de calderas. El uso de marmitas a gas constituye una innovación tecnológica en cuanto a su aplicación como parte de una estrategia sectorial de Ciencia y Tecnología para la *Producción más*

*Limpia*, y para la promoción de una cultura de *uso racional de la energía* en las industrias tradicionales de dulces semielaborados.

- Es necesario un esfuerzo aunado entre el sector investigativo y los Centros de Desarrollo Tecnológico, el sector ambiental y las entidades no gubernamentales que trabajan en el apoyo a las Cadenas productivas, y el apoyo de las empresas privadas del Sector Gas Natural, para continuar con el desarrollo y promoción de esta tecnología en el sector.

## RECOMENDACIONES

Es necesario refinar el diseño térmico de la marmita autogeneradora, a partir del uso de herramientas de análisis CAE que permitan simular los procesos de transferencia de calor, y así detectar las oportunidades de mejora para aumentar la eficiencia de la marmita.

Para futuros desarrollos, se deberían tener en cuenta las siguientes recomendaciones para hacer modificaciones en el diseño:

- Aumentar la *Potencia específica* de la marmita, con un control de dos niveles de potencia que permita obtener un rápido calentamiento inicial, y después un sostenimiento a potencia media.
- Disminuir el volumen de la chaqueta de vapor, para reducir la energía que queda almacenada en el agua y vapor caliente, y así obtener un pre-calentamiento más rápido.
- Implementar control electrónico de la combustión, que facilite la rutina de encendido y mejore la seguridad sobre la supervisión de llama.
- Implementar un agitador mecánico con variador de velocidad, para la agitación y mezcla del producto.

## BIBLIOGRAFÍA

1. República de Colombia. Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación –COLCIENCIAS. **PLAN ESTRATEGICO. PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION EN ENERGÍA Y MINERIA.** 2005-2015. Bogotá, 2005. [PDF en línea] Disponible en <http://www.colciencias.gov.co>
2. República de Colombia. Ministerio de Agricultura. AGROCADENAS. **Documento de Trabajo No. 57. LA CADENA AGROINDUSTRIAL DE LA PANELA EN COLOMBIA. UNA MIRADA GLOBAL DE SU ESTRUCTURA Y DINAMICA 1991-2005.** [PDF en línea] Disponible en <http://www.agronet.gov.co>
3. Universidad Nacional de Colombia –UNAL, Sede Medellín. VELASQUEZ Héctor, CHEJNE Farid y AGUEDELO Andrés. **DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA PANELA EN COLOMBIA.** [2004]
4. Universidad Industrial de Santander –UIS. BURGOS Natalia y ESCALANTE Humberto. **DISEÑO CONCEPTUAL DEL PROCESO PRODUCTIVO DE DULCES DE GUAYABA UTILIZANDO GAS NATURAL EN EL MUNICIPIO DE MONQUIRA.** Bucaramanga, 2006. [PDF en línea] Disponible en <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/>
5. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –CORPOICA. PRADA Luz Esperanza. **PRODUCCION DEL BOCADILLO VELEÑO.** [PDF] Disponible en <http://www.corpoica.org.co/>
6. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –CORPOICA. Centro de Investigación para el mejoramiento productivo de la Panela. –CIMPA. BORRAY Gonzalo. **ESTUDIO DEL SISTEMA AGROALIMENTARIO LOCALIZADO, SIAL, DE LA CONCENTRACIÓN DE FÁBRICAS DE BOCADILLO DE GUAYABA EN LAS PROVINCIAS DE VÉLEZ Y RICAURTE EN COLOMBIA.** [PDF en línea] Disponible en <http://www.corpoica.org.co/>

7. República de Colombia. Departamento Nacional de Planeación. **AGENDA INTERNA PARA LA PRODUCTIVIDAD Y LA COMPETITIVIDAD. DOCUMENTO REGIONAL SANTANDER.** Bogotá, Junio de 2007. [PDF en línea] Disponible en <http://www.transformacionproductiva.gov.co>
8. Agenda Prospectiva de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Vélez. Acuerdo Regional de Competitividad. **CADENA PRODUCTIVA DE LA GUAYABA Y SU INDUSTRIA DE LOS DEPARTAMENTOS DE SANTANDER Y BOYACÁ.** Barbosa, Santander -2007 [PDF en Línea] Disponible en la URL <http://www.cadenahortofruticola.org>
9. Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas –CDT de GAS. GOMEZ Juan Carlos. **ANALISIS DE NECESIDADES REGIONALES EN MATERIA DE FLUIDOS Y ENERGÍA DEPARTAMENTO DE SANTANDER.** Proyecto de Fortalecimiento 2008 RC-238-2007. [Recurso digital en PDF] Bucaramanga, 2008.
10. NAFEM. North American Association of Food Equipment Manufacturers Handbook of Steam Equipment. **HANDBOOK OF STEAM.** [PDF en Internet] Disponible en <http://www.nafem.org/resources/handbookofsteam.aspx>
11. Y.H.HUI **HANDBOOK OF FRUITS AND FRUIT PROCESSING.** 1 Ed. Blackwell Publishing. 2006 ISBN-13: 978-0-8138-1981-5
12. CORPOICA/CIMPA. PRADA LUZ ESPERANZA. **BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA EN LA ELABORACION DE PRODUCTOS DERIVADOS DE LA GUAYABA.** BUCARAMANGA, 2002
13. CORPOICA/CIMPA y ASOHOFRCOL. **COMPENDIO DE GUAYABA.** Barbosa, Santander. 2003

14. CORPOICA/CIMPA. **DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA EL MANEJO POSCOSECHA DE LA GUAYABA EN COLOMBIA Y VENEZUELA.** Resultados de Investigación en Colombia. Barbosa, Santander. 2006
15. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación –ICONTEC. Norma Técnica **Colombiana NTC 2832-1. GASODOMÉSTICOS PARA LA COCCIÓN DE ALIMENTOS. PARTE 1. REQUISITOS DE SEGURIDAD** [Recurso Electrónico – Base de Datos Biblioteca UIS]
16. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación –ICONTEC. Norma Técnica Colombiana **NTC 2832-1. GASODOMÉSTICOS PARA LA COCCIÓN DE ALIMENTOS. PARTE 1. REQUISITOS DE SEGURIDAD** [Recurso Electrónico – Base de Datos Biblioteca UIS]
17. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación –ICONTEC. Norma Técnica Colombiana **NTC 3632. GASODOMÉSTICOS. INSTALACIÓN DE GASODOMÉSTICOS PARA COCCIÓN DE ALIMENTOS** [Recurso Electrónico – Base de Datos Biblioteca UIS]
18. Food Service Technology Center –FSTC. FISHER Don. **COMERCIAL COOKING APPLIANCE TECHNOLOGY ASSESSMENT.** FSTC Report #5011.02.26. [PDF en línea] disponible en <http://www.fishnick.com/>

**NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONALES  
AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS**

19. ASME BPVC. **BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE.** Sección VIII División 1. Sub partes UG, UW y UHA. Apéndices 9 y 19.
20. ASME BPVC. **BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE.** Sección II. Parte D. Sub parte 3

**AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS –ASTM  
COMITE F-26 FOOD SERVICE EQUIPMENT**

- 21. **ASTM F1603.** Standard Specification for Kettles Steam-Jacketed 32 oz to 20 gal (1 to 75.7 L) Tilting, Table Mounted, Direct Steam, Gas and Electric Heated.
- 22. **ASTM F1785.** Standard Test Method for Performance of Steam Kettles.
- 23. **ASTM F1827.** Standard Terminology Relating to Food Service Equipment

**NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS ICONTEC  
INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACION COMITÉ  
TÉCNICO 382101**

**Aparatos domésticos y equipos industriales que utilizan gas**

- 24. **NTC 4082.** Equipos de cocción para uso comercial que funcionan con gas. Requisitos de seguridad.
- 25. **NTC 3765** Requisitos generales de seguridad para artefactos a gas de uso doméstico y comercial y su instalación.
- 26. **NTC 3833** Dimensionamiento, construcción, montaje y evaluación de los sistemas para la evacuación de los productos de la combustión generados por los artefactos que funcionan con gas.
- 27. **NTC 3567** Conductos metálicos para la evacuación por tiro natural de los productos de la combustión del gas.

**NORMATIVIDAD LEGAL VIGENTE EN COLOMBIA**

- 28. REPUBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. RESOLUCIÓN No. 1023 DEL 25 DE MAYO DE 2004. **Reglamento Técnico para gasodomésticos que funcionan con combustibles gaseosos, que se fabriquen o importen para ser utilizados en Colombia**

## ANEXOS

### ANEXO 1. ESPESORES ESTÁNDAR DE LÁMINAS DE ACERO

No. Gauge	Espesor in	Espesor in	Espesor mm	Densidad oz/ft <sup>2</sup>	Densidad kg/m <sup>2</sup>
0	5/16	0,3125	7,938	200	61,03
1	9/32	0,28125	7,144	180	54,93
2	17/64	0,265625	6,747	170	51,88
3	1/4	0,25	6,350	160	48,82
4	15/64	0,234375	5,953	150	45,77
5	7/32	0,21875	5,556	140	42,72
6	13/64	0,203125	5,159	130	39,67
7	3/16	0,1875	4,763	120	36,62
8	11/64	0,171875	4,366	110	33,57
9	5/32	0,15625	3,969	100	30,52
10	9/64	0,140625	<b>3,572</b>	90	27,46
11	1/8	0,125	3,175	80	24,41
12	7/64	0,109375	<b>2,778</b>	70	21,36
13	3/32	0,09375	2,381	60	18,31
14	5/64	0,078125	<b>1,984</b>	50	15,26
15	9/128	0,0703125	1,786	45	13,73
16	1/16	0,0625	<b>1,588</b>	40	12,21
17	9/160	0,05625	1,429	36	10,99
18	1/20	0,05	1,270	32	9,76
19	7/160	0,04375	1,111	28	8,54
20	3/80	0,0375	0,953	24	7,32
21	11/320	0,034375	0,873	22	6,71
22	1/32	0,03125	0,794	20	6,10
23	9/320	0,028125	0,714	18	5,49
24	1/40	0,025	0,635	16	4,88
25	7/320	0,021875	0,556	14	4,27

## ANEXO 2. ASTM F1785 -97 (2008) Standard Test Method for Performance of Steam Kettles

### *Método Estándar para Pruebas de Desempeño en Marmitas de Vapor*

Esta norma establece los métodos para realizar la **Prueba de Uso de Energía**, requerida por ASTM F1602-97 (2008), para marmitas Clase B y C (gas y eléctricas)

#### 1. Parámetros a determinar

##### **Consumo máximo de Energía.**

La prueba de consumo máximo de energía se usa para confirmar que la marmita opera alrededor de +/-5% del consumo nominal reportado por el fabricante, si es así, la prueba continua. Este método también permite revelar cualquier problema con el suministro de energía eléctrica, la presión de suministro de gas, o la presión o el flujo del suministro de vapor. El consumo máximo de energía se utiliza para calcular el costo de operación.

##### **Capacidad. Capacity**

La prueba de capacidad determina el máximo volumen de producto que la marmita puede contener, y el volumen para las pruebas siguientes. La Capacidad se utiliza para determinar el tamaño adecuado para un proceso.

- **Eficiencia de Calentamiento.** *Heat-up energy efficiency*
- **Consumo de energía para calentamiento.** *Heat-up energy rate*
- **Consumo de energía a fuego lento.** *Simmer energy rate*

La eficiencia de calentamiento, y el consumo de energía a fuego lento permiten al operador considerar el

desempeño cuando se preparan alimentos que requieren un tiempo largo de cocción.

##### **Consumo de Energía del Piloto. Pilot Energy rate**

El consumo de energía del Piloto se usa para estimar el consumo de energía de una marmita a gas durante los periodos en que no se está calentando.

#### 2. Resumen del Método de Pruebas.

**2.1 Consumo máximo de Energía.** La marmita se conecta a la fuente de energía, cuyo consumo se debe medir apropiadamente, y se determina el **máximo consumo de energía** para confirmar que está operando entre +/-5% respecto al consumo nominal dado por el fabricante.

**2.2 Capacidad. Capacity.** La marmita se llena al punto de rebose, para determinar la **Capacidad a rebose (Fill-to-Spill)**. Las pruebas siguientes se realizan a un volumen menor (90%), para dejar un espacio libre entre la línea de superficie del agua, y el borde de la marmita.

**2.3 Eficiencia y Consumo de energía para calentamiento** La marmita se fija a la máxima potencia, y se monitorea para calentar el agua desde 80°F a 160°F (de 26.67°C a 71.11°C), y se calcula la **eficiencia de calentamiento**, el **consumo de energía (potencia) para calentamiento** y la capacidad de producción.

#### 2.4 Consumo de energía a fuego lento.

Se ajusta el control de la marmita para mantener el agua a 165°F (74°C) por tres horas, para determinar el **consumo de energía (potencia) a fuego lento**

#### 2.5 Consumo de Energía del Piloto.

Cuando aplique, se mide el consume de energía del Piloto en el quemador de gas, y se reporta el **consumo de energía del piloto.**

### 3. Instrumentos de Medición

Instrumento	Alcance	Resolución	Incertidumbre
Balanza		0.01lb	0.01lb
Barómetro.		0.2inHg	0.2inHg
Medidor de Volumen de Gas		0.01ft <sup>3</sup>	Para una demanda de más de 2.2ft <sup>3</sup> /h la incertidumbre es 1% del valor medido.
Manómetro (para medir la presión del gas)	0-15inH2O	0.5inH2O	1% del valor medido
Cronómetro		1s	
Sensor de Temperatura (para el gas)	50-100°F (10-38°C)		+/-1°F
Termocupla tipo K o T (para el agua)	50-250°F (10-121°C)		+/-1°F
Campana de Extracción	4ft (1.2192m) de profundidad, montado en la pared con el borde inferior de la campana a 6ft. 6in (1.9812m) del piso y con capacidad para operar a una velocidad nominal de ventilación de escape de 150 cfm/pie lineal de longitud de escape. La campana se extenderá un mínimo de 6in a ambos lados de la parte frontal del recipiente de cocción y no se incorporan cortinas laterales o particiones.		

#### 4. Sustancias

Las pruebas se realizan con agua del suministro municipal, o cualquier otra fuente de agua potable.

#### 5. Preparación para la Prueba

**5.1** Se instala la marmita de acuerdo a las instrucciones del fabricante, bajo una campana de extracción de 1.2m de profundidad, contra la pared, y el borde inferior de la campana a 1.9m del piso. La marmita se ubica con el límite frontal del recipiente 15cm dentro de la campana. Ambos lados de la marmita deben estar al menos a 90cm de cualquier pared, o de otro aparato. La ventilación debería ser de

150cfm por cada pie lineal de la longitud de escape. Un escape más largo es aceptable, si se mantiene la ventilación a 150cfm por cada pie lineal de la longitud de escape, sobre la longitud activa del escape. El sistema de ventilación o de calefacción del recinto debe ser capaz de mantener la temperatura ambiente a 75+/-5°F (24+/-3°C)

**5.2** Se conecta la marmita a un medidor calibrado. Para instalaciones de gas, se instala un regulador de presión aguas abajo del medidor para mantener constante la presión del gas en todas las pruebas. Se instala la instrumentación para registrar la temperatura y la presión

de suministro de gas a la marmita, y la presión barométrica durante la prueba, para corregir el flujo de gas medido a condiciones estándar.

**5.3** Para marmitas a gas, durante la prueba de consumo máximo de energía se ajusta la presión del gas aguas abajo del regulador a un 62.5% de la presión de operación especificada por el fabricante. Se hacen los ajustes para optimizar la combustión, y se verifica midiendo el CO.

El control se establece para mantener la marmita estable a fuego lento, a una temperatura promedio de 165+/-1°F (74+/-0.5°C)

## 6. Procedimiento

Para marmitas a gas, se deben obtener y registrar los siguientes datos:

- Poder calorífico
- Presión y temperatura del gas a condiciones estándar.
- Temperatura del gas
- Presión del gas
- Presión atmosférica
- Temperatura ambiente
- Consumo de energía durante la prueba.

