

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN AUTOCLAVE PARA LAMINACIÓN DE PARABRISAS DE LA PLANTA DE GLASSVIT CIA. LTDA. SEGÚN CÓDIGO ASME SECCIÓN VIII DIV. 1**

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

**GERMÁN PATRICIO CARCHI FEIJÓO**

**DIRECTOR:**

**ING. ÁNGELO VILLAVICENCIO**

**CODIRECTOR:**

**ING. LUIS ESCOBAR**

**Sangolquí, 2011 - Abril**



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

**El proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN AUTOCLAVE PARA LAMINACIÓN DE PARABRISAS DE LA PLANTA DE GLASSVIT CIA. LTDA. SEGÚN CÓDIGO ASME SECCIÓN VIII DIV. 1” fue realizado en su totalidad por Germán Patricio Carchi Feijóo, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.**

---

**Ing. Ángelo Villavicencio**  
**DIRECTOR**

---

**Ing. Luis Escobar**  
**CODIRECTOR**

**Sangolquí, 2011 – 04 – 20**



## **LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN AUTOCLAVE PARA  
LAMINACIÓN DE PARABRISAS DE LA PLANTA DE GLASSVIT  
CIA. LTDA. SEGÚN CÓDIGO ASME SECCIÓN VIII DIV. 1”**

**ELABORADO POR:**

---

**Germán Patricio Carchi Feijóo**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

---

**Ing. Xavier Sánchez**  
**DIRECTOR DE CARRERA**

**Sangolquí, 2011 – 04 – 20**



## **DEDICATORIA**

**Todo el esfuerzo y sacrificio para la culminación de este proyecto y la entrega de mis años de estudio quiero dedicarlo a mis padres Germán y Patricia, y a mis hermanos Ana y Sahid, que son razón de mis alegrías y parte de mi vida.**



## **AGRADECIMIENTO**

**A Dios, por darme la oportunidad de estudiar y permitirme ser parte de una familia que siempre me apoya y motiva para cumplir mis metas. A mis amigos de aula, gracias por acompañarme en los momentos de júbilo, por sus palabras de aliento y por compartir su amistad conmigo. A los señores docentes y especialmente a los Ingenieros que dirigieron este proyecto por su valiosa contribución para la consecución de este sueño.**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO .....	ii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
LISTA DE TABLAS .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	x
ANEXOS .....	xi
RESUMEN .....	12

### CAPÍTULO 1

1.1. ANTECEDENTES.....	13
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	14
1.3. OBJETIVOS.....	15
1.3.1. GENERAL.....	15
1.3.2. ESPECÍFICOS .....	15
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO.....	16
1.5. ALCANCE .....	17

### CAPÍTULO 2

2.1. AUTOCLAVE INDUSTRIAL .....	18
2.1.1. FUNCIONAMIENTO DEL AUTOCLAVE.....	19
2.1.2. USOS DEL AUTOCLAVE .....	21
2.1.3. TIPOS DE AUTOCLAVE .....	24
2.1.3.1. Desplazamiento por gravedad.....	24
2.1.3.2. Olla de presión calentada por combustible.....	25
2.1.3.3. Pre-vacío .....	25
2.1.4. AUTOCLAVE EN LA INDUSTRIA DEL VIDRIO .....	25
2.1.5. SEGURIDAD .....	28

### CAPÍTULO 3

3.1. DIMENSIONES .....	30
3.1.1. TIPO DE RECIPIENTE .....	30
3.1.2. DIÁMETRO .....	30
3.1.2.1. Diámetro interno .....	30
3.1.2.2. Corrosión admisible.....	30
3.1.3. LONGITUD .....	30
3.1.4. VOLUMEN .....	31
3.2. TEMPERATURA.....	31



- 3.2.1. DISEÑO DE TEMPERATURA .....31
- 3.2.2. TEMPERATURA AMBIENTAL EXTERNA.....31
- 3.3. PRESIÓN .....31
  - 3.3.1. DISEÑO DE PRESIÓN .....31
  - 3.3.2. CAPACIDAD DE AUMENTO DE PRESIÓN .....31
- 3.4. REQUERIMIENTOS DE BOQUILLAS .....32
  - 3.4.1. BOQUILLAS DE AIRE .....32
    - 3.4.1.1. Entrada de aire .....32
    - 3.4.1.2. Salida de aire .....32
  - 3.4.2. BOQUILLAS DE AGUA .....33
    - 3.4.2.1. Entrada de agua .....33
    - 3.4.2.2. Salida de agua .....33
    - 3.4.2.3. Válvula de seguridad .....33
  - 3.4.3. DISCO DE RUPTURA .....33
  - 3.4.4. BOQUILLAS DE TEMPERATURA.....34
    - 3.4.4.1. Termocupla .....34
    - 3.4.4.2. Termómetro.....34
  - 3.4.5. MANÓMETRO .....34
  - 3.4.6. BOQUILLAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....34
    - 3.4.6.1. Entradas eléctricas .....34
    - 3.4.6.2. Resistencias eléctricas .....35
  - 3.4.7. VACÍO.....35
  - 3.4.8. DRENAJE .....35
  - 3.4.9. ENTRADA DE EJE VENTILADOR .....35

**CAPÍTULO 4**

- 4.1. ASME SECCIÓN VIII DIVISIÓN 1 .....36
  - 4.1.1. CONSIDERACIONES DEL CÓDIGO .....36
- 4.2. DATOS DE DISEÑO .....42
  - 4.2.1. SELECCIÓN DE MATERIALES .....42
- 4.3. CÁLCULOS DEL CUERPO.....43
  - 4.3.1. ESFUERZOS CIRCUNFERENCIALES .....43
  - 4.3.2. ESFUERZOS LONGITUDINALES.....43
  - 4.3.3. TRATAMIENTO TÉRMICO.....43
- 4.4. CÁLCULOS DE CABEZAS .....44
  - 4.4.1. SELECCIÓN DE TIPO DE CABEZA.....44
  - 4.4.2. ELONGACIÓN .....45
  - 4.4.3. PORCENTAJE DE CONFORMIDAD EN FRÍO .....45
- 4.5. PRUEBA HIDROSTÁTICA.....46
  - 4.5.1. CÁLCULO DE PRESIÓN DE PRUEBA .....46
  - 4.5.2. CÁLCULO DE MAWP.....46
    - 4.5.2.1. Cuerpo.....46
    - 4.5.2.2. Cabeza .....46



4.6. OREJAS DE IZAJE .....	47
4.6.1. DIMENSIONES DE OREJAS .....	47
4.6.2. TAMAÑO DE FILETE DE OREJAS .....	48
4.6.3. VERIFICACIÓN DE TAMAÑO DE FILETES INTERNOS .....	48
4.7. CÁLCULO DE REFORZAMIENTO DE BOQUILLAS .....	49
4.7.1. DATOS DE DISEÑO.....	49
4.7.2. ESPESOR DE CUERPO REQUERIDO.....	57
4.7.3. ESPESOR DE CUELLO DE BOQUILLA .....	59
4.7.4. CÁLCULO DE ÁREAS DE REFORZAMIENTO .....	61
4.7.5. ADICIÓN DE ÁREAS.....	65
4.7.6. TAMAÑO DE SOLDADURAS.....	66
4.7.7. CÁLCULOS DE ESPESOR EN BOQUILLA .....	70
4.8. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DEL AUTOCLAVE.....	75