**Nota.** El método preferido para determinar el poder calorífico del gas suministrado a la marmita durante la prueba es utilizando un calorímetro, o mediante cromatografía de gas de acuerdo con los procedimientos del laboratorio. Se recomienda que todas las pruebas se realicen con gas con un poder calorífico entre 1000 y 1075 BTU/ft<sup>3</sup>

### 6.1 Consumo máximo de energía

6.1.1 Se llena la marmita con agua, se establece el control a máxima capacidad, se enciende y se deja operar por 10min. Este periodo es el necesario para que los orificios del quemador se expandan, y se estabilice la operación

6.1.2 Se continúa operando la marmita durante 15 minutos, registrando el **tiempo** y el **consumo de energía**.

El consumo de energía se calcula utilizando la siguiente formula:

$$E_{input} = HV \times V$$

Dónde:

*HV* = Poder Calorífico, energía contenida en el gas a condiciones estándar. [BTU/ft<sup>3</sup>][kJ/m<sup>3</sup>]

*V* = Volumen de gas actual, corregido a condiciones estándar. [ft<sup>3</sup>][m<sup>3</sup>]

$$V = V_{measured} \times T_{cf} \times P_{cf}$$

Dónde:

*V<sub>measured</sub>* = Volumen de gas medido [ft<sup>3</sup>][m<sup>3</sup>]

*T<sub>cf</sub>* = Factor de corrección de temperatura.

$$T_{cf} = \frac{\text{Temperatura estandar [K]}}{\text{Temp. del gas [°C] + 273 [K]}}$$

*P<sub>cf</sub>* = Factor de corrección de presión.

$$P_{cf} = \frac{\text{Presión estandar [kPa]}}{\text{Presion man. del gas [kPa] + Presión Atm.}}$$

Las condiciones de referencia estándar deben ser las mismas a las que se determinó el poder calorífico del gas.

*T<sub>estandar</sub>* = 288.56K

*P<sub>estandar</sub>* = 101.5kPa

Ahora, el **consumo máximo de energía** se determina así:

$$\begin{aligned} & \textit{maximum energy input rate} \\ & = \frac{\textit{Einput [BTU][kW]}}{\textit{input time [min]}} \times 60 [\textit{min/h}] \end{aligned}$$

## 6.2 Capacidad

Se llena la marmita a rebose con agua, y se registra la cantidad necesaria.

Se calcula y registra la Capacidad para Pruebas como el 90% de la Capacidad a rebose (*spill*)

$$C_{test} = 0.90 \times C_{spill}$$

$C_{test}$  = Capacidad para pruebas

$C_{spill}$  = Capacidad a rebose.

## 6.3 Eficiencia de Calentamiento, Consumo de energía para calentamiento y Capacidad de Producción.

La marmita debe estar a temperatura ambiente, se llena a la capacidad de pruebas +/-1% con agua a 70+/-2°F (21+/-1°C). Se ubica la termocupla en el centro geométrico de la superficie de agua. Este sensor se utilizara para todas las demás pruebas.

Se fija a máxima potencia, y se enciende la marmita

Cuando la temperatura pasa de 80°F (26.67°C) se empieza a registrar el tiempo, la temperatura del agua y el consumo de energía.

Cuando la temperatura alcance los 160°F (71.11°C), se apaga la marmita, se registra el tiempo final la temperatura final y el consumo de energía.

Se calcula la eficiencia de calentamiento, y el consumo de energía para calentamiento, utilizando las siguientes fórmulas.

## Eficiencia de Calentamiento

$$\eta_{heatup} = \frac{E_{water}}{E_{kettle}} \times 100$$

Donde

- $\eta_{heatup}$  = eficiencia de calentamiento [%]
- $E_{kettle}$  = Energía consumida por la marmita. [BTU][kW]
- $E_{water}$  = energía suministrada al agua [BTU][kW]

$E_{water}$

$$= (T_f - T_i) \times W_{water} \times C_{water}$$

Donde

- $T_f$  = Temperatura Final del agua [°F][°C]
- $T_i$  = Temperatura Inicial del agua [°F][°C]
- $W_{water}$  = masa de agua [lb][kg]
- $C_{water}$  = Calor específico del agua. [BTU/lb\*°F][kJ/kg\*°C]

## Consumo de Energía para Calentamiento

$$HR = \frac{E_{kettle}[BTU]}{t[min]} \times 60 \text{min/h}$$

Dónde

- $HR$  = energía consumida durante el intervalo de calentamiento de 80 a 160°F [BTU/h][kW/h]
- $E_{kettle}$  = energía consumida por la marmita durante el mismo intervalo [BTU][kW]
- $t$  = tiempo requerido para calentar el agua desde 80 a 160°F [min]

### Capacidad de Producción

$$PC = \frac{W}{t} \times 60$$

Donde

PC= Capacidad de Producción [lb/h][kg/h]

W= masa total de agua en la marmita [lb][kg]

t= tiempo requerido para calentar el agua desde 80 a 160°F [min]

### 6.4 Consumo de Energía a Fuego lento

Se marmita se llena con agua a la capacidad de pruebas +/-1%. Si esta prueba se realiza después de la prueba de calentamiento, entonces no es necesario ajustar la cantidad de agua. Se enciende la marmita, y se ajusta el control para que la marmita mantenga la temperatura en un promedio de 165+/-1°F (74+/-0.5°C)

Se debe permitir que la temperatura del agua se estabilice, cuando alcance el promedio de 165+/-1°F (74+/-0.5°C) después de varios ciclos, se empieza a monitorear el tiempo, temperatura, y el consumo de energía. La medición debe comenzar cuando termine un ciclo, esto es, cuando los quemadores se apaguen.

Se continúa monitoreando por 3h, luego se apaga la marmita al final del ciclo de calentamiento. Si los quemadores están encendidos a las 3horas, se continúa hasta que este ciclo termine, luego se registra el tiempo final, y el consumo de energía. Si los quemadores están apagados, entonces se monitorea hasta que el se enciendan y se registra el tiempo y el consumo para el ciclo final.

El consumo de energía a fuego lento se determina con la siguiente ecuación:

$$SR = \frac{E_{kettle}}{t} \times 60$$

Donde

SR= consumo de energía durante 3horas de calentamiento [BTU/h]

$E_{kettle}$ = energía consumida por la marmita en el mismo período

t= tiempo de calentamiento [min]

### ASTM F1785 -97 (2008) – ANEXO (Mandatory Information)

#### A1. PROCEDURE FOR DETERMINING THE UNCERTAINTY IN REPORTED TEST RESULT

Procedimiento para estimación de la incertidumbre en el Reporte de Resultados de Pruebas.

NOTA. Este procedimiento está basado en el método ASHRAE para determinar el intervalo de confianza para el promedio de varios resultados de una prueba. (ASHRAE *Guideline 2*—1986 (RA90)). Se debería aplicar solo para resultados de pruebas que se hayan obtenido con las tolerancias especificadas en la F1785.

**A1.1** Para las pruebas de eficiencia de calentamiento, capacidad de producción, y consumo de energía a fuego lento, se debe reportar la incertidumbre de al menos tres corridas de cada prueba.

La incertidumbre de la **eficiencia de calentamiento** y de la **capacidad de producción** no debe ser mayor que +/- 10%.

**A1.2** La incertidumbre en un reporte de resultados es una medida de su precisión. Si, por ejemplo, la capacidad de producción de una marmita es 30kg/h, la

incertidumbre no debe ser mayor de +/- 3kg/h. Así, la verdadera capacidad de producción está entre 27 y 33kg/h. Este intervalo se determina con un nivel de confianza del 95%, lo cual significa que hay una posibilidad de 1 entre 20 de que la verdadera capacidad de producción caiga por fuera de este intervalo.

**A1.3** Estimar la incertidumbre no solo garantiza la máxima incertidumbre reportada en los resultados, también se usa para determinar cuántas veces hay que realizar la prueba para tener suficientes resultados para satisfacer este requerimiento.

La incertidumbre se calcula a partir de la desviación estándar de tres o más resultados y un factor de la tabla A1.1, la cual lista el número de resultados utilizados para calcular el promedio. El porcentaje de incertidumbre es la razón de la incertidumbre al promedio, expresada como porcentaje.

**Tabla A1.1 Factores de Incertidumbre**

Cantidad de Resultados de la prueba	Factor de Incertidumbre, Cn
3	2.48
4	1.59
5	1.24
6	1.05
7	0.92
8	0.84
9	0.77
10	0.72

**A1.4 Procedimiento**

**A1.4.1.** Calcular el promedio y la desviación estándar de los resultados de las pruebas: eficiencia de calentamiento, capacidad de producción y consumo de energía a fuego lento, utilizando los

resultados de las tres primeras corridas de pruebas, utilizando la siguiente fórmula.

**A1.4.1.1** Fórmula general para el promedio de *n* resultados:

$$Xa_n = \frac{1}{n} * (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)$$

Donde

$Xa_3$  = Promedio de tres resultados

$x_1, x_2, x_3, x_n$  = resultados de cada una de las corridas

**A1.4.1.2** Fórmula para la desviación estándar de *n* resultados

$$S_3 = \frac{1}{\sqrt{(n-1)}} * \sqrt{A_n - B_n}$$

Donde

$S_3$  = Desviación estándar de los resultados de tres corridas

$$A_n = (X_1)^2 + (X_2)^2 + (X_3)^2 + \dots + (X_n)^2$$

$$B_n = (1/n) * (X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n)^2$$

**A1.4.2** Calcule la incertidumbre absoluta en el promedio de cada parámetro. Multiplique la desviación estándar calculada en el A1.4.1 por el factor de incertidumbre correspondiente a tres resultados, de la Tabla A1.1

**A1.4.2.1** Fórmula para la incertidumbre absoluta de tres resultados.

$$U_n = C_n * S_n$$

Donde

$U_n$  = Incertidumbre absoluta en el promedio de *n* resultados

$C_n$  = Factor de Incertidumbre para *n* resultados.

**A1.4.3** Calcule el porcentaje de incertidumbre en el promedio de cada parámetro usando el promedio calculado en A1.4.1 y las incertidumbres de A1.4.2

**A1.4.3.1** Fórmula para el porcentaje de incertidumbre de *n* resultados

$$\%U_n = \left( \frac{U_n}{Xa_n} \right) \times 100$$

Donde

$\%U_n$  = Porcentaje de incertidumbre en el promedio de n resultados

$U_n$  = Incertidumbre absoluta en el promedio de n resultados

$Xa_n$  = promedio de n resultados

**A1.4.4** Si el porcentaje de incertidumbre es menor que +/-10% de eficiencia de calentamiento, la capacidad de producción y el consumo de energía a

fuego lento, se reportan el promedio de estos parámetros junto a su correspondiente incertidumbre absoluta en el siguiente formato:

$$Xa_3 \pm U_3$$

Si el porcentaje es mayor que +/-10% para cada parámetro, entonces se debe correr una cuarta prueba y recalculer el promedio, la desviación estándar y la incertidumbre absoluta hasta obtener que el porcentaje de incertidumbre es menor a +/-10%

## ASTM F1785 -97 (2008) – ANEXO (No-Mandatory Information)

### X1. HOJA DE REPORTE DE RESULTADOS

Reporte de Resultados	
<b>Fabricante:</b>	<u>Corporación CDT de GAS</u>
<b>Modelo:</b>	<u>ASTMF1602-1AB2B</u>
<b>Fecha:</b>	_____
<b>No. de Prueba:</b>	_____
<b>1. Clasificación</b>	
Tipo:	<u>Fija</u>
Capacidad:	<u>75lt</u>
Grado:	<u>2 (30psi)</u>
Estilo:	<u>2 montaje en piso</u>
Clase:	<u>B autogeneradora a gas</u>
<b>2. Instrumentos y Procedimiento</b>	
Lista de los instrumentos y evidencia de que están calibrados	
<b>3. Capacidad</b>	
Capacidad para pruebas [lt]:	<u>63lt</u>
<b>4. Consumo Máximo de Energía</b>	
Poder calorífico del Gas [kJ/m <sup>3</sup> ]	<u>997BTU/ft3</u>
Consumo Máximo de Energía [m <sup>3</sup> /h]	_____
<b>5. Consumo y Eficiencia de Calentamiento</b>	
Poder calorífico del Gas [kJ/m <sup>3</sup> ]	<u>997BTU/ft3</u>
Heating Time 26-70°C [min]	<u>100min</u>
Capacidad de Producción [kg/h]	_____
Eficiencia [%]	<u>53±1.78</u>
Consumo [m <sup>3</sup> /h]	<u>0.72</u>
<b>6. Consumo a fuego lento</b>	
Poder calorífico del Gas [kJ/m <sup>3</sup> ]	_____
Consumo a fuego lento	_____

## **ANEXO 3. ASME BPVC Sección VIII División I Apéndice Obligatorio 19**

### **Marmitas de Vapor Eléctricas o a Gas.**

#### **19-1 ALCANCE.**

Las reglas del Apéndice 19 proveen requerimientos adicionales para marmitas autogeneradoras eléctricas o a gas, construidos bajo las reglas de esta División.

#### **19-2 RESTRICCIÓN DE SERVICIOS**

No se debe drenar el agua o el vapor de la chaqueta para uso externo, y la presión de operación no debe exceder 50psi (350kPa)

#### **19-3 MATERIALES**

Las partes en contacto con productos de combustión deben ser de acero inoxidable austenítico, o de bajo carbono estabilizado. No se debe utilizar Acero de grado Estructural SA-36 y SA-283 (Grados A, B, C, y D) para cualquier parte a presión.

#### **19-4 DISEÑO**

Las juntas soldadas Categoría A y B, en contacto con productos de combustión, deben ser del Tipo I de la Tabla UW-12

#### **19-5 INSPECCIÓN Y ESTAMPE**

Las marmitas autogeneradoras de vapor, a gas o eléctricas se deben inspeccionar por un Inspector, y no se marcan con el Símbolo UM por su volumen. (Ver U-1(j))

#### **19-6 VALVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN**

La capacidad de la válvula de alivio de presión en libras de vapor por hora será igual por lo menos al valor de la Potencia en BTU/h del quemador de gas, dividido en 1000, o al valor en kW de la resistencia eléctrica, multiplicada por 3,5.

#### **19-7 APERTURAS**

La chaqueta debe tener las siguientes aperturas para las siguientes conexiones:

- a. Un manómetro
- b. Un visor de nivel en vidrio
- c. Una conexión independiente y directa, para venteo de aire, o añadir agua a la chaqueta. (no se debe añadir agua si la chaqueta está a presión)
- d. Un interruptor por bajo nivel de agua
- e. Un control de supervisión de llama, que corte el combustible en caso de que el quemador falle.

#### **19-8 REPORTE DE DATOS**

Cuando se cumplen todos los Requisitos de esta División, y los requisitos adicionales del Apéndice 19, el fabricante puede añadir la siguiente anotación en su reporte de datos y marcas: "CONSTRUIDO EN CONFORMIDAD CON EL APÉNDICE 19, MARMITAS AUTOGENERADORAS ELÉCTRICAS O A GAS"

**ANEXO 4. ASME BVPC Sección II – Parte D – Subsección 1, Tabla 2A**  
**Esfuerzos Permisibles para Lámina de Acero Inox. 304**

TABLE 1A (CONT'D)  
SECTION I; SECTION III, CLASS 2 AND 3;\* AND SECTION VIII, DIVISION 1  
MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES *S* FOR FERROUS MATERIALS  
(\*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec No.	Type/Grade	Alloy Desig./ UNS No.	Class/ Cond./ Temper	Size/ Thickness, in.	P-No.	Group No.
1	18Cr-8Ni	Forged pipe	SA-430	FP304H	S30409	...	...	8	1
2	18Cr-8Ni	Forged pipe	SA-430	FP304H	S30409	...	...	8	1
3	18Cr-8Ni	Cast pipe	SA-451	CPF3	J92500	...	...	8	1
4	18Cr-8Ni	Cast pipe	SA-451	CPF8	J92600	...	...	8	1
5	18Cr-8Ni	Forgings	SA-182	F304	S30400	...	≤ 5	8	1
6	18Cr-8Ni	Forgings	SA-182	F304	S30400	...	≤ 5	8	1
7	18Cr-8Ni	Forgings	SA-182	F304H	S30409	...	≤ 5	8	1
8	18Cr-8Ni	Forgings	SA-182	F304H	S30409	...	≤ 5	8	1
9	18Cr-8Ni	Smls. tube	SA-213	TP304	S30400	...	...	8	1
10	18Cr-8Ni	Smls. tube	SA-213	TP304	S30400	...	...	8	1
11	18Cr-8Ni	Smls. tube	SA-213	TP304H	S30409	...	...	8	1
12	18Cr-8Ni	Smls. tube	SA-213	TP304H	S30409	...	...	8	1
13	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	302	S30200	...	...	8	1
14	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	302	S30200	...	...	8	1
15	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	304	S30400	...	...	8	1
16	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	304	S30400	...	...	8	1

Line No.	Min. Tensile Strength, ksi	Min. Yield Strength, ksi	Applic. and Max. Temp. Limits (NP = Not Permitted) (SPT = Supports Only)			External Pressure Chart No.	Notes
			I	III	VIII-1		
1	70	30	1500	800	1500	HA-1	G5, G18, H1, T7
2	70	30	1500	NP	1500	HA-1	G18, H1, T8
3	70	30	NP	800	NP	...	G5, G16, G17, G32
4	70	30	NP	800	NP	HA-1	G5, G16, G17, G32
5	75	30	1500	NP	1500	HA-1	G12, G18, T8
6	75	30	1500	800	1500	HA-1	G5, G12, G18, T7
7	75	30	1500	NP	1500	HA-1	G18, T8
8	75	30	1500	800	1500	HA-1	G5, G18, T7
9	75	30	1500	NP	1500	HA-1	G12, G18, T8
10	75	30	1500	800	1500	HA-1	G5, G12, G18, T7
11	75	30	1500	NP	1500	HA-1	G18, T8
12	75	30	1500	800	1500	HA-1	G5, G18, T7
13	75	30	NP	NP	750	HA-1	G5
14	75	30	NP	NP	750	HA-1	...
15	75	30	1500	NP	1500	HA-1	G12, G18, T8
16	75	30	1500	800	1500	HA-1	G5, G12, G18, H1, T7

TABLE 1A (CONT'D)  
SECTION I; SECTION III, CLASS 2 AND 3;\* AND SECTION VIII, DIVISION 1  
MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES S FOR FERROUS MATERIALS  
(\*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Maximum Allowable Stress, ksi (Multiply by 1000 to Obtain psi), for Metal Temperature, °F, Not Exceeding													
	-20 to 100	150	200	250	300	400	500	600	650	700	750	800	850	900
1	20.0	...	18.9	...	17.7	17.1	16.9	16.6	16.2	15.8	15.5	15.2	14.9	14.6
2	20.0	...	16.7	...	15.0	13.8	12.9	12.3	12.0	11.7	11.5	11.2	11.0	10.8
3	20.0	...	18.9	...	17.7	17.1	16.9	16.6	16.2	15.8	15.5	15.2	...	...
4	20.0	...	18.9	...	17.7	17.1	16.9	16.6	16.2	15.8	15.5	15.2	...	...
5	20.0	...	16.7	...	15.0	13.8	12.9	12.3	12.0	11.7	11.5	11.2	11.0	10.8
6	20.0	...	20.0	...	18.9	18.3	17.5	16.6	16.2	15.8	15.5	15.2	14.9	14.6
7	20.0	...	16.7	...	15.0	13.8	12.9	12.3	12.0	11.7	11.5	11.2	11.0	10.8
8	20.0	...	20.0	...	18.9	18.3	17.5	16.6	16.2	15.8	15.5	15.2	14.9	14.6
9	20.0	...	16.7	...	15.0	13.8	12.9	12.3	12.0	11.7	11.5	11.2	11.0	10.8
10	20.0	...	20.0	...	18.9	18.3	17.5	16.6	16.2	15.8	15.5	15.2	14.9	14.6
11	20.0	...	16.7	...	15.0	13.8	12.9	12.3	12.0	11.7	11.5	11.2	11.0	10.8
12	20.0	...	20.0	...	18.9	18.3	17.5	16.6	16.2	15.8	15.5	15.2	14.9	14.6
13	20.0	...	20.0	...	18.9	18.3	17.5	16.6	16.2	15.8	15.5	...	...	...
14	20.0	...	16.7	...	15.0	13.8	12.9	12.3	12.0	11.7	11.5	...	...	...
15	20.0	...	16.7	...	15.0	13.8	12.9	12.3	12.0	11.7	11.5	11.2	11.0	10.8
16	20.0	...	20.0	...	18.9	18.3	17.5	16.6	16.2	15.8	15.5	15.2	14.9	14.6

ANEXO 5 ASME BPVC- Sección II, Parte D, Subparte 3, Tabla G.

Características geométricas para componentes bajo presión externa, o cargas a compresión. (Para todos los materiales)

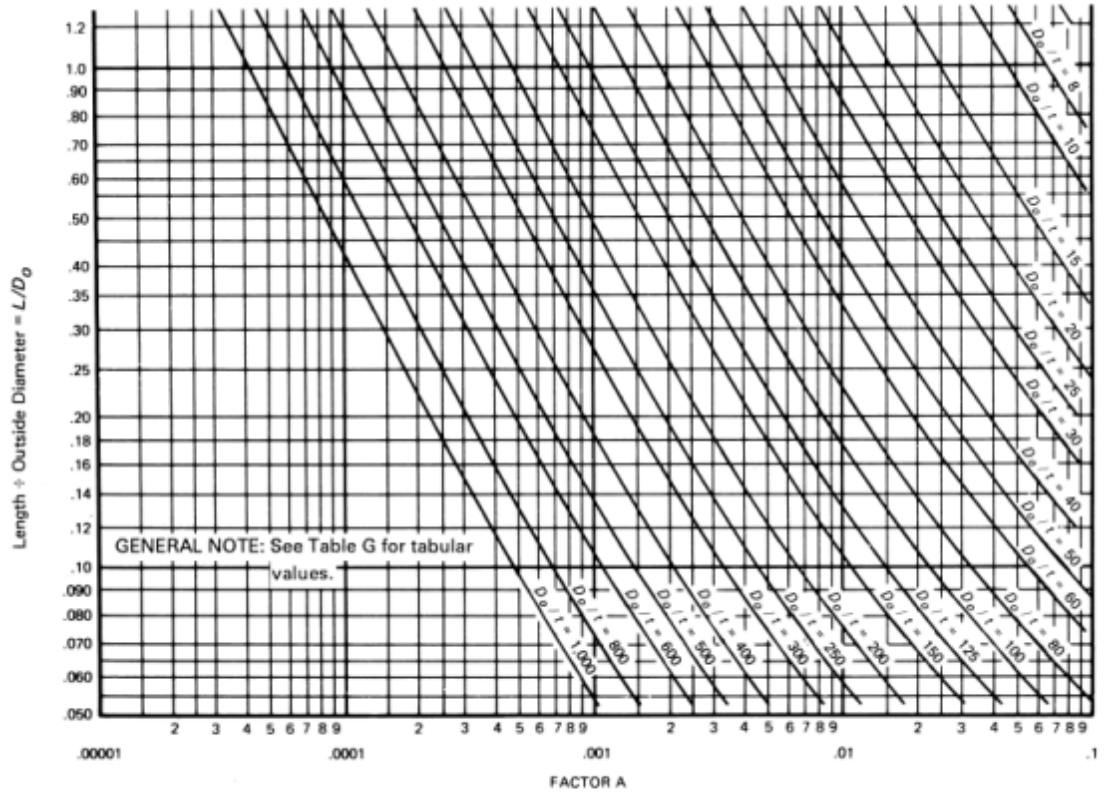


FIG. G GEOMETRIC CHART FOR COMPONENTS UNDER EXTERNAL OR COMPRESSIVE LOADINGS (for All Materials)

**ANEXO 6. ASME BPVC- Sección II, Parte D, Subparte 3, Tabla HA-1**  
**Para determinar el espesor de cascos bajo presión externa, cuando se**  
**construyen con acero austenítico (18Cr-8Ni tipo 304)**

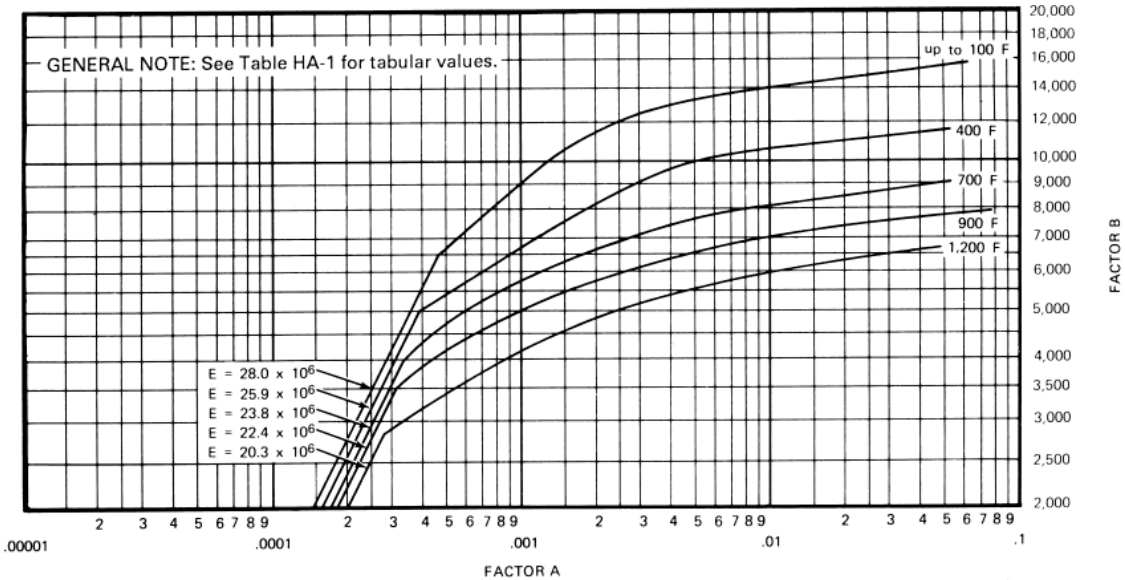


FIG. HA-1 CHART FOR DETERMINING SHELL THICKNESS OF COMPONENTS UNDER EXTERNAL PRESSURE  
 WHEN CONSTRUCTED OF AUSTENITIC STEEL (18Cr-8Ni, Type 304) [Note (1)]

ANEXO 7. ASME BPVC Sección VIII, División I Parte UW Tabla UW-12.

PART UW — WELDED VESSELS

TABLE UW-12  
MAXIMUM ALLOWABLE JOINT EFFICIENCIES<sup>1,5</sup> FOR ARC AND GAS WELDED JOINTS

Type No.	Joint Description	Limitations	Joint Category	Degree of Radiographic Examination		
				(a) Full <sup>2</sup>	(b) Spot <sup>3</sup>	(c) None
(1)	Butt joints as attained by double-welding or by other means which will obtain the same quality of deposited weld metal on the inside and outside weld surfaces to agree with the requirements of UW-35. Welds using metal backing strips which remain in place are excluded.	None	A, B, C, & D	1.00	0.85	0.70
(2)	Single-welded butt joint with backing strip other than those included under (1)	(a) None except as in (b) below (b) Circumferential butt joints with one plate offset; see UW-13(b)(4) and Fig. UW-13.1, sketch (k)	A, B, C, & D A, B, & C	0.90 0.90	0.80 0.80	0.65 0.65
(3)	Single-welded butt joint without use of backing strip	Circumferential butt joints only, not over $\frac{3}{8}$ in. (16 mm) thick and not over 24 in. (600 mm) outside diameter	A, B, & C	NA	NA	0.60
(4)	Double full fillet lap joint	(a) Longitudinal joints not over $\frac{3}{8}$ in. (10 mm) thick (b) Circumferential joints not over $\frac{5}{8}$ in. (16 mm) thick	A B & C <sup>5</sup>	NA NA	NA NA	0.55 0.55
(5)	Single full fillet lap joints with plug welds conforming to UW-17	(a) Circumferential joints <sup>4</sup> for attachment of heads not over 24 in. (600 mm) outside diameter to shells not over $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) thick (b) Circumferential joints for the attachment to shells of jackets not over $\frac{3}{8}$ in. (16 mm) in nominal thickness where the distance from the center of the plug weld to the edge of the plate is not less than $1\frac{1}{2}$ times the diameter of the hole for the plug.	B C	NA NA	NA NA	0.50 0.50

## ANEXO 8. FICHA TECNICA VALVULA SIT710

# 710 MINISIT

### MAIN FEATURES

Thermoelectric safety device.  
 Shut-down device with pilot restart interlock.  
 Direct acting thermostat with modulation between minimum & maximum setting and on/off snap function.  
 Pilot gas rate adjuster.  
 Pressure regulator (optional).  
 Built-in cutout device to exclude the pressure regulator (if necessary).  
 Flow adjuster (as an alternative to pressure regulator).  
 Inlet and outlet pressure test points (optional).  
 Piezo-electric igniter (optional).

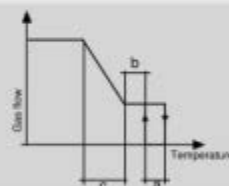


### TECHNICAL DATA

• Gas connections	Inlet 1/2" o 3/8" outlet 3/8" Rp ISO 7	• Maximum gas inlet pressure:	50 mbar
• Installation position:	any	• Outlet pressure setting range (optional):	3-18 mbar (15-30 mbar)
• Gas families:	I, II and III	• Working temperature range:	0-80 °C
		• Pressure regulator (optional):	Class C

Thermostatic range	a	b	c
8-33 °C	3	3	2
13-31 °C	2	2	2
13-36 °C	3	3	2
13-46 °C	4	4	3
21-46 °C	3	3	2
30-100 °C	9	9	5
40-72 °C	5	5	3
40-80 °C	5	5	3
100-340 °C	30	30	10

Other ranges are available on request



### FLOWS

I Family (d = 0.45)	Q = 3.9 m <sup>3</sup> /h	Δp = 5 mbar
II Family (d = 0.6)	Q = 3.5 m <sup>3</sup> /h	Δp = 5 mbar
III Family (d = 1.7)	Q = 4.4 kg/h	Δp = 5 mbar

Gas flow Q (15°C, 1013.25 mbar)  
 as a function of the pressure loss Δp  
 between inlet and outlet with knob in  
 position 7 and cold bulb.



# ANEXO 9 FICHA TECNICA MANO-VACUOMETRO

Mechanical  
Pressure Measurement

## Bourdon Tube Pressure Gauge Model 21X.53 Stainless Steel Construction

WIKAI Datasheet 21X.53

### Applications

- Intended for adverse service conditions where pulsating or vibration exists (with liquid filling)
- Hydraulics & compressors
- Suitable for gaseous or liquid media that will not obstruct the pressure system

### Special features

- Vibration and shock resistant (with liquid filling)
- Stainless steel case
- Pressure ranges up to 15,000 psi

### Standard Features

#### Design

ASME B40.100 & EN 837-1

#### Sizes

2", 2½" & 4" (50, 63 & 100 mm)

#### Accuracy class

2" & 2½": ± 2/1/2% of span (ASME B40.100 Grade A)

4": ± 1% of span (ASME B40.100 Grade 1A)

#### Ranges

Vacuum / Compound to 200 psi

Pressure from 15 psi to 15,000 psi

Pressure from 15 psi to 10,000 psi - 2" size or other equivalent units of pressure or vacuum

#### Working pressure

2 & 2½": Steady: 3/4 scale value  
Fluctuating: 2/3 full scale value  
Short time: full scale value

4": Steady: full scale value  
Fluctuating: 0.9 x full scale value  
Short time: 1.3 x full scale value

#### Operating temperature

Ambient: -40°F to +140°F (-40°C to +60°C) - dry  
-4°F to +140°F (-20°C to +60°C) - glycerine filled  
-40°F to +140°F (-40°C to +60°C) - silicone filled  
Medium: +140°F (+60°C) maximum

WIKAI Datasheet 21X.53 07/2009



Bourdon Tube Pressure Gauge Model 21X.53

#### Temperature error

Additional error when temperature changes from reference temperature of 68°F (20°C) ±0.4% for every 18°F (10°C) rising or falling. Percentage of span.