**CAPÍTULO 5**

5.1. RECEPCIÓN DE MATERIAL .....	76
5.2. PLAN DE INSPECCIÓN GENERAL .....	77
5.3. MAPA DE SOLDADURA.....	78
5.4. REVISIÓN DE PLAN DE SOLDADURA.....	79
5.5. PLAN DE INSPECCIÓN DE BOCAS .....	81
5.6. SOLDADURA.....	81
5.6.1. WPS.....	82
5.6.2. PQR .....	83
5.6.3. WPQ .....	83
5.7. REPORTE DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS.....	84
5.8. REPORTE DE INSPECCIÓN DE PINTURA .....	85
5.9. REPORTE DE PRUEBA NEUMÁTICA E HIDROSTÁTICA .....	86
5.10. REPORTE DE PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO.....	87

**CAPÍTULO 6**

6.1. COSTOS DIRECTOS.....	95
6.2. COSTOS INDIRECTOS .....	100

**CAPÍTULO 7**

7.1. CONCLUSIONES .....	110
7.2. RECOMENDACIONES .....	110

ANEXOS .....	113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	140
MATERIALES CONSULTADOS .....	140





## LISTA DE TABLAS

Tabla 4.1 Descripción de materiales .....	42
Tabla 4.2 Datos del cuerpo del autoclave .....	43
Tabla 4.3 Datos de oreja de izaje.....	47
Tabla 4.4 Especificaciones de filete de oreja .....	48
Tabla 4.5 Especificaciones de filete interno .....	48
Tabla 4.6 Datos del recipiente.....	49
Tabla 4.7 Descripción de boquillas .....	50
Tabla 4.8 Descripción específica boquillas N1, N2, N5.....	50
Tabla 4.9 Descripción específica boquillas N3, N4 .....	51
Tabla 4.10 Descripción específica boquillas N6.....	52
Tabla 4.11 Descripción específica boquillas N7, N9 .....	52
Tabla 4.12 Descripción específica boquillas N8, N12 .....	53
Tabla 4.13 Descripción específica boquillas N10.....	54
Tabla 4.14 Descripción específica boquillas N11 .....	55
Tabla 4.15 Descripción específica boquillas N13.....	56
Tabla 4.16 Descripción espesor de boquillas N1, N2, N5 .....	70
Tabla 4.17 Descripción espesor de boquillas N3, N4.....	70
Tabla 4.18 Descripción espesor de boquillas N6 .....	71
Tabla 4.19 Descripción espesor de boquillas N7, N9.....	72
Tabla 4.20 Descripción espesor de boquillas N8, N12.....	72
Tabla 4.21 Descripción espesor de boquillas N10 .....	73
Tabla 4.22 Descripción espesor de boquillas N11 .....	74
Tabla 4.23 Descripción espesor de boquillas N13 .....	74
Tabla 5.1 Tópicos para evaluación de pintura en recipientes metálicos .....	85
Tabla 6.1 Remuneración.....	95
Tabla 6.2 Costos de materiales.....	99
Tabla 6.3 Otros gastos.....	100
Tabla 6.4 Movilización.....	100
Tabla 6.5 Costos indirectos.....	101
Tabla 6.6 Costo total.....	101



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Autoclave tipo olla de presión .....	19
Figura 2.2 Plástico PVB .....	20
Figura 2.3 Autoclaves para laminar vidrio .....	21
Figura 2.4 Autoclaves para ladrillos y madera .....	22
Figura 2.5 Autoclaves de esterilización .....	22
Figura 2.6 Autoclaves de esterilización .....	23
Figura 2.7 Autoclaves membrana .....	24
Figura 2.8 Autoclave .....	26
Figura 2.9 Diagrama funcionamiento de autoclave .....	27
Figura 2.10 Instrumentos de medición .....	29
Figura 4.1 Sello ASME .....	37
Figura 4.2 Diagrama de oreja.....	47
Figura 4.3 Gráfico de boquilla y reforzamiento.....	49
Figura 6.1 Gráfico de producción mensual de parabrisas sin autoclave .....	102
Figura 6.2 Tiempo de fabricación de parabrisas laminado sin autoclave .....	103
Figura 6.3 Gráfico de producción mensual de parabrisas con autoclave .....	104
Figura 6.4 Tiempo de fabricación de parabrisas laminado con autoclave .....	104
Figura 6.5 Costo en dólares por cada unidad de parabrisas.....	106
Figura 6.6 Costo sueldo mensual de operarios.....	107
Figura 6.7 Ingresos mensuales en la línea de parabrisas laminado .....	108
Figura 6.8 Datos de parabrisas fabricados por mes.....	109



## ANEXOS

ANEXO 1. Recepción de material .....	114
ANEXO 2. Plan de inspección general.....	117
ANEXO 3. Mapa de soldadura .....	119
ANEXO 4. Revisión de plan de soldadura .....	120
ANEXO 5. Plan de inspección de bocas .....	121
ANEXO 6. WPS .....	123
ANEXO 7. PQR.....	125
ANEXO 8. WPQ.....	127
ANEXO 9. Reporte de calibración de equipos .....	129
ANEXO 10. Reporte de inspección de pintura .....	132
ANEXO 11. Reporte de prueba neumática e hidrostática .....	135
ANEXO 12. Reporte de prueba de funcionamiento.....	136



## RESUMEN

La empresa Glassvit Cía. Ltda. es una empresa que se dedica a la fabricación de parabrisas en varias líneas de producción, esta empresa situada en la ciudad de Loja, tiene más de dos décadas distribuyendo sus productos en el mercado nacional, y los últimos años ha incursionado en la fabricación de vidrio laminado, adquiriendo maquinaria y herramientas que cumplan el objetivo.

La fabricación de este vidrio de seguridad es compleja y requiere equipos especiales que ayuden a obtener un producto de competencia, ya que las máquinas que se compró anteriormente no tienen alta efectividad, la gerencia decide realizar una inversión para construir un autoclave que permita fabricar vidrios laminados y aumentar la producción evitando pérdidas en materia prima y ahorrando en gastos.

Por esta razón se ha desarrollado el presente proyecto de diseño y construcción de un autoclave para laminar vidrio, ya que la empresa no ha fabricado recipientes a presión, se ha contratado los servicios a varias empresas con el fin aprovechar su experiencia en este tipo de proyectos.

Una vez puesto en marcha el autoclave aumentará la producción drásticamente, lo que servirá para incrementar los ingresos de la empresa y recuperar a mediano plazo la inversión realizada en el proyecto.



# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1. ANTECEDENTES

La continua evolución de los mercados y en relación con ellos, la aparición de nuevos materiales, han combinado un conjunto de medidas orientadas a los equipos industriales avanzados, que hoy en día soporta una progresión en su nivel tecnológico realmente sorprendente.

Por tal efecto, uno de los materiales que más ha evolucionado es el vidrio, que es un importante elemento en el mercado del automóvil, la construcción, la seguridad, entre otros. El tratamiento y su interacción con polímeros, ha llevado a la necesidad de utilizar equipos con un nivel tecnológico inimaginable en años anteriores.

Con el uso de maquinaria para elaboración y manufacturación de la materia prima, se dio origen a la creación de nuevos productos que logran satisfacer las necesidades humanas. En la industria automotriz y de construcción, elaborar parabrisas y vidrios más convenientes y cómodos, y sobre todo más seguros, es siempre una búsqueda de tecnologías que obligan a mantenerse a la vanguardia, invirtiendo e inventando máquinas y herramientas que permitan superar elementos de tecnologías pasadas.

Por tal motivo, en el mercado del vidrio, la maquinaria que ayuda a realizar el trabajo es de una compleja ingeniería, y de muy específica función, como es el caso de la Empresa Glassvit Cía. Ltda., la cual posee en su línea de vidrio laminado, automotriz y arquitectónico, máquinas destinadas a cumplir con esta labor, pero que tienen un bajo coeficiente de eficiencia y alto factor de consumo energético.

Para la realización del mismo trabajo, donde se necesite la presencia de presión y calor, desde el siglo XVII, los científicos han tratado de crear un aparato capaz de juntar estas propiedades de temperatura y presión, llegando



hasta nuestros días a la fabricación de autoclaves, los cuales se utilizan en diversas industrias como la alimenticia, en la medicina, industria maderera, industria textil, industria de los neumáticos, entre muchas otras, en las que por supuesto se incluye la industria del vidrio, ya que gracias a las propiedades que puede brindar, tiene un bajo consumo de energía en relación a la eficiencia de trabajo, aumentando así las líneas de producción, incrementando el material final elaborado, diversificando el uso manufacturero para el desarrollo de las industrias.

## 1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La tecnificación de la industria es un pilar fundamental para el desarrollo de las empresas, las mismas que deberían tratar siempre de innovar y de conseguir el crecimiento que les proporcione ventajas ante la competencia y mayores utilidades en el sector que realizan sus actividades. Teniendo siempre en cuenta esta premisa, la empresa Glassvit Cía. Ltda., ubicada en la ciudad de Loja, ha creído conveniente la construcción e implementación de una nueva máquina, para de esta manera, optimizar el proceso de fabricación en el segmento de parabrisas laminados.

La planta de Glassvit, cuenta con una serie de máquinas y herramientas que permiten realizar la fabricación de vidrio laminado y templado, en el segmento de producción de vidrio templado, se hace uso del plástico PVB, el cual es importado y tiene un costo considerable en la producción. Este plástico que se coloca en la mitad de los vidrios, debe adherirse de manera perfecta a los mismos, para que cumpla la función de vidrio de seguridad, pero cabe mencionar que la maquinaria usada en los procesos actuales, no cumple con los objetivos para los que fueron adquiridos.

El problema que enfrenta la empresa es el apareamiento de fallas en el terminado del plástico PVB, y este al ser un material que no se fabrica dentro del país, debe ser importado en grandes cantidades, por lo que representa una gran inversión para la administración, y ningún segmento puede ser desperdiciado. Con el apareamiento de las fallas, los parabrisas no aprueban



el control de calidad y se debe volver a doblar el vidrio para fabricar un nuevo parabrisas, lo que implica pérdida de dinero y demora en la entrega del producto.

Lo que se ha venido utilizando para tratar de mitigar este inconveniente es una máquina que ayuda a la adherencia del PVB, pero esta no es totalmente efectiva, y resulta pequeña para el volumen de producción que requiere la planta. Para lo cual se ha investigado en el mercado sobre maquinaria que ayude a eliminar el problema, encontrando como solución más adecuada el autoclave, una máquina capaz de proporcionar la presión y la temperatura necesaria para adherir el plástico al vidrio, haciendo que los problemas con el segmento de vidrio laminado sean descartados, que el sistema de producción sea más efectivo y proporcione mayor utilidad.

### 1.3. OBJETIVOS

#### 1.3.1. General

Diseñar y construir un autoclave que cumpla las exigencias de presión y temperatura para laminar el vidrio de seguridad.

#### 1.3.2. Específicos

- Determinar el método de diseño más adecuado con las condiciones requeridas por la planta de Glassvit
- Determinar las dimensiones estructurales necesarias para el diseño del autoclave
- Establecer las conexiones que se deben implementar en el autoclave para los elementos que se instalarán
- Determinar los requisitos de temperatura y presión para la correcta adherencia del plástico PVB
- Elaborar los planos del autoclave para su fabricación
- Construir el equipo con base al código ASME Sección VIII Div.1
- Realizar las pruebas hidrostáticas para la aprobación del recipiente a presión



#### 1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

La optimización de los procesos en las plantas de producción es siempre una búsqueda continua de mejores sistemas de automatización. En el país no ha existido mucho interés en la reingeniería de las plantas de producción, y hay sectores industriales donde la renovación tecnológica no es prioridad, como en la industria del vidrio, donde los vidrios arquitectónicos y parabrisas pueden ser fabricados con hornos y máquinas que no necesariamente requieren o deben ser reemplazadas por maquinaria de mayor especialización.

Queriendo evitar el estancamiento de los sistemas de producción y tratando de lograr la actualización, la empresa Glassvit ha decidido realizar una inversión en la adquisición de una máquina, misma que es fundamental para alcanzar sus metas de elevar la producción y establecer su marca con mayor presencia en el mercado. Debido a la complejidad de la elaboración de los parabrisas, comprar maquinaria tiene un elevado costo para las empresas de este sector, y mucho más un autoclave, ya que son materia de arduo análisis y con muchos elementos implícitos en la manufactura del mismo. Además en el país tan solo un par de empresas del sector del vidrio poseen autoclaves, lo que dificulta la investigación de los elementos que se instalen en el mismo, pero a la vez proporcionará una ventaja en producción sobre las demás empresas.

Con la construcción e implementación del autoclave en la empresa Glassvit, la cantidad de parabrisas con fallas de laminación va a desaparecer, lo que significa un ahorro por no existir material desperdiciado, y todos los parabrisas que anteriormente no pudieron ser vendidos por presentar fallas, tendrán la oportunidad de ser arreglados y de venderlos a los consumidores. De igual forma, va a ser menor el consumo de energía eléctrica, ya que con la capacidad de la máquina, ésta solo tendría que encenderse pocas veces a la semana; y en cuanto a lo que se refiere a la utilización de otros equipos que eran manejados anteriormente para laminar, ya no será preciso, con lo que habría mayor ahorro, aunque sin duda la disminución de desperdicio de materia prima será la mayor ventaja que se conseguirá por la implementación del autoclave





Con el desarrollo del presente proyecto, se podría motivar a un buen número de empresas a invertir en la adquisición de maquinaria, con nueva tecnología, avances industriales, con fuentes de ingresos más aceptables; este puede ser el autoclave, que tiene un sinnúmero de aplicaciones en algunos sectores técnicos, lo que ayudaría a aumentar la producción en las fábricas.

### 1.5. **ALCANCE**

Diseño y Construcción de un autoclave para laminación de parabrisas con base al código ASME Sección VIII Div. 1 para la empresa Glassvit Cía. Ltda., ubicada en la ciudad de Loja.



## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. AUTOCLAVE INDUSTRIAL

El primer autoclave reconocido como tal, fue creado en la época moderna después de la revolución industrial, pero su invención deriva de una serie de acontecimientos que no se relacionan con la industria, pues las razones para crear esta tecnología vienen desde el inicio de la historia de la humanidad, donde se estableció la relación de la causa de muchas enfermedades con la existencia de gérmenes patógenos.

Las investigaciones de científicos como Pasteur y Lister en el siglo XIX permitieron establecer las primeras prácticas de asepsia, iniciando así la aseptización de los instrumentos quirúrgicos, las manos de los cirujanos y los ayudantes, y las ropas quirúrgicas, lo que redujo la mortalidad del 45% al 9%, y dejó en claro la relación entre los microorganismos y la infección hacia 1.878.

Por esta razón se ve la necesidad de fabricar una máquina que elimine los microorganismos infecciosos del instrumental, dando origen a lo que se podría llamar el primer autoclave, que se fabrica en 1.879, se trataba de un aparato portátil con 6 litros de capacidad calentado por alcohol.

En la actualidad, a raíz de las investigaciones mencionadas anteriormente, el sistema de autoclave es una aplicación estricta en los hospitales, en los procesos de limpieza, desinfección y esterilización, brindando seguridad a los pacientes y a los trabajadores de la salud.

Estos procedimientos son indispensables en el control adecuado de las infecciones intrahospitalarias.