#### Weather protection

Weather tight (NEMA 4X / IP 65)

#### Pressure connection

Material: copper alloy

Lower mount (LM) or center back mount (CBM) - 2" & 2½"

Lower mount (LM) or lower back mount (LBM) - 4"

1/8" NPT, 1/4" NPT or 1/2" NPT limited to wrench flat area

#### Bourdon tube

2½" Size- Material: Copper alloy

30" Hg (VAC) to 800 PSI- C-type (soldered)

1000PSI to 15,000PSI- helical type (soldered)

Changes to stainless steel at 7,500 PSI brazed

4" Size- Material: Copper alloy ≤ 1,000 PSI

316 stainless steel ≥ 1,500 PSI

30" Hg (Vac) to 1,000 PSI- C-type (soldered)

1,500 PSI to 15,000 PSI- helical type (brazed)

Changes to stainless steel at 1,500 PSI

#### Movement

Copper alloy

#### Dial

White ABS (2" & 2½") and white aluminum (4")

#### Pointer

Black aluminum

Page 1 of 2

**WIKAI**®

Part of your business

**Case**

304 stainless steel with vent plug and stainless steel crimp ring. Suitable for liquid filling. Case connection sealed with EPDM o-ring (glycerine filled) or Viton o-ring (dry or silicone filled).

**Window**

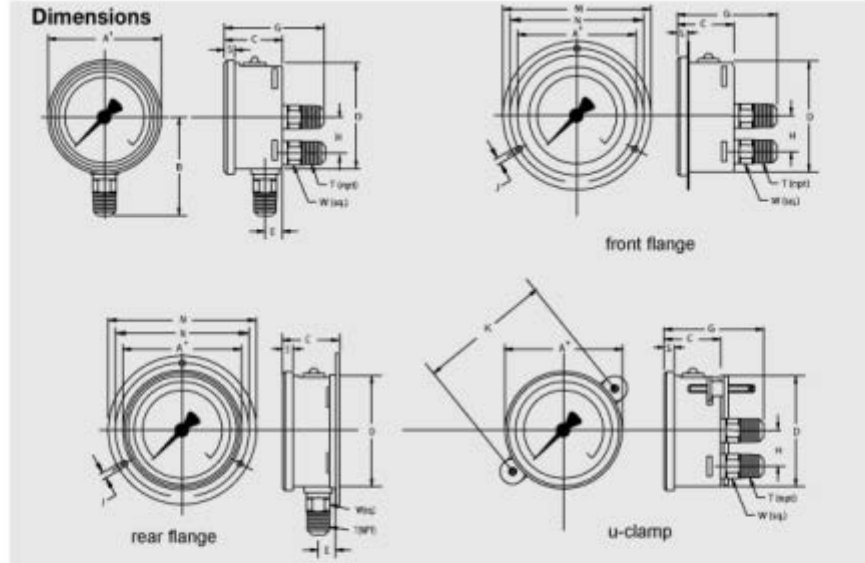
Polycarbonate with Buna-N gasket

**Case fill**

Glycerine 99.7% - Type 213.53

**Optional extras**

- Brass restrictor
- Stainless steel front or rear flange - 2½" & 4"
- Zinc-plated steel or SS u-clamp bracket (field installable)
- External zero adjustment (2½" only)
- Red drag pointer or mark pointer
- Silicone or Fluorolube case filling
- Special connections limited to wrench flat area
- Custom dial layout
- Other pressure scales available  
bar, kPa, MPa, kg/cm<sup>2</sup> and dual scales



Size		A	B	C	D	E	G	H	J	K	M	N	S	T	W	Weight
2"	mm	55	48	30	50	12	53	-	3.6	72	71	60	5.5		14	0.27 lb. dry
	in	2.17	1.89	1.18	1.97	0.47	2.09	-	0.14	2.83	2.80	2.36	0.22	1/4"	0.55	0.33 lb. filled
2.5"	mm	69	54	32	62	13	54	-	3.6	72	88.1	75	6.5		14	0.36 lb. dry
	in	2.69	2.13	1.26	2.45	0.51	2.13	-	0.14	2.83	3.47	2.95	0.26	1/4"	0.55	0.44 lb. filled
4"	mm	107	87	48	100	15.5	79.5	30	4.8	109	132	116	8		22	1.10 lb. dry
	in	4.21	3.43	1.89	3.91	0.61	3.13	1.18	0.19	4.29	5.20	4.57	0.31	1/2"	0.87	1.76 lb. filled

Note: For 1/4" NPT connections on 4" gauges, reduce B dimension by 5mm/0.2"

**Recommended panel cut-out:**

- 2"- U-clamp: 51mm front flange: n/a
- 2½"- U-clamp: 63mm front flange: 65mm
- 4"- U-clamp: 101mm front flange: 104mm
- 4½"- panel mount adapter 104mm minimum (not shown)

**Ordering information**

Pressure gauge model / Nominal size / Scale range / Size of connection / Optional extras required  
 Specifications and dimensions given in this leaflet represent the state of engineering at the time of printing.  
 Modifications may take place and materials specified may be replaced by others without prior notice.



**WIKAL Instrument Corporation**  
 1000 Wiegand Boulevard  
 Lawrenceville, GA 30043  
 Tel (770) 513-8200 Toll-free 1-888-WIKA-USA  
 Fax (770) 338-5118  
 E-Mail info@wika.com  
 www.wika.com

## ANEXO 10 FICHA TECNICA. VISOR DE NIVEL



### 20-100: STANDARD PATTERN BRONZE WATER GAUGES

#### OVERVIEW

Use for all types of liquid level verification; available with 3/8" or 1/2" NPT male pipe connections. Aluminum or plastic composition hand wheels; EPDM gauge glass gaskets standard. Other glass gaskets available. Automatic ball checks help prevent the loss of fluids should the glass be broken.



#### FEATURES

- Ball checks standard on 20-150 models
- Equipped with two copper guard rods
- Standard 1/4" needle drain valve in lower arm
- Rated: 125 psig @ 350°F, 300 psig @ 100°F (See note!)
- CRN Registered OF6616.5C

Part Number	Pipe Size (in.)	Glass O.D. & Length	Wt./100 (lbs.)	Wheel Type
20-101	3/8	5/8 x 10	145	ALUMINUM
20-102	3/8	5/8 x 10	145	COMPOSITION
20-104	1/2	5/8 x 12	160	ALUMINUM
20-105	1/2	5/8 x 12	160	COMPOSITION
20-150*	1/2	5/8 x 12	160	ALUMINUM
20-151*	1/2	5/8 x 12	160	COMPOSITION

Note: Service ratings are subject to pressure/temperature ratings of gauge glass and glass gaskets.  
\* Automatic ball valves

#### OPTIONS

Suffix Number	Specification
-00	Standard gauge w/ standard glass & rod
-01	Top only
-02	Bottom only
-03	Standard gauge less glass & rod
-10	For special gauges w/ non-standard glass and rod lengths

## ANEXO 11 FICHA TECNICA VÁLVULA DE SEGURIDAD



### Model RVS52 COMPACT ASME SEC VIII STEAM SAFETY VALVE (10512 Series)

Job Name:	Contractor:
Job Location:	P.O. Number:
Engineer:	Representative:
Tag:	Wholesale Distributor:

#### DESCRIPTION

ASME Section VIII capacity certified safety valve for overpressure protection of steam systems, cookers, kettles, sterilizers and similar equipment.

#### FEATURES

- ASME Section VIII Certified Capacity
- 15-60 psig (1.0 – 4.1 bar) Set Pressures @ 300°F (150°C) max
- Compact Design
- Chrome Finish Options
- Stainless Steel Wetted Component Option
- Directive 97/23/EC (PED) Compliant Option
- Directive 2002/95/CE (RoHS) Compliant
- MADE IN THE USA

#### MATERIALS

Body: ASTM B16 Brass  
Nozzle: ASTM B16 Brass  
Spring: Stainless Steel  
Seat: Silicone

#### CAPACITY

Set Pressure PSIG (bar)	Capacity LB/HR (kg/hr)
15 (1.03)	151 (68)
20 (1.38)	178 (81)
25 (1.72)	205 (93)
30 (2.07)	232 (105)
35 (2.41)	259 (117)
40 (2.76)	285 (129)
45 (3.10)	312 (142)
50 (3.45)	339 (154)
55 (3.79)	365 (166)
60 (4.14)	392 (178)

#### APPROVALS



ASME Section VIII Div 1 Pressure Vessels  
Canadian Registration Number 0G8547.5C  
Pressure Equipment Directive 97/23/EC (PED)



#### RVS52-

##### FINISH OPTIONS

- BLANK = Brass
- P = Polished chrome
- S = Satin chrome
- N = Electroless Nickel
- T = Stainless Trim

##### SEAT MATERIAL

- BLANK = Silicone
- V = Viton

##### SET PRESSURE

(15-60, psig)

##### SPECIAL OPTIONS

- CE = PED compliant
- BS = BSP Threads

##### ORDER NUMBER

RVS52 - *Finish-Seat-Set Pressure-Special Option*

Example: Model RVS5260 (Brass finish, Silicone seat, 60 psi setpoint)

##### DIMENSIONS

Model	Item No.	SIZE	A	B	C
RVS52	10512	1/2	1.55 (39)	2.62 (67)	1.19 (30)

All dims in inches (mm);

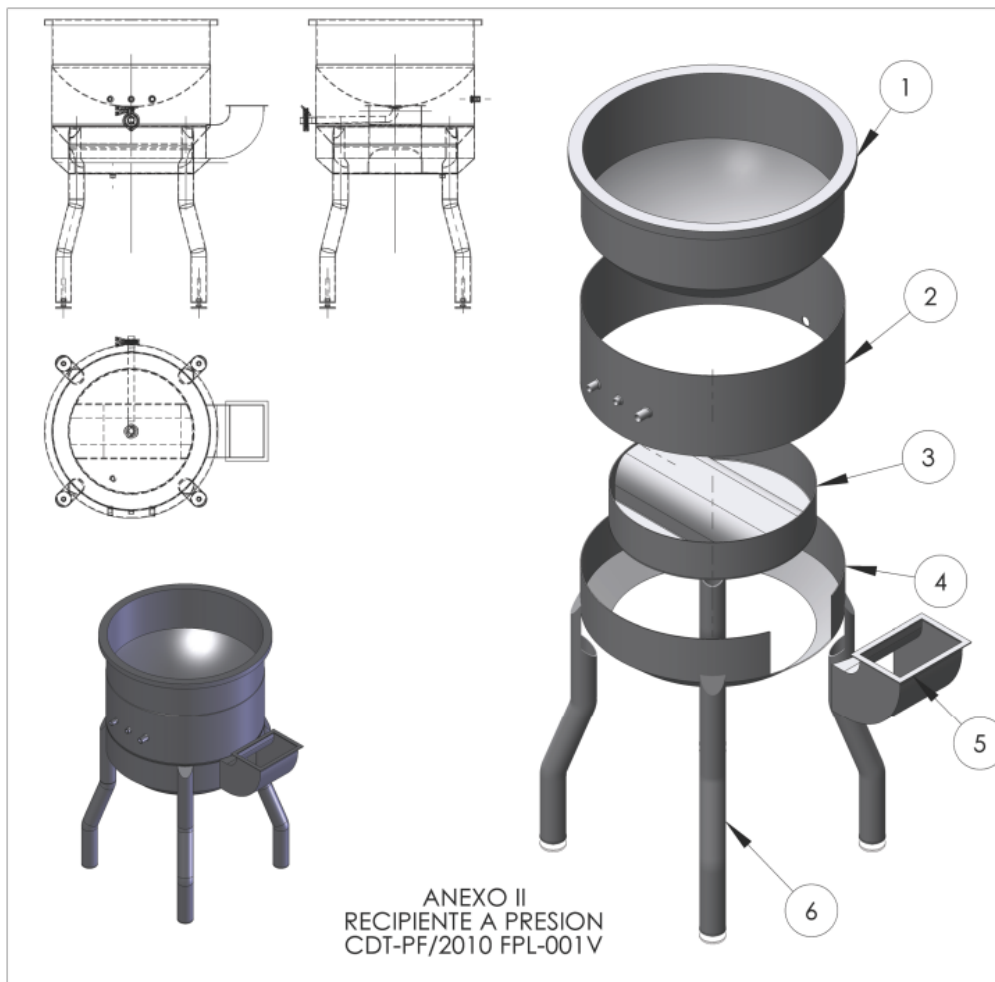


Conbraco Industries, Inc. 701 Matthews Mint Hill Rd. Matthews NC 28105 USA ; [www.apollovalves.com](http://www.apollovalves.com) ; 704-841-6000

This specification is provided for reference only. Conbraco reserves the right to change any portion of this specification without notice and without incurring obligation to make such changes to Conbraco products previously or subsequently sold.


SS1008 © 4/10 Page 1 of 1

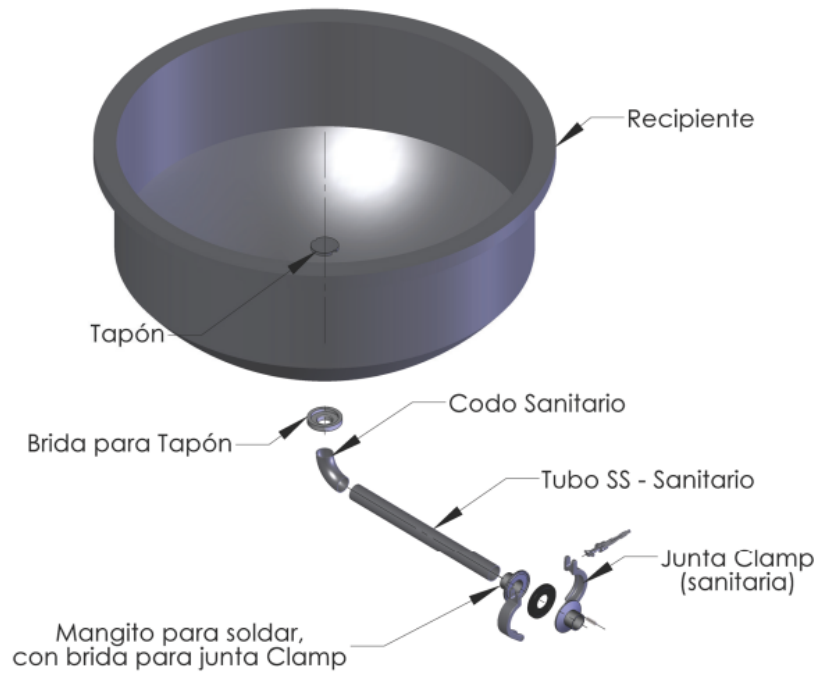
## **PLANOS DE FABRICACIÒN**



Nº DE ELEMENTO	NÚMERO DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	Recipiente con desagüe		1
2	Chaqueta de Vapor		1
3	Tanque de Agua		1
4	Cámara de Gases		1
5	Codo90		1
6	Soportes Tubulares		4


  

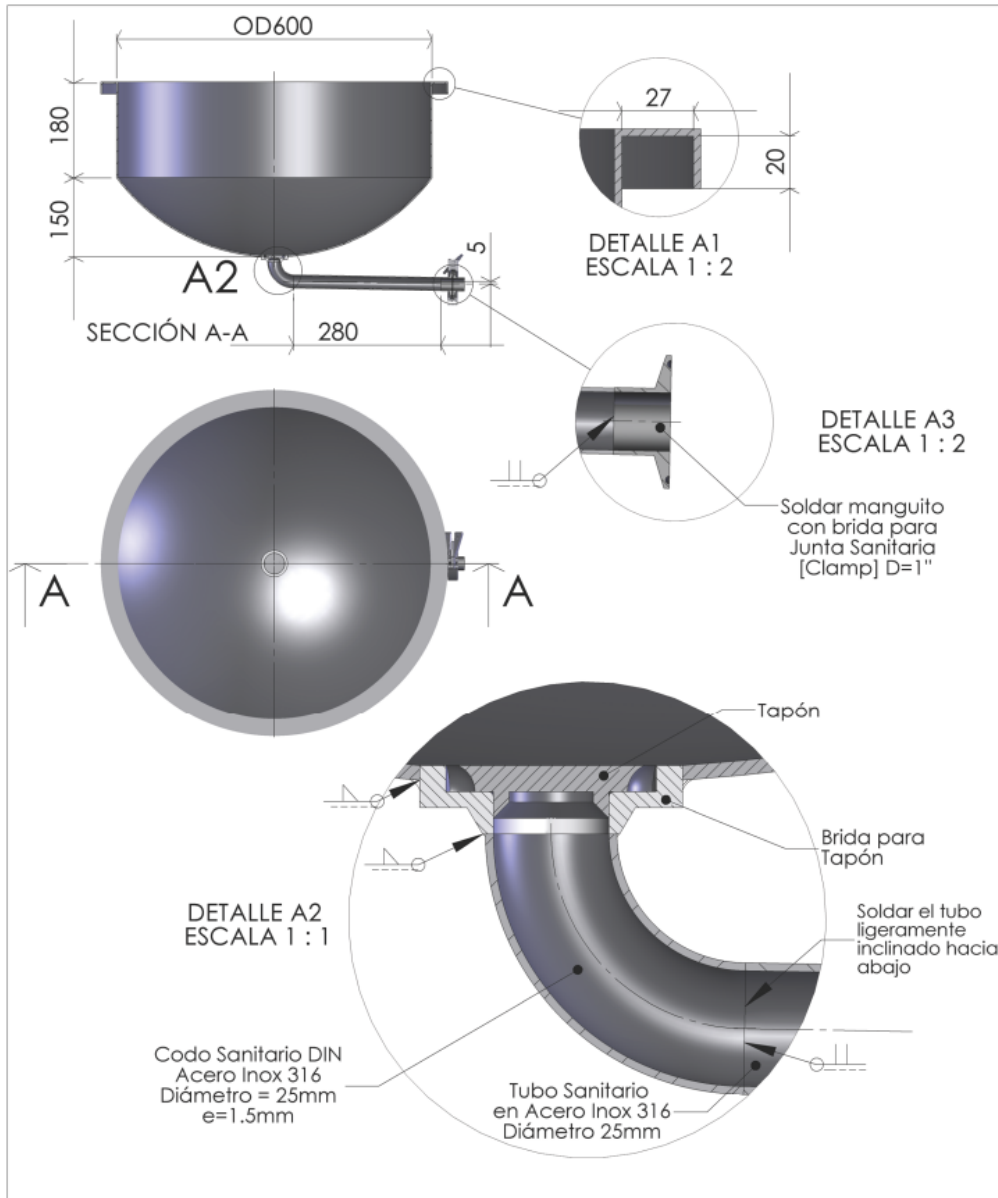
	<b>Corporación CDT de GAS</b> Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas	Dibujo: <b>Victor Manrique</b>	# Rev <b>0</b>
	<b>MARMITA</b> <b>A GAS NATURAL</b>	Reviso: <b>Ing. Luis García</b>	Fecha: <b>15/12/2010</b>
		Nombre: <b>Marmita</b>	Medidas en: <b>mm</b>
		Plano No. <b>1 de 11</b>	Formato: <b>FPL-001V</b>



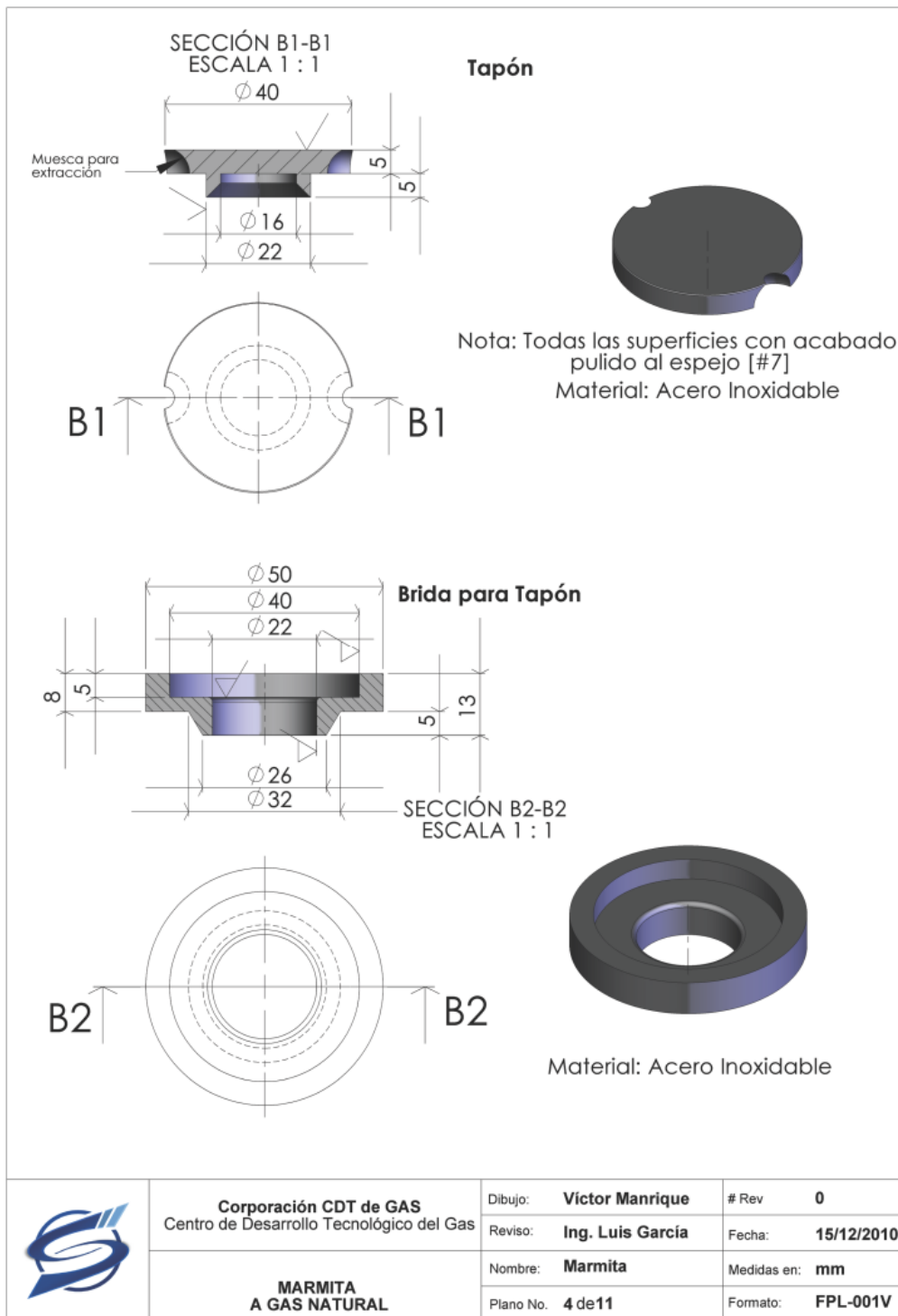
Nº DE ELEMENTO	NÚMERO DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	Recipiente_	Acero Inox 304	1
2	Codo sanitario corto	Acero Inox Acabado Espejo	1
3	Tubo Sanitario	Acero Inox Acabado Espejo	1
4	Tapon	Acero Inox Mecanizado Pulido	1
5	Brida para Tapón	Acero Inox Mecanizado Pulido	
7	Junta Sanitaria Clamp	Acero Inox Acabado Espejo	1

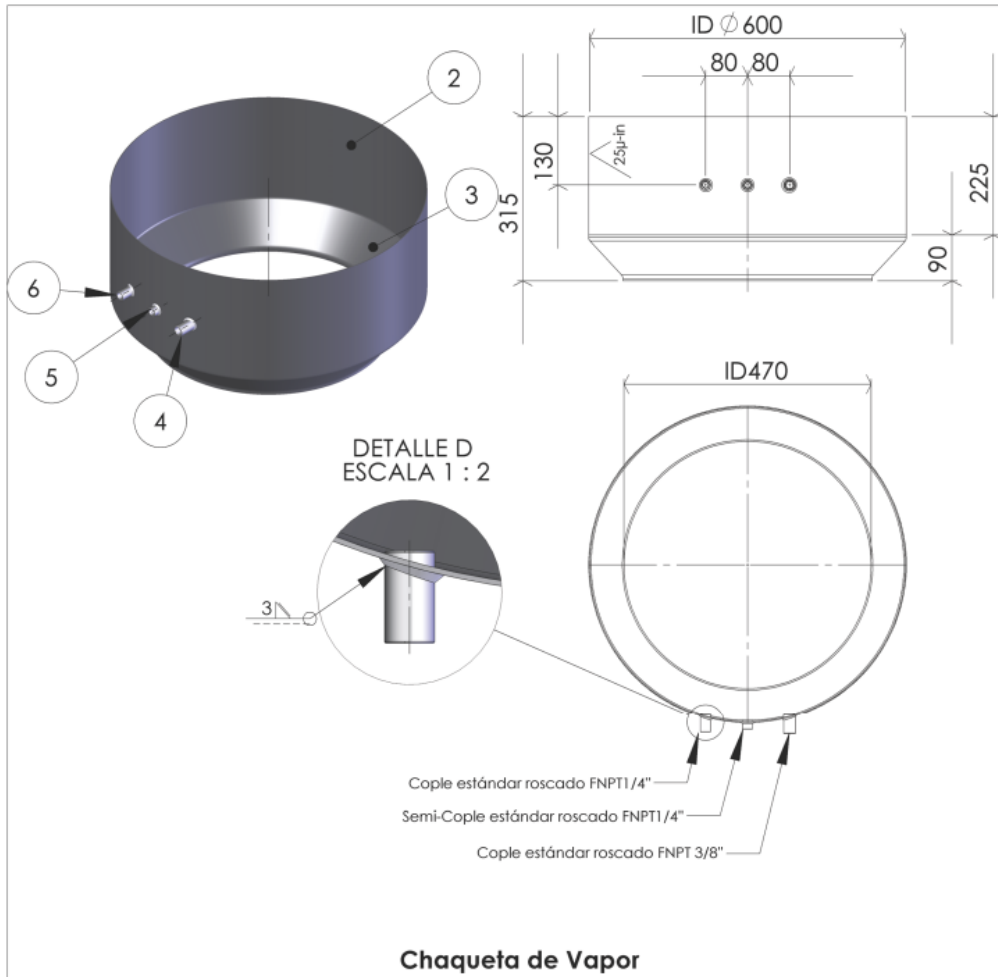
  

	<b>Corporación CDT de GAS</b> Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas	Dibujo: <b>Victor Manrique</b>	# Rev <b>0</b>
		Reviso: <b>Ing. Luis García</b>	Fecha: <b>15/12/2010</b>
	<b>MARMITA</b> <b>A GAS NATURAL</b>	Nombre: <b>Marmita</b>	Medidas en: <b>mm</b>
		Plano No. <b>2 de 11</b>	Formato: <b>FPL-001V</b>



Nº DE ELEMENTO	NÚMERO DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	1 Recipiente	Acero Inoxidable 304 [Calibre 12]	1
	<b>Corporación CDT de GAS</b> Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas		Dibujo: <b>Victor Manrique</b> # Rev <b>0</b>
			Reviso: <b>Ing. Luis García</b> Fecha: <b>15/12/2010</b>
	<b>MARMITA</b> <b>A GAS NATURAL</b>		Nombre: <b>Marmita</b> Medidas en: <b>mm</b>
			Plano No. <b>3 de 11</b> Formato: <b>FPL-001V</b>




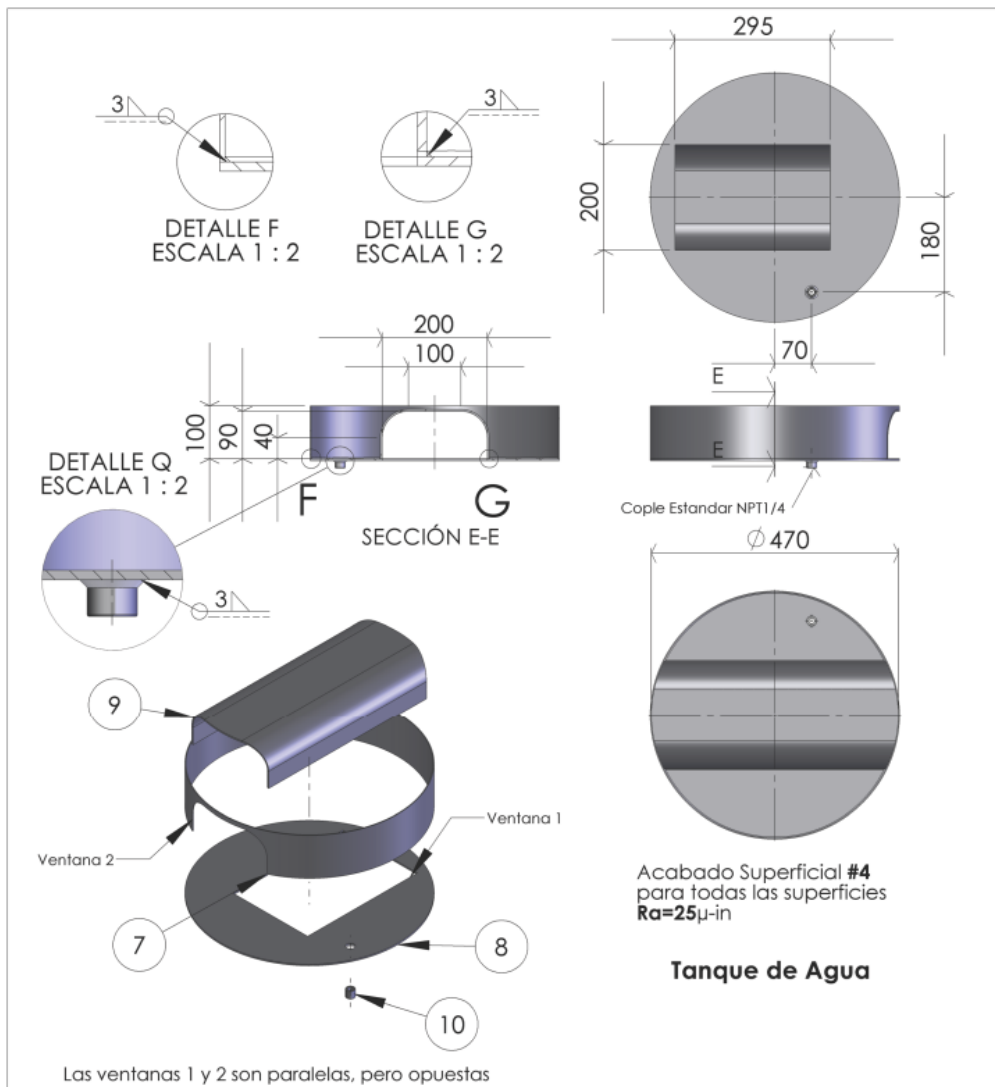


**Chaqueta de Vapor**

Nº DE ELEMENTO	NÚMERO DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT.
2	2Chaqueta_Cilindro	Acero Inox304	1
3	3Chaqueta - Transición Cónica	Acero Inox 304	1
4	Cople Estándar - Clase 150 - Roscado FNPT 3/8"	Acero Inox 304	1
5	Semi-cople Estándar- Clase 150 - Roscado FNPT 1/4"	Acero Inox 304	1
6	Cople Estándar -Clase 150 -Roscado FNPT 1/4"	Acero Inox 304	1