**Fig. 2.1** Autoclave tipo olla a presión

**Fuente:** [www.indiamart.com/surgitechindia/operation-theater-equipment.html](http://www.indiamart.com/surgitechindia/operation-theater-equipment.html)

Y ya que los usos de estas máquinas son diversos, de igual manera son los modelos y tipos de autoclaves que existen en el mercado, implementando cada autoclave según sea la necesidad.

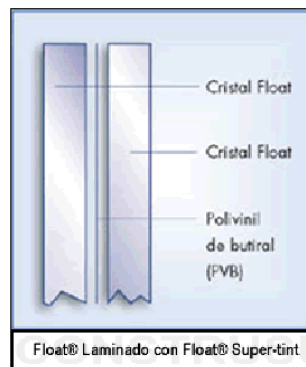
### 2.1.1. FUNCIONAMIENTO DEL AUTOCLAVE

Ya que existen diferentes tipos de autoclaves, también existen distintas formas de funcionamientos, pero en una forma general, los autoclaves funcionan permitiendo la entrada o generación de vapor de agua mediante resistencias y restringiendo la salida del fluido, también la generación de aire caliente, como es el caso en este proyecto. Como consecuencia del calentamiento que presenta el interior del recipiente, la presión y la temperatura aumentan, luego se mantiene y estabiliza bajo los parámetros deseados hasta que se alcance el tiempo establecido para cada material.

Este proceso se establece en recipientes pequeños, que normalmente se usan para esterilización, pero el recipiente que este proyecto desarrollará es de dimensiones considerables ya que es un autoclave industrial, que funciona en conjunción con otras máquinas, y con aplicación para laminar parabrisas. La sola presión del aire caliente no es suficiente para efectuar el trabajo de laminación. Es por eso, que después de que las resistencias efectúan el calentamiento, se necesita la presión adicional de un compresor para elevarla, cumpliendo así las normativas internacionales de parabrisas de seguridad.

Pero las altas presiones implican mayor seguridad en el manejo del recipiente, por eso es importante una última etapa en el proceso de funcionamiento, la

descarga del aire a presión, que se debe realizar lentamente y por conductos bien direccionados para evitar accidentes. Después un enfriado total del cuerpo y las tapas del autoclave, aseguran un proceso óptimo para la manipulación por parte de los operarios. Se debe tener en cuenta que esta última etapa debe ser controlada, de igual manera que el calentamiento de las resistencias, debido a que los cambios bruscos de temperatura puede dañar el producto que está dentro del recipiente, alterando sus propiedades físicas y químicas, y estropeando la producción.



**Fig. 2.2** Plástico PVB

**Fuente:** Catálogo Zhejiang plastic Co., Ltd.

Pero ya que el recipiente a presión que se desarrolla en este proyecto, es un recipiente destinado para trabajar con vidrio, es necesario realizar una explicación más detallada de cómo trabaja un autoclave que lamina vidrio. El procedimiento de laminación donde el elemento que va en la mitad es una película sólida que se coloca entre las hojas del vidrio o plástico y se somete a continuación a un calentamiento y a una presión para obtener el producto acabado. Este elemento es el PVB (Polivinilbutiral), que es un plástico de material flexible y que se pega a una temperatura aproximada de 20°C, es por ello que se mantiene a una temperatura de 10°C. A fin de evitar el riesgo de pegado las hojas de PVB, se separan entre ellas por una hoja de polietileno. Las hojas de PVB son habitualmente transparentes, pero existen los PVB de color (gris, bronce, verde, azul,...) y también el mate.

El procedimiento comienza de la siguiente manera:

- La hoja de PVB se coloca sobre el vidrio, acto seguido la segunda hoja de vidrio, sujeta por medio de una ventosa se coloca sobre el PVB.
- El conjunto es conducido a un horno de precalentamiento.

- Con esta operación se trata de eliminar el aire existente entre el vidrio y el PVB.
- Las unidades se calientan hasta una temperatura aproximada de 70°C.
- La eliminación del aire se produce por medio de la destrucción parcial de la superficie del film, es decir del plástico PVB. Los cantos son enseguida cerrados, a fin de impedir la posible entrada de aire durante la operación final del autoclave.
- Finalmente el vidrio es conducido a un autoclave, en el interior del cual la presión es de 12 a 14 kg/cm<sup>2</sup> con una temperatura entre 135°C y 150°C.



**Fig. 2.3** Autoclaves para laminar vidrio  
**Fuente:** Catálogo de ventas web. Alibaba.com

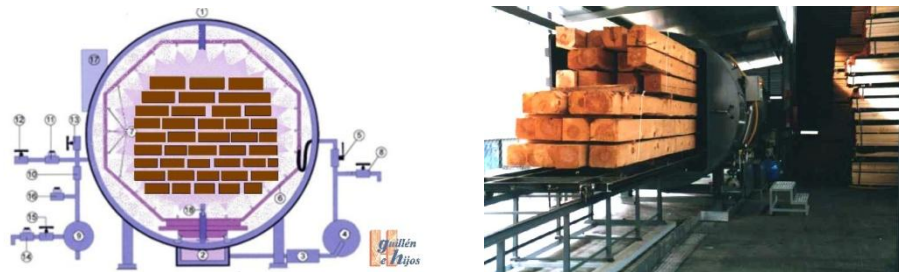
Todo el procedimiento trata de conseguir una flexibilidad suficiente del PVB para crear una adhesión perfecta entre los vidrios. Los tiempos de los ciclos están en función del espesor de las unidades. Es lógico que un acristalamiento con mayor espesor necesite un tiempo netamente más largo para esperar que la temperatura necesaria llegue al interior de la unidad y además permitir un enfriamiento correcto y completo al final del ciclo. De todas maneras la duración de esta operación está entre las 10 y 12 horas.

### 2.1.2. USOS DEL AUTOCLAVE

Los recipientes a presión son necesarios en muchas fábricas manufactureras, y en especial los autoclaves son aplicables a muchas clases de industrias, y ya que el uso del mismo se ha diversificado, no solo se utiliza en procesos de desinfección de instrumentos como fue destinado en un principio, sino que en la actualidad se usa en un sin número de sectores industriales, como en alimentos, madera, vidrio, veterinaria, odontología, microbiología, agricultura,

química, metalurgia e incluso en la construcción del ala y el fuselaje de los aviones Boeing 787 que son de carbón y fibra compuesto.

En la industria maderera, el tratamiento por autoclave es el que mayor protección ofrece debido fundamentalmente a que hace penetrar los protectores químicos dentro de la madera. En el tratamiento con autoclave se introduce la madera en el autoclave, y se hace un vacío inicial en el cual se saca el aire de la madera y se abre la célula. A continuación se cubre la madera con químicos, una vez empapada la madera se va deshaciendo al vacío mientras se continúa introduciendo otros agentes líquidos en el autoclave, así la madera va absorbiendo el líquido con más intensidad, obteniendo consecuentemente que la madera nunca se pudra.



**Fig. 2.4** Autoclaves para ladrillos y madera

**Fuente:** [www.grupomacindustrial.com/grupomac/sistema-de-tratamiento-atuoclave.html](http://www.grupomacindustrial.com/grupomac/sistema-de-tratamiento-atuoclave.html)

En la industria alimenticia, son usados para hacer conservas de alimentos, generalmente utilizan vapor como medio calefactor, el cual es generado externamente en una caldera. Esto implica entre otras cosas, disponer además de la caldera, de un equipo para el tratamiento de agua y de líneas de vapor. El autoclave realiza la esterilización comercial de un alimento elaborado como conserva.



**Fig. 2.5** Autoclaves de esterilización

**Fuente:** Foto de laboratorio de bioseguridad ESPE

En la medicina, el autoclave es un equipo para esterilización por vapor de todo material que soporte las condiciones de temperatura y presión del mismo. Debido a su bajo costo de proceso y eficiencia en la descontaminación, la esterilización por vapor es el método más difundido y el que debe aplicarse preferentemente sobre otros métodos.