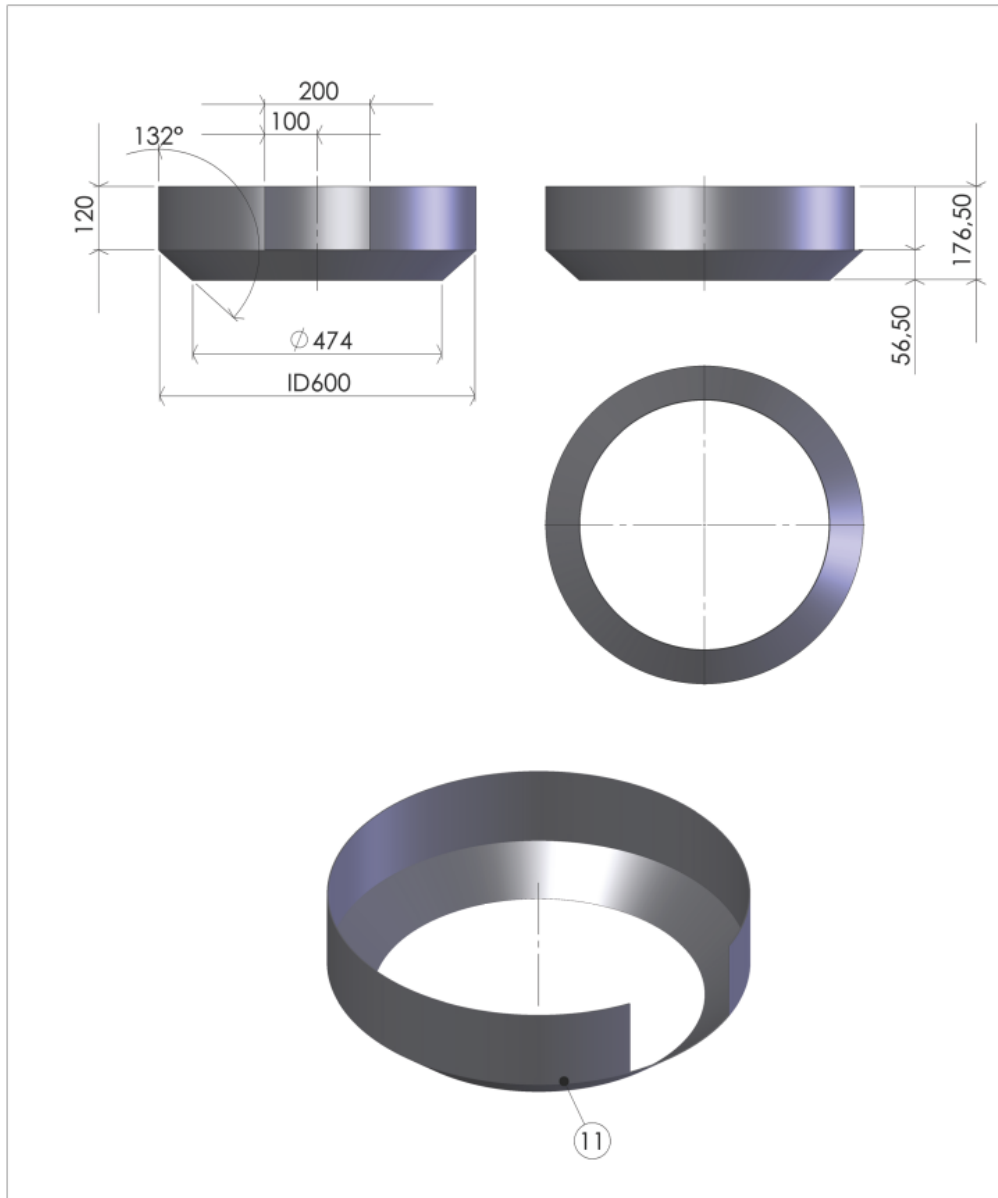
	<b>Corporación CDT de GAS</b> Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas	Dibujo: <b>Victor Manrique</b>	# Rev <b>0</b>
	<b>MARMITA</b> <b>A GAS NATURAL</b>	Reviso: <b>Ing. Luis García</b>	Fecha: <b>15/12/2010</b>
		Nombre: <b>Marmita</b>	Medidas en: <b>mm</b>
		Plano No. <b>5 de 11</b>	Formato: <b>FPL-001V</b>



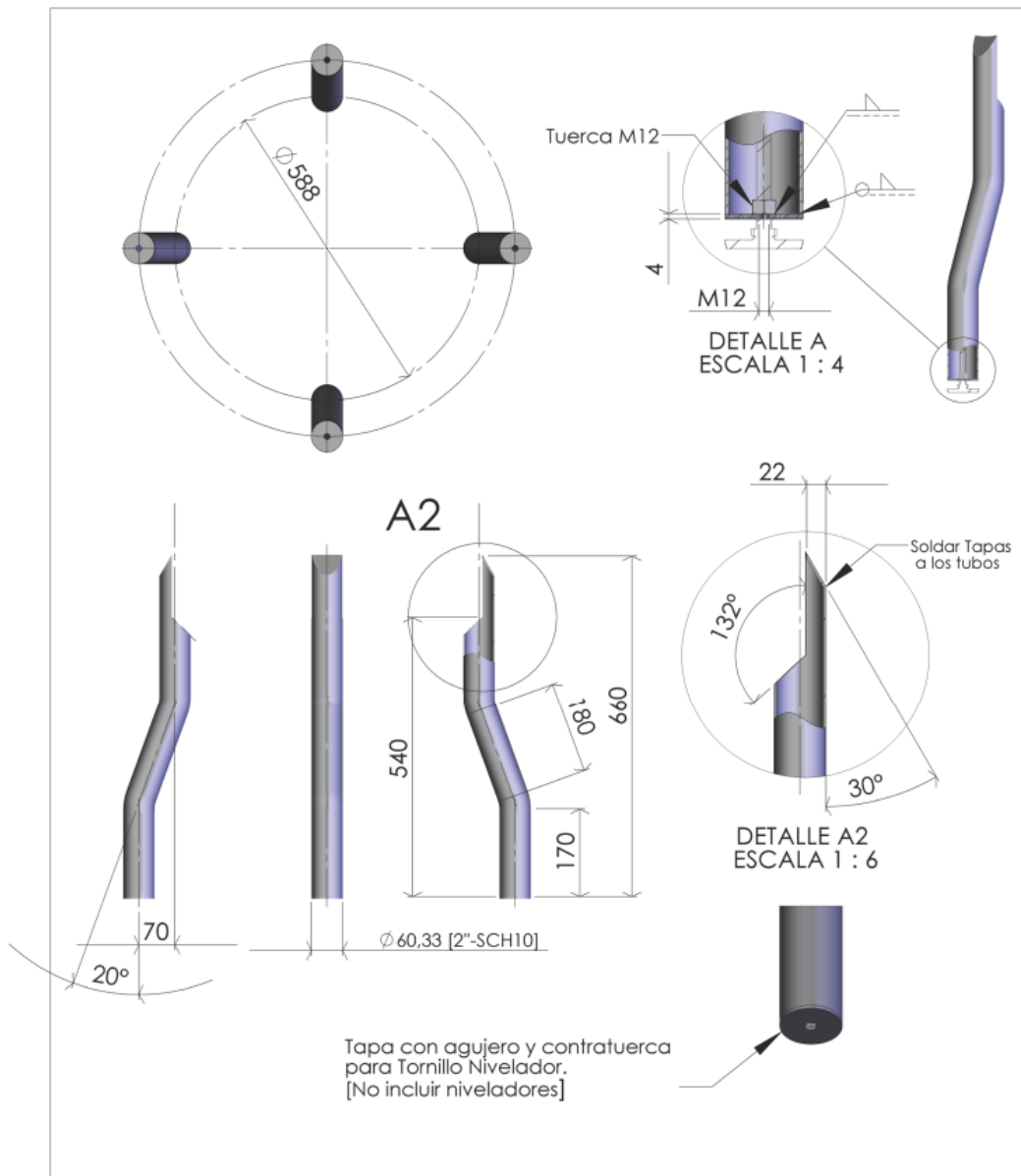
Nº DE ELEMENTO	NÚMERO DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT.
7	Tanque Agua	Acero Inox 304 Calibre 14	1
8	Base	Acero Inox 304 Calibre 10	1
9	Camara de Combustion	Acero Inox 304 Calibre 12	1
10	Semi-cople Estandar -Roscado FNPT - 1/4"	Acero Inox 304	1

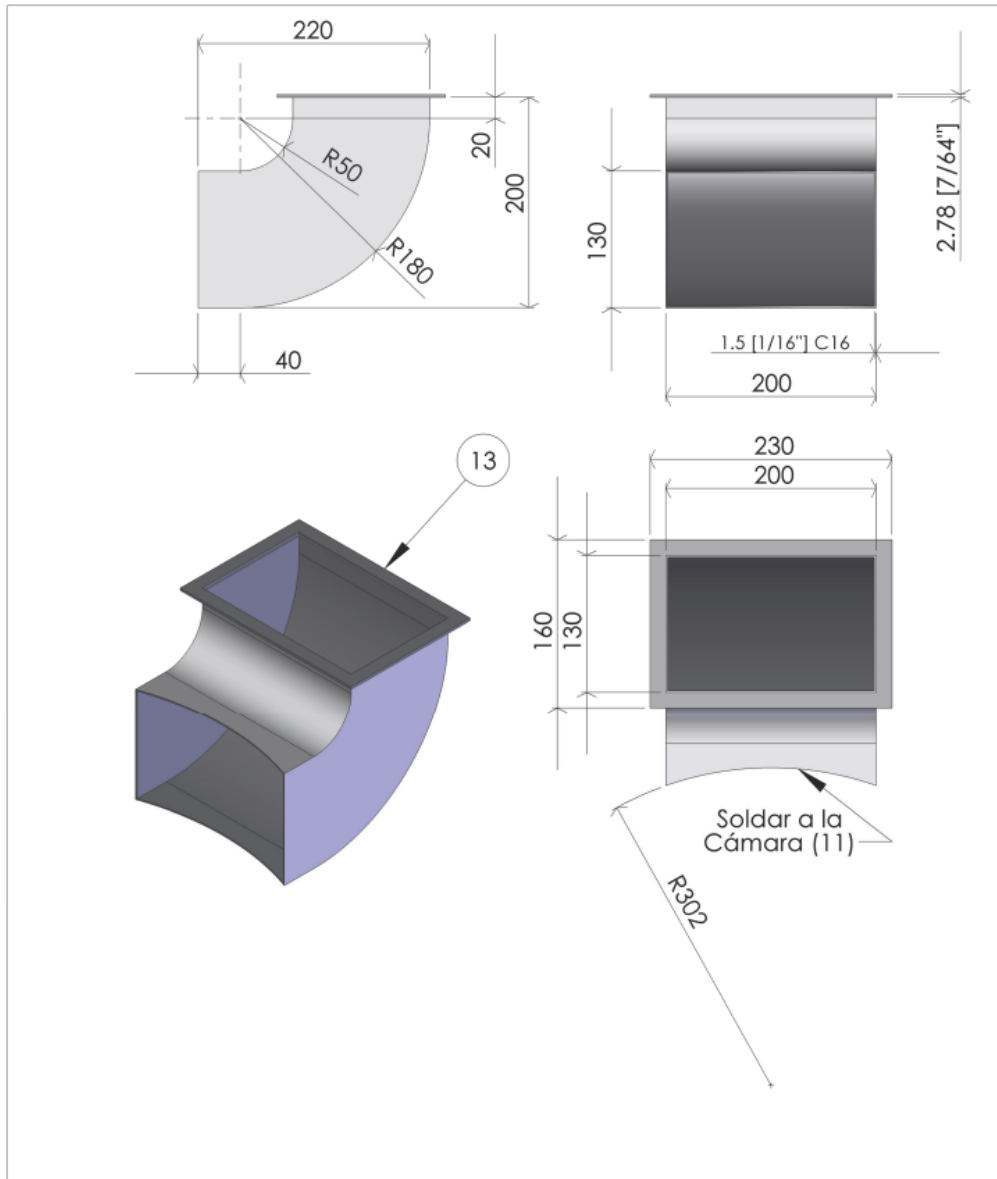
	<b>Corporación CDT de GAS</b> Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas	Dibujo: <b>Victor Manrique</b>	# Rev <b>0</b>
	<b>MARMITA</b> <b>A GAS NATURAL</b>	Reviso: <b>Ing. Luis García</b>	Fecha: <b>15/12/2010</b>
		Nombre: <b>Marmita</b>	Medidas en: <b>mm</b>
		Plano No. <b>6 de 11</b>	Formato: <b>FPL-001V</b>



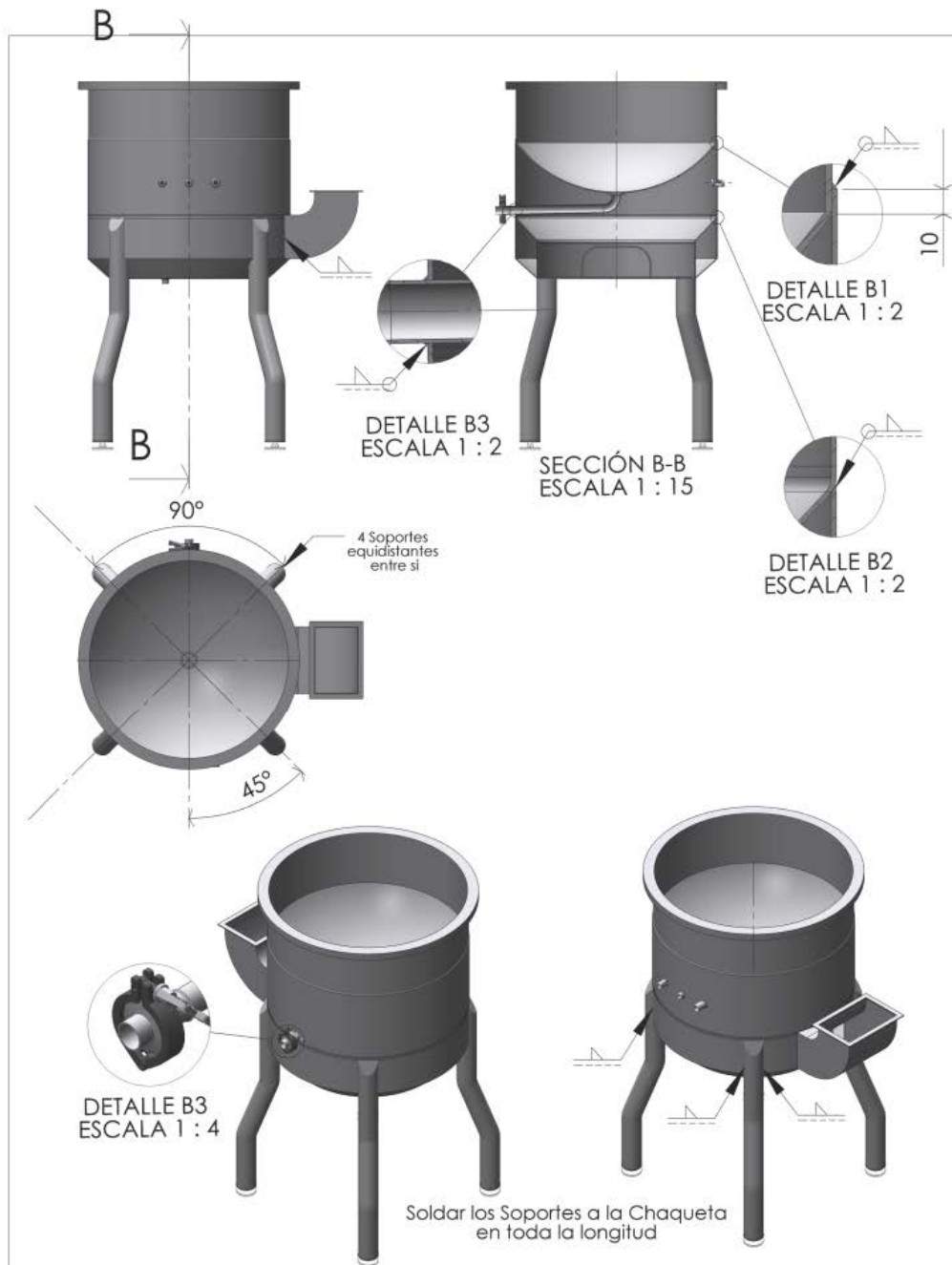
Nº DE ELEMENTO	NÚMERO DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT.
11	5Camara de Gases	Acero Inoxidable 304 Calibre 14	1
	<b>Corporación CDT de GAS</b> Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas	Dibujo: <b>Victor Manrique</b>	# Rev <b>0</b>
		Reviso: <b>Ing. Luis García</b>	Fecha: <b>15/12/2010</b>
	<b>MARMITA</b> <b>A GAS NATURAL</b>	Nombre: <b>Marmita</b>	Medidas en: <b>mm</b>
		Plano No. <b>7 de 11</b>	Formato: <b>FPL-001V</b>