**Fig. 2.6.** Autoclaves de esterilización

**Fuente:** [www.mediavida.com/foro/6/autoclaves-medicina-nivel-4](http://www.mediavida.com/foro/6/autoclaves-medicina-nivel-4)

Incluso en los hospitales, el método de esterilización por autoclavado como una de las mejores tecnologías disponibles para el procesamiento de residuos sólidos hospitalarios infecciosos, es preferido frente a la incineración.

La industria metalúrgica realiza procesos como la lixiviación de sulfuros, que son complejos debido a la naturaleza refractaria de los minerales del sulfuro, lo que implica a menudo el uso de recipientes presurizados como autoclaves. Un buen ejemplo del proceso del leach de autoclave se puede encontrar en la metalurgia del zinc, esta reacción procede en las temperaturas sobre el punto que hierve el agua, así se crea presión del vapor dentro del recipiente. El oxígeno se inyecta bajo presión, haciéndola total en la autoclave en más de 0.6 MPa.

En la agricultura, el autoclave de membrana, representa un componente necesario para un duradero y regular funcionamiento de las instalaciones de distribución de agua potable. Su función consiste en el aumento de la presión con la que el agua que proviene del acueducto llega al usuario.



**Fig. 2.7** Autoclaves membrana  
**Fuente:** Catálogo Deere Latinoamérica

También se lleva a cabo esterilización de frutas, como la palma, en este proceso se va sometiendo los racimos de fruto fresco de palma a la acción de vapor de agua en autoclaves, en donde se abre la válvula de alimentación de vapor a una presión de 45 PSI saturado y no seco. La fruta se mantiene por un periodo de 90 minutos dentro del autoclave, donde se operan con diferentes presiones hasta llegar al descargue del esterilizador. Se pierde un 1 % en humedad y grasa.

Las aplicaciones mencionadas anteriormente son solo un ejemplo del gran rango de utilidades que poseen los recipientes a presión, y a medida que las industrias crecen se van encontrando más aplicaciones para nuevos productos.

### 2.1.3. TIPOS DE AUTOCLAVES

Aunque los autoclaves se pueden clasificar por diferentes maneras, una forma general de agrupar estos recipientes a presión, es por el tipo de funcionamiento que realiza. Como resultado podemos decir que existen tres tipos de autoclaves que son: desplazamiento por gravedad, tipo olla a presión y pre-vacío.

#### 2.1.3.1. Desplazamiento por gravedad

En este tipo de autoclave, el vapor entra en la cámara a presión y desplaza el aire más pesado hacia abajo, a través de la válvula del orificio de salida que suelen estar equipados con filtros.





### 2.1.3.2. Olla a presión calentada por combustible

Este tipo de autoclaves solo se debe utilizar cuando no se dispone de un autoclave de desplazamiento por gravedad. Se cargan desde arriba y se calientan con gas, electricidad u otro combustible, el vapor se produce por el calentamiento del agua en la base del recipiente, el aire se desplaza en sentido ascendente por una abertura de descarga y cuando se saca todo el aire, la válvula de la abertura de descarga, se cierra y se reduce el calor.

La presión y la temperatura aumentan hasta que la válvula de seguridad funciona en el nivel preestablecido, este es el comienzo del tiempo de retención, por tal razón al final del ciclo se cierra la fuente de calor y se deja que la temperatura descienda a 80°C o menos antes de abrir la tapa.

### 2.1.3.3. Pre-vacío

Estos recipientes permiten eliminar el aire de la cámara antes de dar paso al vapor. El aire extraído se evacua a través de una válvula equipada con filtros, y el vapor sale automáticamente. Estos autoclaves pueden funcionar aproximadamente a 135°C, por lo que los ciclos de uso pueden reducirse a pocos minutos. Son ideales para carga de material poroso. Pero no pueden utilizarse para trabajar con líquidos debido al vacío.

### 2.1.4. AUTOCLAVE EN LA INDUSTRIA DEL VIDRIO

La introducción del autoclave en la industria del vidrio, se da gracias a que se descubrió que se podía realizar la laminación del vidrio con polímeros, y luego se intentó mejorar este proceso para tener finalmente un producto seguro.

Este descubrimiento comienza en 1903, cuando Eduard Benedictus, un químico francés, “descubrió” el proceso de laminación, de forma totalmente casual, pues dejó olvidada una disolución de colodión en un matraz, al evaporarse totalmente, dejó adherida en su interior una película elástica protectora de celuloide, que al romperse el matraz mantuvo unidos sus fragmentos. Esta anécdota proporcionó la idea para la fabricación de los primeros vidrios laminados de seguridad. Pero desde principios de los años 30,

cuando la empresa DuPont, conjuntamente con un grupo de fabricantes y laminadores estadounidenses, formaron un consorcio para desarrollar un cristal de seguridad de alto rendimiento, hubo una industrialización del cristal laminado en los sectores de la automoción y de la arquitectura.

Estos autoclaves de la industria del vidrio, pueden construirse en diferentes materiales, siendo habitual el uso de aceros al carbono e inoxidable austeníticos y bajo códigos internacionalmente reconocidos como ASME, AD MERKBLÄTER, CODAP, PD 5500, de acuerdo con el país o región donde se fabrique.



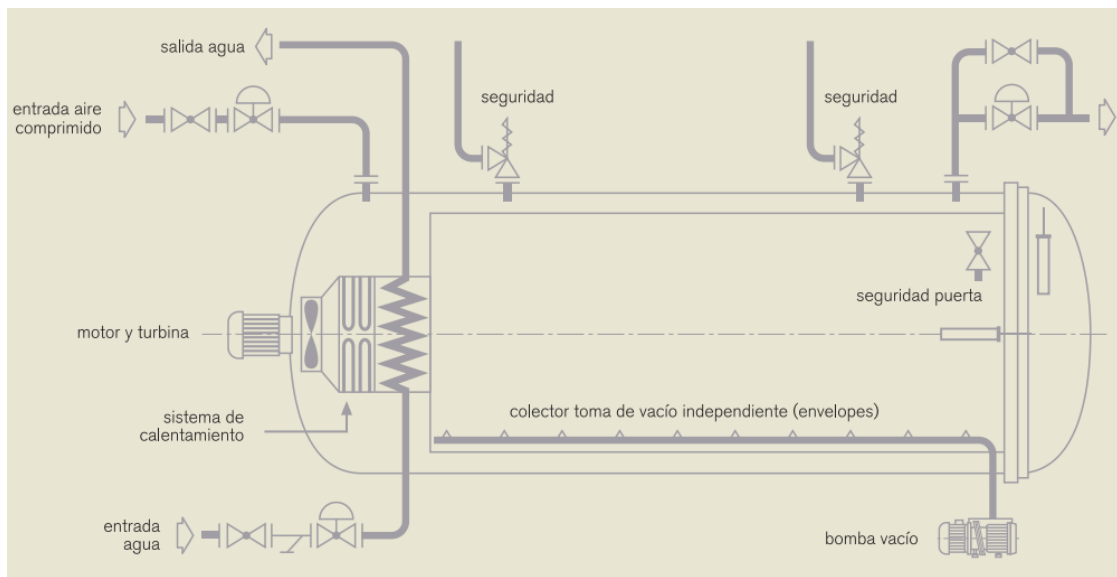
**Fig. 2.8** Autoclave

**Fuente:** Foto Empresa FANEM, Brasil

Desde la industria automovilística, donde se instalan parabrisas fabricados mediante laminados de vidrio y resinas de polivinilbutiral (PVB), hasta la industria de la construcción con laminados de todo tipo de combinaciones y espesores, se contemplan claros ejemplos de la tecnología, la cual está utilizando la industria del siglo XXI y que cada momento se afianza mucho más.