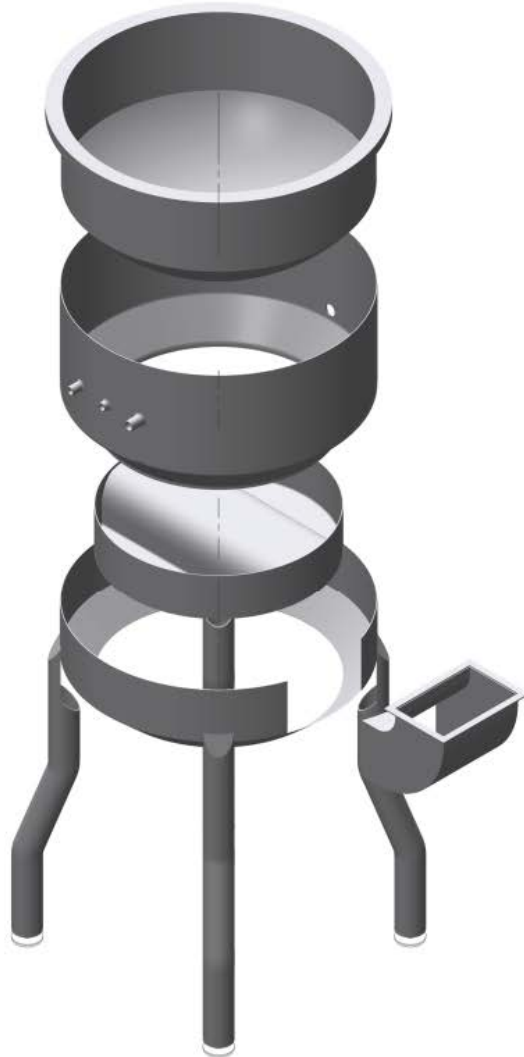
Nº DE ELEMENTO	NÚMERO DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT.
12	Soportes_Tubulares	Tubo Acero Inox D=2" SCH10	4
	<b>Corporación CDT de GAS</b> Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas		Dibujo: <b>Victor Manrique</b> # Rev <b>0</b>
			Reviso: <b>Ing. Luis García</b> Fecha: <b>15/12/2010</b>
	<b>MARMITA</b> <b>A GAS NATURAL</b>		Nombre: <b>Marmita</b> Medidas en: <b>mm</b>
			Plano No. <b>8 de 11</b> Formato: <b>FPL-001V</b>



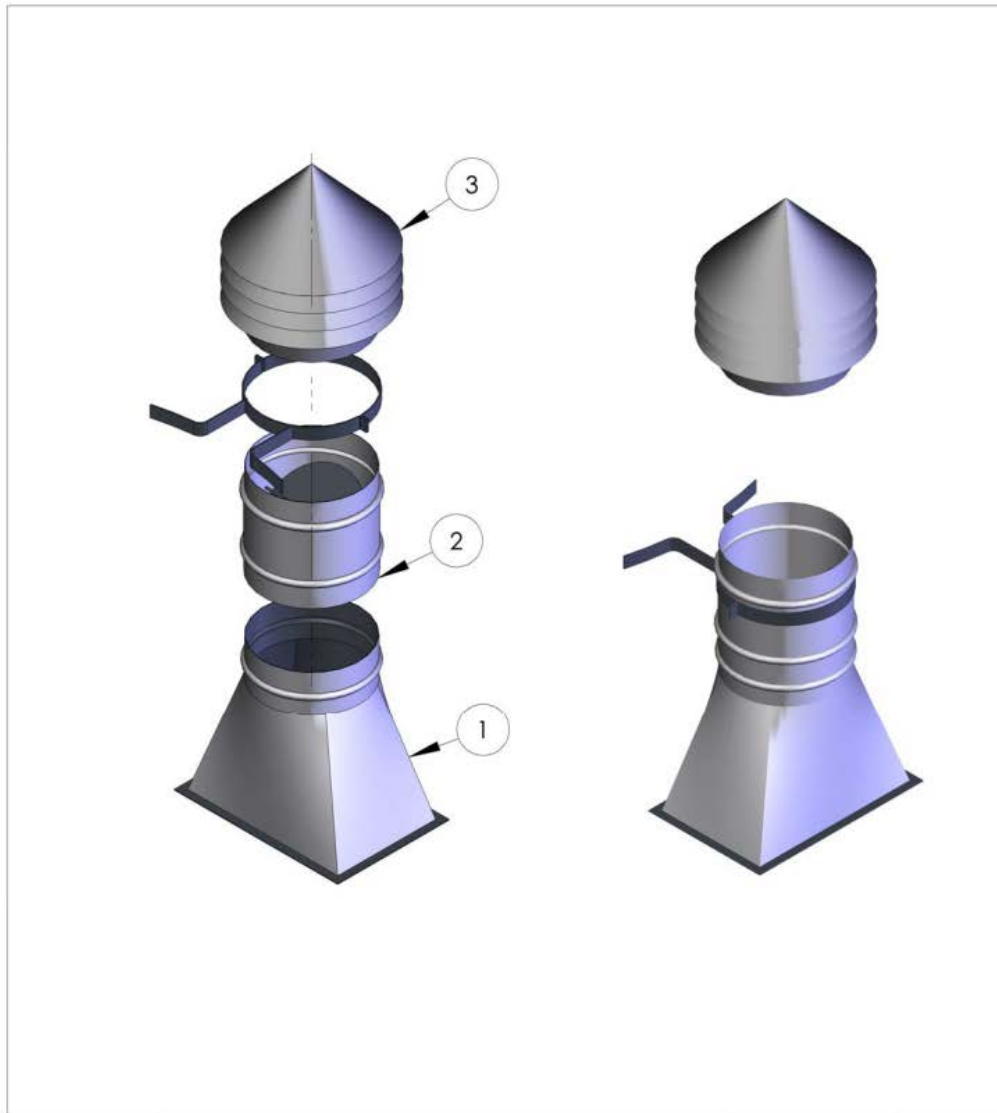
Nº DE ELEMENTO	NÚMERO DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT.
13	Codo90	Acero Inox 304 Calibre 14	1
	<b>Corporación CDT de GAS</b> Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas		Dibujo: <b>Víctor Manrique</b> # Rev <b>0</b>
			Reviso: <b>Ing. Luis García</b> Fecha: <b>15/12/2010</b>
	<b>MARMITA</b> <b>A GAS NATURAL</b>		Nombre: <b>Marmita</b> Medidas en: <b>mm</b>
			Plano No. <b>9 de 11</b> Formato: <b>FPL-001V</b>



	<b>Corporación CDT de GAS</b> Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas	Dibujo: <b>Victor Manrique</b>	# Rev <b>0</b>
	<b>MARMITA A GAS NATURAL</b>	Reviso: <b>Ing. Luis García</b>	Fecha: <b>15/12/2010</b>
		Nombre: <b>Marmita</b>	Medidas en: <b>mm</b>
		Plano No. <b>1 de 11</b> 0	Formato: <b>FPL-001V</b>



	<b>Corporación CDT de GAS</b> Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas	Dibujo: <b>Victor Manrique</b>	# Rev <b>0</b>
		Reviso: <b>Ing. Luis García</b>	Fecha: <b>15/12/2010</b>
	<b>MARMITA</b> <b>A GAS NATURAL</b>	Nombre: <b>Marmita</b>	Medidas en: <b>mm</b>
		Plano No. <b>1 de 11</b>	Formato: <b>FPL-001V</b>

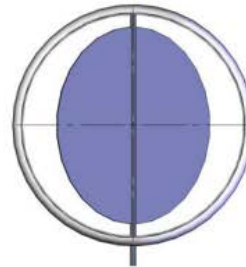
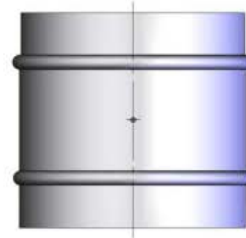
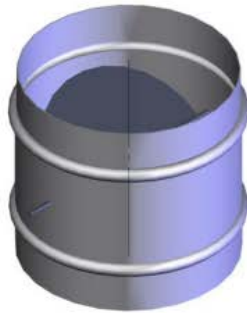


Nº DE ELEMENTO	NÚMERO DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	Transicion		1
2	Damper		1
3	Sombbrero		1
4	Soporte Chimenea		1

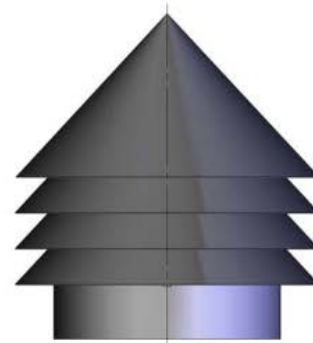
  

	<b>Corporacion CDT de GAS</b> Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas	Dibujo: <b>Victor Manrique</b>	# Rev <b>0</b>
		Reviso:	Fecha: <b>21/12/2010</b>
	<b>MARMITA</b> <b>A GAS NATURAL</b>	Nombre: <b>Chimenea</b>	Medidas en: <b>mm</b>
		Plano No. <b>1 de 3</b>	Formato: <b>FPL-001V</b>





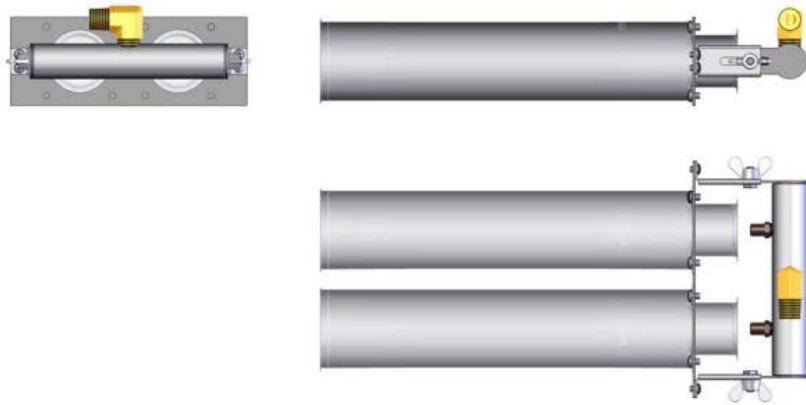
Sección Estándar para cortatiros (*damper*),  
NTC 3567 - Diámetro Nominal = 5"  
Acero Inoxidable Calibre 20



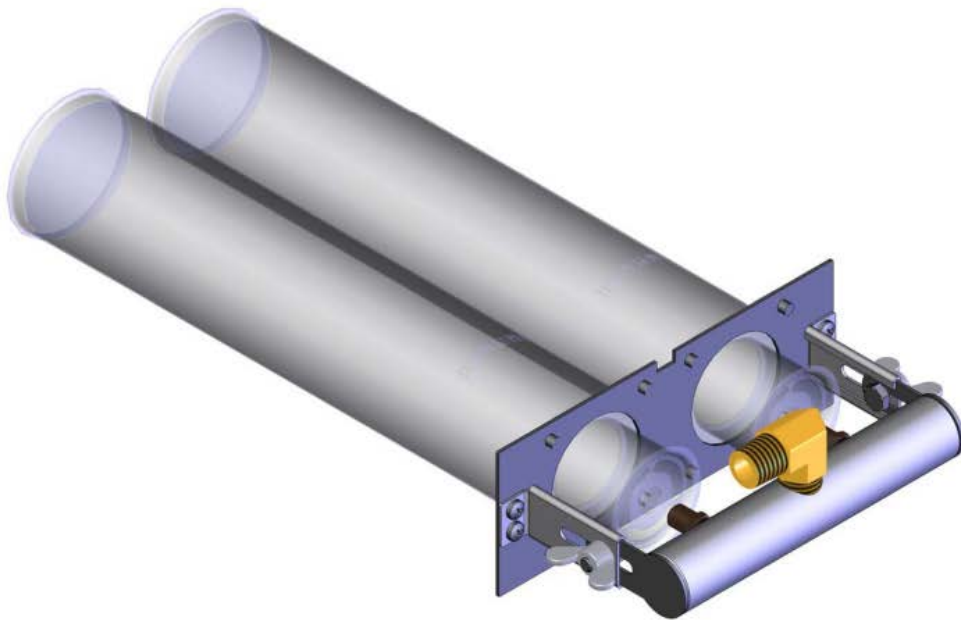
Sombrerete Estándar Tipo B - NTC 3567  
Diámetro Nominal 5"  
Acero Galvanizado Calibre 20


**Referencia:** Norma Técnica Colombiana NTC-3567 "Conductos para la evacuación por tiro natural de los productos de la Combustión de Gas".

	<b>Corporación CDT de GAS</b> Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas	Dibujo: <b>Victor Manrique</b>	# Rev <b>0</b>
	<b>MARMITA</b> <b>A GAS NATURAL</b>	Reviso:	Fecha: <b>21/12/2010</b>
		Nombre: <b>Chimenea</b>	Medidas en: <b>mm</b>
		Plano No. <b>3 de 3</b>	Formato: <b>FPL-001V</b>

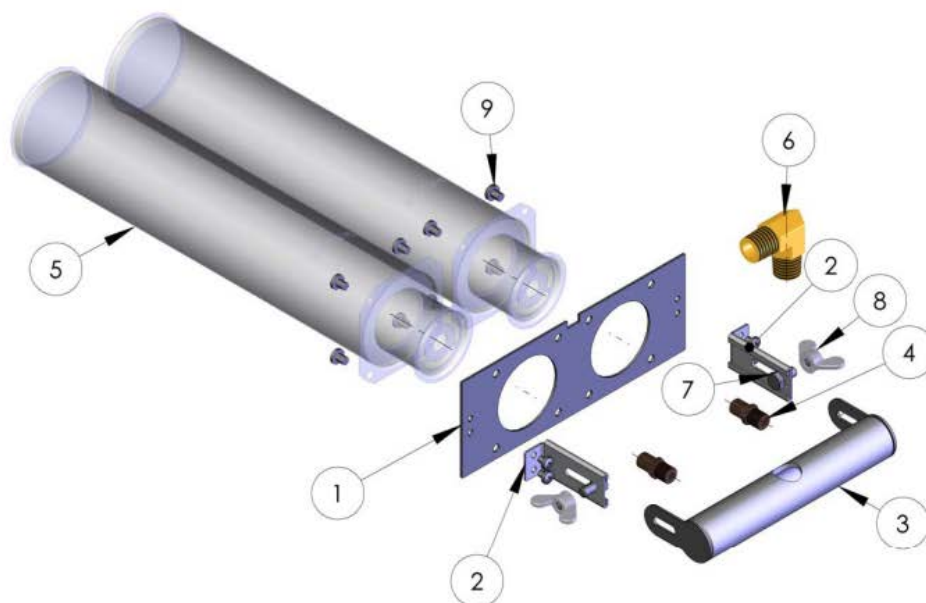


**Conjunto Distribuidor - Quemadores**




	<b>Corporación CDT de GAS</b> Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas	Dibujo: <b>Victor Manrique</b>	# Rev <b>0</b>
	<b>MARMITA</b> <b>A GAS NATURAL</b>	Reviso: <b>Ing. Luis García</b>	Fecha: <b>21/12/2010</b>
		Nombre: <b>Quemador</b>	Medidas en: <b>mm</b>
		Plano No. <b>1 de 5</b>	Formato: <b>FPL-001V</b>