El uso más claro de las autoclaves en la industria del vidrio es la laminación, esto, dependiendo de cada caso y utilidad, se consigue mediante aire que es calentado en el interior del equipo, bien mediante resistencias eléctricas o bien mediante vapor o aceite térmico a través de un intercambiador. Un potente

ventilador eléctrico se encarga de poner en movimiento el aire interior haciendo que la circulación forzada permita obtener valores de temperatura en el interior del equipo con variaciones mínimas entre un punto y otro. Terminado el proceso de laminación, hay que enfriar la máquina, lo cual se consigue haciendo circular agua fría, o fluidos refrigerantes, a través de un intercambiador, que diseñado para cada autoclave mediante circulación forzada del aire entre sus placas, disminuye la temperatura interior del equipo hasta los valores deseados.



**Fig. 2.9** Diagrama funcionamiento de autoclave

**Fuente:** Empresa Bondtech.

Algunos recipientes ofrecen opcionalmente elementos para un mejor tratamiento de los productos; y pueden ofrecer recipientes con conexiones para diferente número de bolsas de vacío a introducir en el autoclave, suministros de aire comprimido o nitrógeno para regular la presión, permitiendo que el equipo sea totalmente autónomo para regular los grados de presión o vacío que se necesiten. Del mismo modo, algunas empresas manufacturan autoclaves con termopares y sensores de presión que controlan las variables en distintos puntos del autoclave y de las piezas introducidas, con microprocesadores que se encargan de recibir los datos, enviar órdenes a válvulas y accionadores para que regulen los procesos según los puntos de consigna que previamente se han programado, sondas interiores de producto para conocer el estado del mismo, y por supuesto equipos de alarmas que anuncian inmediatamente de



fallos o falta de suministros de fluidos con el fin de actuar rápidamente para corregir el proceso.

### 2.1.5. SEGURIDAD

Uno de los riesgos principales en los dispositivos a presión como los autoclaves, es la liberación brusca de presión y los daños que esta puede ocasionar.

El principal riesgo que representan los recipientes a presión son las explosiones, las cuales se pueden clasificar en:

- Explosiones físicas por rotura de las partes a presión: Se produce por la vaporización instantánea y la expansión brusca del agua contenida en el generador, como efecto de la rotura producida en un elemento sometido a presión
- Explosión química en el hogar (parte interna del recipiente): Producida por la combustión instantánea de los vapores del combustible acumulado en el hogar.

Para evitar cualquier riesgo inminente y que se ponga en peligro la integridad física del equipo y de los operarios, se recomienda tomar en cuenta los siguientes puntos:

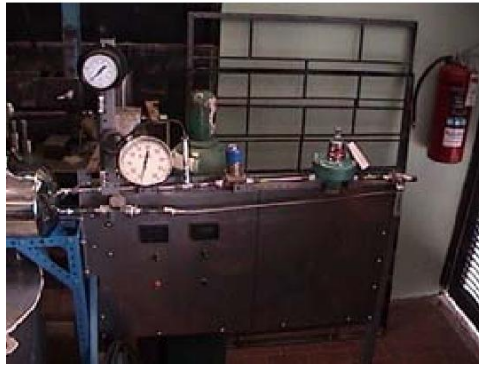
#### **Prevención de fallas**

El autoclave debe ser inspeccionado y monitoreado continuamente para identificar posibles fallas que puedan causar algún accidente. Además de hacer una inspección visual del mismo y verificar el buen estado del compresor; tomando en cuenta los puntos de seguridad.

Entre los puntos de seguridad física y operativas del autoclave podemos citar:

- El recipiente no debe ser ubicado cerca de tránsito de vehículos, si es así debe ser resguardado contra impactos.
- El sistema de soporte del equipo debe mantenerse en condiciones tales que no afecten la operación segura del equipo.

- El equipo debe disponer de espacio libre necesario para las actividades de operación, mantenimiento y revisión.
- Las temperaturas de operación del equipo son extremas, por lo tanto debe estar protegido del equipo para evitar contacto con el personal.
- El equipo debe contar con aparatos auxiliares, instrumentos de medición, de presión y dispositivos de seguridad, los cuales deben tener un rango de medición de presión que abarque entre 1.5 a 4 veces la presión normal de operación. Estos instrumentos de medición deben ser sometidos a programas de revisión, mantenimiento y calibración.



**Fig. 2.10.** Instrumentos de medición

**Fuente:** Foto laboratorio Cad/Cam

La seguridad se debe comprobar antes del arranque y después del paro total del autoclave, verificando que no exista ninguna fuga; además que todo los elementos funcionen correctamente incluyendo válvulas y conexiones. Durante la operación no se debe exceder la presión máxima de diseño, y cualquier cambio o modificación hecha debe ser registrada y comprobada, que no ponga en peligro la composición del equipo.

El objetivo primario del código ASME es la seguridad, el interés de los usuarios de los generadores es de gran importancia.



## **CAPÍTULO 3**

### **PARÁMETROS DE DISEÑO**

En este capítulo se conocerá todos los parámetros de construcción y funcionamiento que se necesita para diseñar el autoclave, siendo el departamento de producción de Glassvit Cía. Ltda., el encargado de proporcionar estos datos, con los cuales se podrá empezar a realizar los cálculos y obtener resultados para la construcción.

Los datos que fueron suministrados, son el fruto de una labor investigativa por parte de la gerencia de producción, y por la experiencia de operarios que prestaron sus servicios en otras plantas donde trabajaban con autoclaves, pero los autoclaves de otras fábricas son de manufacturación extranjera, por lo que la fabricación de esta máquina, será un reto para los operarios que consensuaron en las medidas de cada parámetro para que el autoclave cumpla sus funciones.

#### **3.1. DIMENSIONES**

##### **3.1.1. TIPO DE RECIPIENTE**

Recipiente cilíndrico horizontal, cerrado con tapas formadas para resistir la presión.

##### **3.1.2. DIÁMETRO**

###### **3.1.2.1. Diámetro interno**

El diámetro necesario es de 2 metros, equivalentes a 78,74 plg.

###### **3.1.2.2. Corrosión Admisible**

La corrosión admisible en el cuerpo, cabezas y bocas será de 2 milímetros, equivalentes a 0,079 plg.

##### **3.1.3. LONGITUD**

La longitud efectiva  $L_{s/s}$  es 3 metros.



#### **3.1.4. VOLUMEN**

El volumen obtenido con las dimensiones dadas anteriormente es de 10,691 m<sup>3</sup>, equivalente a 377,54 ft<sup>3</sup>.

### **3.2. TEMPERATURA**

#### **3.2.1. DISEÑO DE TEMPERATURA**

La temperatura que el departamento de producción ha determinado es de 150 °F, para llevar a cabo el calentamiento del aire con las resistencias, lo cual no es un valor de temperatura alto comparado con los servicios de otros recipientes a presión.

#### **3.2.2. TEMPERATURA AMBIENTAL EXTERNA**

El autoclave trabajará a una temperatura ambiente de 70 °F, con pocas variaciones de temperatura, lo cual no afecta el desempeño del recipiente.

### **3.3. PRESIÓN**

#### **3.3.1. DISEÑO DE PRESIÓN**

Es necesario alcanzar una presión de 180 PSI, para laminar los parabrisas hasta lograr los estándares internacionales, pero en algunos vidrios será necesario aplicar mayor presión.