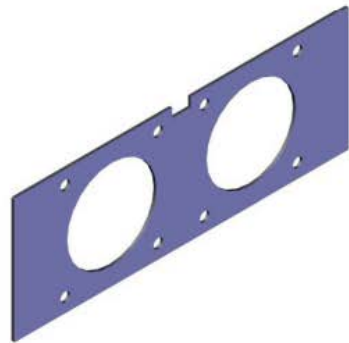
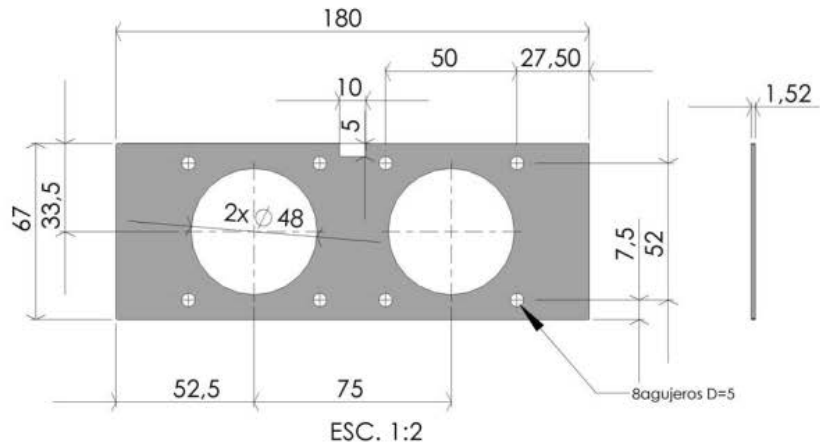
### Conjunto Distribuidor - Quemadores



Nº DE ELEMENTO	NÚMERO DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	Brida		1
2	Guía lateral		2
3	Distribuidor		1
4	Inyector de GN #54 NPT1/8"		2
5	Quemador Tubular Polidoro		2
6	Codo Macho Estandar NPT3/8" Latón		1
7	Perno Cabeza Hexagonal M6		2
8	Tuerca Mariposa M6		2
9	Tornillo Cabeza Redonda M5		12

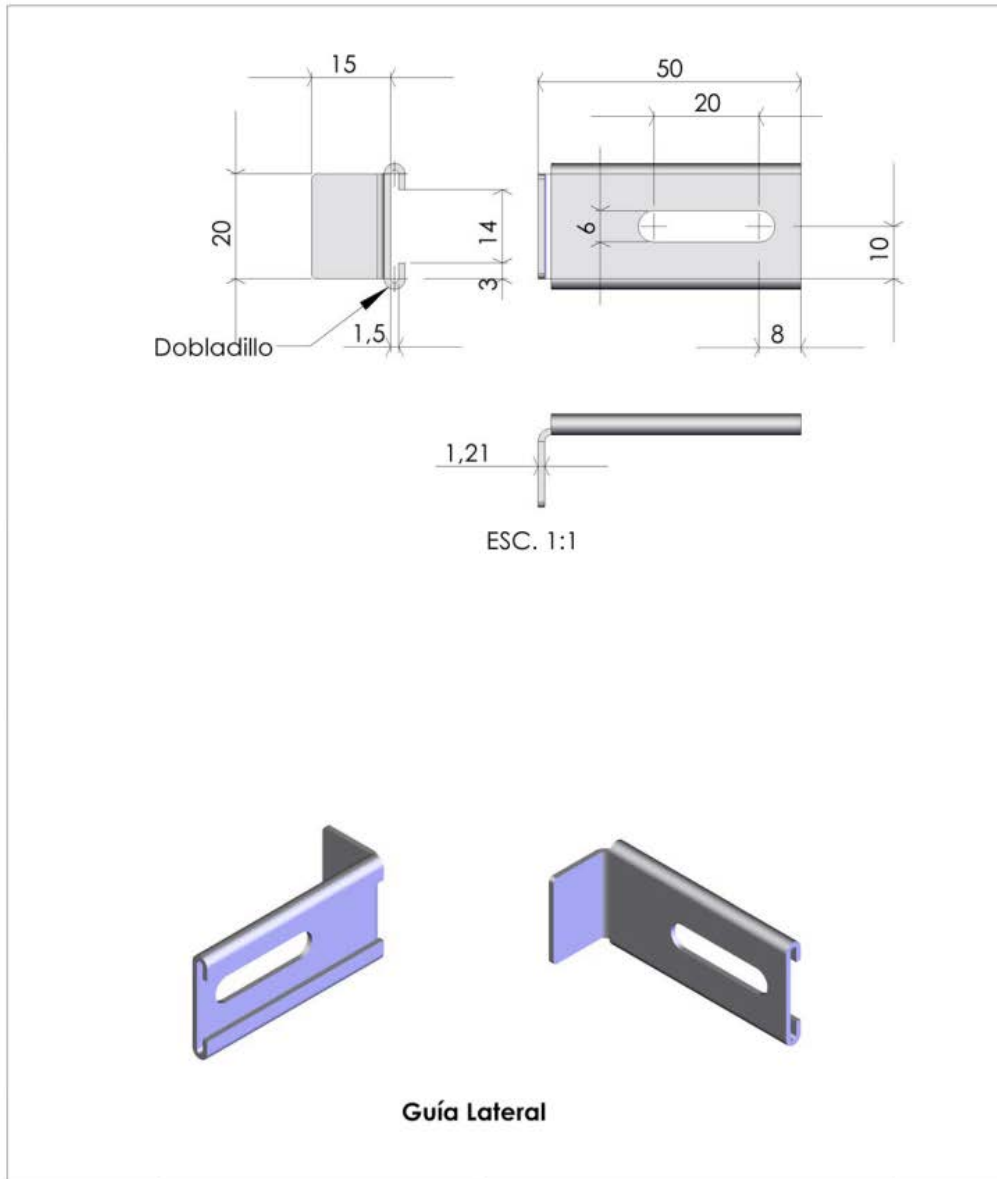
  

	<b>Corporación CDT de GAS</b> Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas	Dibujo: <b>Victor Manrique</b>	# Rev <b>0</b>
		Reviso: <b>Ing. Luis García</b>	Fecha: <b>21/12/2010</b>
	<b>MARMITA</b> <b>A GAS NATURAL</b>	Nombre: <b>Quemador</b>	Medidas en: <b>mm</b>
		Plano No. <b>2 de 5</b>	Formato: <b>FPL-001V</b>



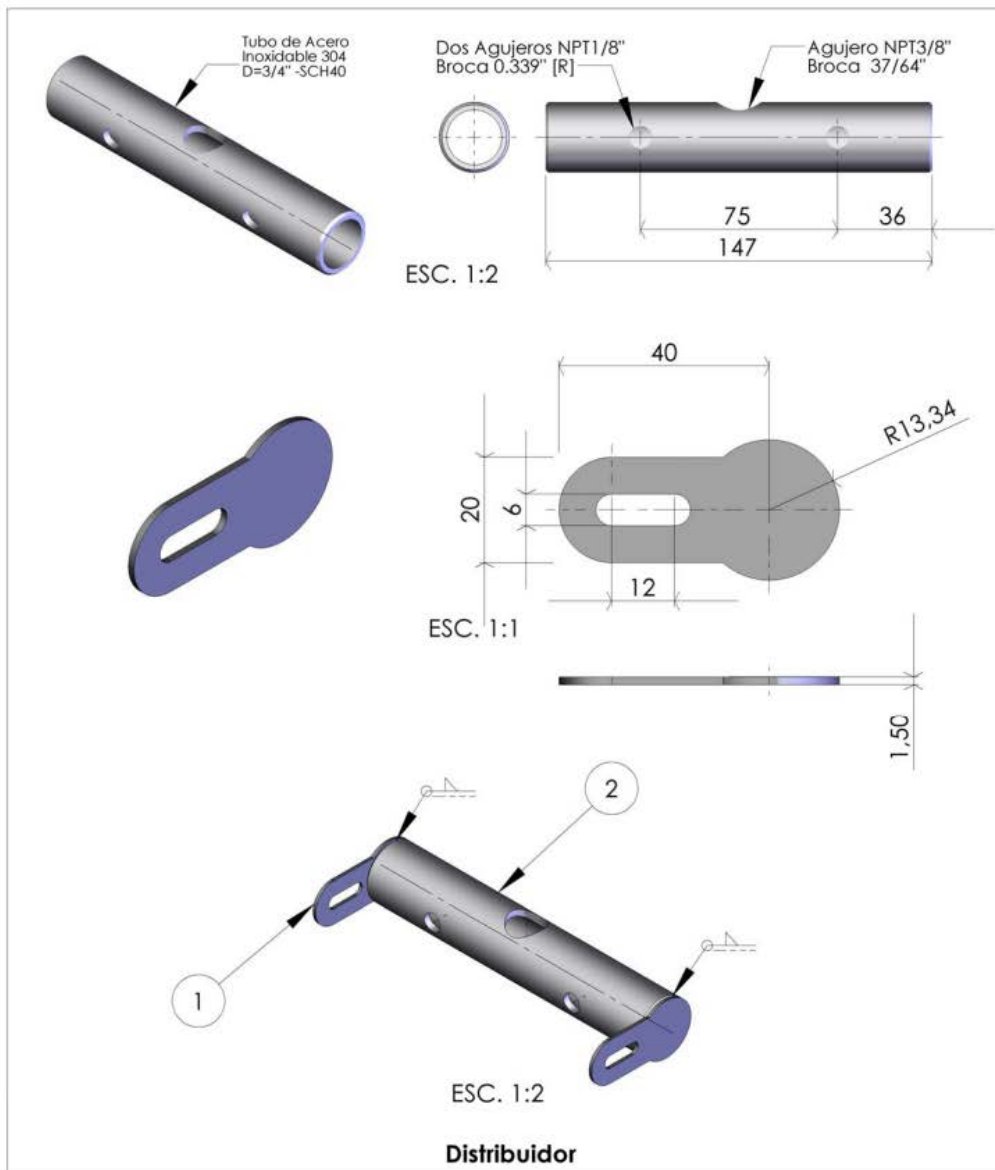
**Brida**


Nº DE ELEMENTO	NÚMERO DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	Brida	Lámina Acero Inox Cal 14	1
	<b>Corporación CDT de GAS</b> Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas	Dibujo: <b>Victor Manrique</b>	# Rev <b>0</b>
		Reviso: <b>Ing. Luis García</b>	Fecha: <b>21/12/2010</b>
	<b>MARMITA</b> <b>A GAS NATURAL</b>	Nombre: <b>Quemador</b>	Medidas en: <b>mm</b>
		Plano No. <b>3 de 5</b>	Formato: <b>FPL-001V</b>

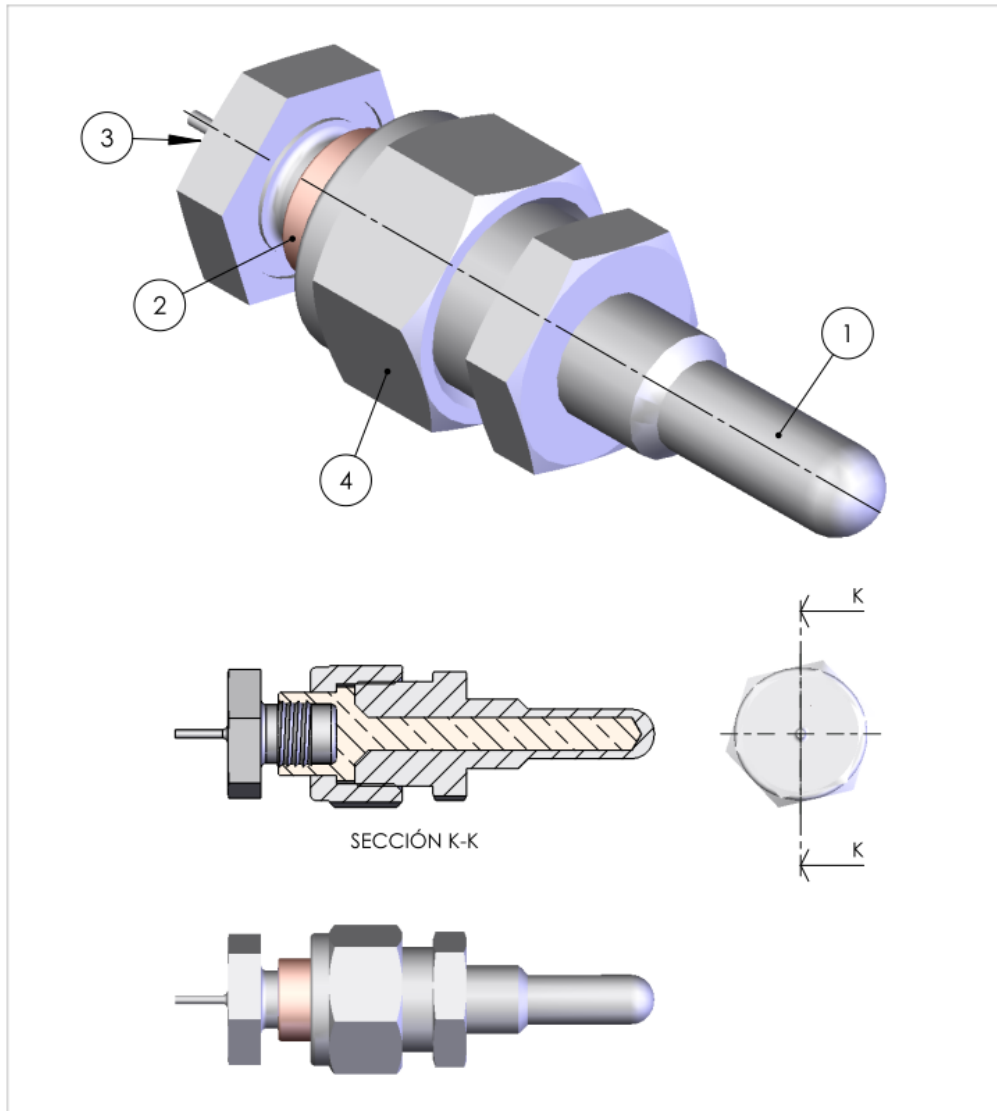


**Guía Lateral**

Nº DE ELEMENTO	NÚMERO DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT.
2	Guía Lateral	Lámina Acero Inox 304 Cal18	2
	<b>Corporación CDT de GAS</b> Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas		Dibujo: <b>Victor Manrique</b> # Rev <b>0</b>
			Reviso: <b>Ing. Luis García</b> Fecha: <b>21/12/2010</b>
	<b>MARMITA</b> <b>A GAS NATURAL</b>		Nombre: <b>Quemador</b> Medidas en: <b>mm</b>
			Plano No. <b>4 de 5</b> Formato: <b>FPL-001V</b>



Nº DE ELEMENTO	NÚMERO DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	Tapa -Guía	Lámina Acero Inox Cal.14	2
2	Tubo Distribuidor	Tubo Acero Inox D=3/4" SCH40	1
	<b>Corporación CDT de GAS</b> Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas		Dibujo: <b>Victor Manrique</b> # Rev <b>0</b>
			Reviso: <b>Ing. Luis García</b> Fecha: <b>21/12/2010</b>
	<b>MARMITA A GAS NATURAL</b>		Nombre: <b>Quegador</b> Medidas en: <b>mm</b>
			Plano No. <b>5 de 5</b> Formato: <b>FPL-001V</b>



Nº DE ELEMENTO	NÚMERO DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	Termopozo NPT1_4 X M_20	Acero Inox	1
2	Extension de la Termocupla	Cobre	1
3	Termocupla SIT	Valvula SIT 710.752	1
4	Tuerca 5.8OD x M20	Acero Inox.	1

	<b>Corporacion CDT de GAS</b> Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas	Dibujo: <b>Victor Manrique</b>	# Rev <b>0</b>
	<b>MARMITA</b> <b>A GAS NATURAL</b>	Reviso:	Fecha: <b>26/10/2010</b>
		Nombre: <b>Termopozo con Termocupla</b>	Unidad: <b>mm</b>
		Plano No. <b>1 de 3</b>	Formato: <b>FPL-001V</b>