#### **3.3.2. CAPACIDAD DE AUMENTO DE PRESIÓN**

Debido a la necesidad de ampliar el rango de presión, los materiales que se seleccionen deben ser capaces de soportar un rango de más menos 30 PSI, partiendo de la presión planificada inicialmente.



### 3.4. REQUERIMIENTOS DE BOQUILLAS

Una parte primordial del funcionamiento del autoclave son las instalaciones de máquinas que se realizarán posterior a la construcción del recipiente, lo que recalca la importancia de definir correctamente los requerimientos que realiza el departamento de producción. Ya que los elementos que van a ser instalados para trabajar en conjunción con el recipiente son algunos como: resistencias eléctricas que calentarán el aire para provocar la expansión del vidrio, compresores que ingresarán el aire a presión permitiendo la adherencia del PVB a los vidrios, ventiladores que repartirán de manera uniforme el aire caliente en el interior del cuerpo metálico, válvulas de seguridad, entre otros elementos.

A continuación se detallan los elementos que son necesarios para realizar las conexiones desde el recipiente hasta las máquinas, los cuales son requerimientos del departamento de la gerencia de producción.

#### 3.4.1. BOQUILLAS DE AIRE

Son las conexiones que permiten el acceso y salida de las líneas de aire del compresor para aumentar la presión en el recipiente.

##### 3.4.1.1. Entrada de aire

El fluido que ingresa en el autoclave tiene una gran capacidad de empuje y una temperatura considerable, por lo que la boquilla debe ser reforzada con soldadura específica para crear una mayor área. Se requiere:

**Una boquilla de 1½” de diámetro, con denominación N1**

##### 3.4.1.2. Salida de aire

La salida se la realiza al final de todo el proceso, liberando el aire lentamente para que no ocasione daños en los vidrios y parabrisas en el interior del autoclave. Se requiere:

**Una boquilla de 1½” de diámetro, con denominación N2**





### 3.4.2. BOQUILLAS DE AGUA

Un procedimiento importante dentro del funcionamiento del autoclave es el sistema de enfriamiento, el cual debe entrar en acción después de terminado los ciclos de temperatura-presión que recomiendan los estándares para obtener un vidrio de seguridad. Este sistema de refrigeración actúa como intercambiador de calor para disminuir con rapidez la temperatura y poner a trabajar nuevamente la máquina.

#### 3.4.2.1. Entrada de agua

Por esta boquilla entrará agua a temperatura ambiente de aproximadamente 15°C. Se requiere:

**Una boquilla de 1" de diámetro, con denominación N3**

#### 3.4.2.2. Salida de agua

A la salida del intercambiador de calor, el agua tendrá una temperatura promedio de 21°C. Se requiere:

**Una boquilla de 1" de diámetro, con denominación N4**

#### 3.4.2.3. Válvula de seguridad

Estas válvulas se deben colocar en la parte superior del recipiente, para que en caso de avería y daño en el proceso todo el aire a presión se expulse hacia un lugar donde no hay mayor peligro para los trabajadores de la planta. Se requiere:

**Dos boquillas de 1½" de diámetro, con denominación N5**

### 3.4.3. DISCO DE RUPTURA

Es la última opción que tienen los operarios del autoclave de evitar catástrofes, si fallan las válvulas de seguridad, el disco de ruptura dirigirá el aire que tenga una presión igual al máximo esfuerzo admisible del material del disco que en este proyecto será de 16100 psi, pues el material a elegir será el ASME SA 106-B. Se requiere:

**Una boquilla de 2" de diámetro, con denominación N6**



### 3.4.4. BOQUILLAS DE TEMPERATURA

Por medio de estos orificios se conectará los lectores de temperatura, que permitirán a los operarios conocer el estado del producto en cualquier momento del proceso. Estas boquillas no tendrán que soportar grandes esfuerzos, y estarán fabricados con materiales de alta resistencia.

#### 3.4.4.1. Termocupla

Fabricada con una gran variedad de metales, nos permite obtener una temperatura del interior por medio del diferencial de voltaje que exista entre los materiales. Se requiere:

**Dos boquillas de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro, con denominación N7**

#### 3.4.4.2. Termómetro

Un termómetro industrial elaborado para soportar presiones y temperaturas altas. Se requiere:

**Una boquilla de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro, con denominación N14**

### 3.4.5. MANÓMETRO

Para controlar la presión, el operario deberá contar con un manómetro que debe estar ubicado en el lugar donde haya mayor vector de presión en el recipiente, generalmente en la parte superior del cuerpo del autoclave.

**Una boquilla de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro, con denominación N8**

### 3.4.6. BOQUILLAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Son los orificios que harán posible la entrada de las conexiones para el sistema de calentamiento o calefacción.

#### 3.4.6.1. Entradas eléctricas

**Tres boquillas de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro, con denominación N9**



#### 3.4.6.2. Resistencias eléctricas

Son elementos pasivos que disipan energía en forma de calor, y esta irradiación de calor depende de la intensidad de corriente y del voltaje, que son elementos que deberá programar el operador dependiendo del producto. Estas resistencias tienen una longitud de 2,4 mts. cada una. Se requiere:

**Catorce boquillas de 1¼” de diámetro, con denominación N11**

#### 3.4.7. VACÍO

Estas boquillas tendrán la función de servir para las conexiones del sistema de vacío, proceso indispensable para la fabricación de vidrios laminados blindados, ya que debe eliminarse todo el aire existente para crear esta clase de vidrios. Se requiere:

**Dieciséis boquillas de ½” de diámetro, con denominación N10**

#### 3.4.8. DRENAJE

Un orificio pequeño que facilitará drenar el fluido condensado después de cada proceso. Se requiere:

**Una boquilla de ½” de diámetro, con denominación N12**

#### 3.4.9. ENTRADA DE EJE VENTILADOR

Con el ventilador eléctrico empotrado en una de las tapas del autoclave, se podrá circular el aire dentro del cuerpo del recipiente para que no exista diferencia de temperatura entre cualquier punto dentro del autoclave. Se requiere:

**Una boquilla de 6” de diámetro, con denominación N13**

Con la descripción de los requerimientos establecidos por el departamento de producción de Glassvit, el proyecto se desenvolverá en el desarrollo de cálculos y planos destinados a entregar un diseño completo del recipiente a presión.



## CAPÍTULO 4

### INGENIERÍA DE DISEÑO

#### 4.1. ASME SECCIÓN VIII DIVISIÓN 1

##### 4.1.1. CONSIDERACIONES DEL CÓDIGO

###### NORMAS DE DISEÑO

En los años 20, no existía ningún criterio a la hora de diseñar calderas y recipientes a presión, por ello ocurrían explosiones sin conocer las causas. Fue entonces cuando en esta misma década la American Society of Mechanical Engineer (ASME) comenzó a crear códigos para utilizar en el diseño y control de los recipientes que fuesen a trabajar a presión.

La ASME VIII Div. 1, Es la parte encargada de diseño, tiene distintas partes que comprenden cálculo de espesores, cálculo de aberturas, conexiones, etc. Esta norma para diseño de calderas y recipientes a presión es utilizada a nivel mundial, aunque existe otras normas como: Norma alemana (AD-Merkblätter), Diseño de calderas norma española UNE 9-300.

Es necesario verificar que la empresa oferente de este tipo de equipos, este certificada en cuanto a calidad, lo que implica que dicho fabricante usa alguna de estas normas para la fabricación y montaje.

#### ***Especificaciones para el diseño y fabricación de recipientes a presión.***

Usuarios y Fabricantes de recipientes sometidos a presión, en base a la aplicación de Normas Internacionales y a sus experiencias en el tema, han desarrollado ciertas prácticas comunes que han resultado ser ventajosas para encarar el proceso del diseño y construcción de los nuevos recipientes sometidos a presión. Las presentes especificaciones, que incluyen a aquellas prácticas más ampliamente aceptadas y utilizadas, nos permitirán interpretar

mejor los procedimientos y alternativas prescritas por el Código al conocer de antemano conceptos generales de diseño y de construcción, las que ahora podrán ser fácilmente interpretadas para llevar adelante el proyecto del autoclave.



**Fig. 4.1.** Sello ASME

**Fuente:** [http://www.grupoogman.com/og\\_it\\_manual.html](http://www.grupoogman.com/og_it_manual.html)

## **A. GENERALIDADES**

Si bien existen varias Normas que son de aplicación, elaboradas por países de reconocida capacidad técnica en la materia, la Norma internacionalmente más reconocida y de uso más común, es la Secc VIII Div.1 “Pressure Vessels” del Código ASME (American Society of Mechanical Engineers). Esta Norma, cubre el diseño, la selección de materiales, la fabricación, la inspección, las pruebas, los criterios de aprobación y la documentación resultante de las distintas etapas a cumplir.

La empresa fabricante del recipiente debe tener los requisitos operativos (presión y temperatura) tipo y características de fluido, capacidad volumétrica, forma de sustentación, limitaciones dimensionales del lugar de emplazamiento y cualquier otra característica particular a considerar.

El fabricante siempre debe tratar de seleccionar materiales que puedan ser calificables bajo Código ASME; deberá además, detallar tipo y forma constructiva de los cabezales, determinar el tratamiento térmico cuando corresponda, las características y dimensiones requeridas para los accesorios soldados y toda clase de información que pueda resultar necesaria para una correcta definición y evaluación del suministro a realizar.



Cuando el adquirente del recipiente, en este caso la empresa Glassvit suministre la ingeniería básica, especificando los espesores requeridos, el fabricante se limitará a verificar que los espesores de cálculo, adicionada la tolerancia por corrosión, no superen los valores solicitados, ya que ésta es una responsabilidad de la que nunca podrá ser eximido, aunque los cálculos hayan sido entregados por el Departamento de producción de Glassvit como el adquirente.

El proyecto debe contar con la planilla de datos básicos de diseño:

- Plano constructivo
- Memorias de cálculo de envolvente, cabezales y demás componentes que en cada caso corresponda incluir.
- Lista de materiales
- Planilla de calificación del(los) procedimiento(s) de soldadura, avalados por Inspector Nivelado
- Certificado de calificación de habilidad de los Soldadores/Operadores
- Programa de Fabricación y Plan de Inspecciones previsto para el control de fabricación.
- Documentación requerida para que, junto con los respaldos del control de fabricación, permita tramitar la aprobación del recipiente ante el ente Estatal que corresponda.

## **B. DISEÑO**

La Sección VIII Div. 1 y Div. 2 del Código, son parte de los denominados Códigos de Construcción de ASME. Los mismos contienen todo lo concerniente al diseño, la fabricación y el correspondiente control. También hacen referencia a las fuentes de consulta sobre aspectos específicos tales como materiales, soldaduras y ensayos no destructivos, a los que denomina Códigos de Referencia. Estos son:

- Secc.II: Materiales
- Secc.V: Ensayos no Destructivos
- Secc.IX: Calificación de Soldaduras



Si bien, en la gran mayoría de los casos se diseña y fabrica bajo la Secc VIII Div1, también se dispone de la Div 2: Reglas Alternativas; esta norma permite el diseño por Análisis de Tensiones, resultando muy necesaria para el cálculo de grandes recipientes, espesores gruesos de pared, condiciones de servicio severas, entre otras.

### C. FABRICACIÓN

1. Alcance del suministro: Es criterio generalizado entre los adquirentes de recipientes a presión que conocen y exigen la aplicación de Normas Internacionales, incluir en su requerimiento el alcance siguiente:

- Recipiente completo construido conforme a las especificaciones, técnicas particulares y generales incluidas en la documentación.
- El suministro, como mínimo alcanza hasta los elementos de conexión externa vinculados por soldadura al recipiente, tal como lo son las conexiones bridadas y roscadas.
- Bocas de inspección o control tales como manhole, entrada de mano y cualquier otro tipo de abertura para esas finalidades.
- Aditamentos externos requeridos para la sustentación del recipiente, tales como cunas, patas, faldones bridados, etc.
- Aditamentos internos indicados en planos como soldados directamente al interior de la envolvente.
- Elementos necesarios para el transporte y movimientos, tales como orejas o cáncamos de izaje.
- Certificados del fabricante de la chapa o de ensayos locales requeridos por normas para constatar la calidad del material.
- Procedimientos de soldadura calificados por especialista nivelado y soldadores con habilidad certificada y vigente.
- Pruebas y ensayos requeridos por norma, tales como: prueba hidráulica, tratamiento térmico en los casos en que fuera requerido, radiografiado de soldaduras y todo otro ensayo no destructivo que hubiere sido preestablecido ó que a criterio del Inspector del Adquirente, resultara procedente para evaluar posibles defectos de fabricación.



- Placa de Identificación del recipiente, con los datos de norma y su correspondiente soporte.
- Trabajos de limpieza y pintura de todas las superficies exteriores ó revestimientos interiores que se hubieren acordado.
- Preparación para el transporte, carga sobre camión en el Taller del Fabricante y transporte hasta la Planta del Adquirente si así hubiere sido acordado.
- Todo otro o suministro que, aunque no estuviere explícitamente indicado, resulte necesario para una fabricación acorde a la norma constructiva aplicada y a las mejores reglas del arte.

## 2. Detalles constructivos:

- El fabricante o el interesado en el recipiente deberá desarrollar los planos constructivos necesarios a partir de la documentación de diseño.
- Las envolventes deberán ser roladas con un diámetro coincidente con el de transición de los cabezales.
- Los cordones longitudinales de las envolventes serán ubicados de manera de no ser afectados por aberturas, placas de refuerzo, cunas de apoyo, etc.
- Para los cordones circunferenciales son válidas las mismas consideraciones pero, si una interferencia es inevitable, el cordón será rebajado a ras de la chapa y examinado radiográficamente previo a la colocación del refuerzo.
- No se permitirá ninguna conexión roscada directamente sobre la envolvente o cabezales, cualquiera fuere su espesor.
- Toda conexión que no se prolongue hacia el interior del tanque, terminará a ras de la cara interna y la soldadura se efectuará con penetración completa.
- Los refuerzos de conexiones y entradas de hombre, deberán ser calculados conforme lo especifica el Código. El material del refuerzo será el mismo tipo de acero que el utilizado en el recipiente.
- Los bordes interiores de las manhole o handhole, serán amoladas con un radio mínimo de 6 mm.
- Para conexiones de  $\varnothing 2''$  ó menores, es recomendable la utilización de cuplas ó medias cuplas forjadas de serie 3000 como mínimo; las de  $2\frac{1}{2}''$  y mayores deberán ser bridadas de tipo SORF de Serie 150 como mínimo y para servicios de mayor presión, el tipo WNRF de la Serie que corresponda. Los





cuellos de conexión para diámetros menores a 1 1/2" serán sch 80 y la conexión al cuerpo se realizará por accesorios socked weld.

- Todos los agujeros para los bulones de bridas, quedarán a horcajadas de los ejes principales del recipiente, salvo especificación en contrario.
- Los recipientes horizontales con 2 cunas de apoyo soldadas al cuerpo, deberán tener el anclaje de una de ellas con correderas para permitir la dilatación por temperatura.

### 3. Soldaduras:

- El Fabricante no podrá comenzar a soldar hasta que los WPS sean aprobados por la Inspección del Adquirente.
- Todas las soldaduras se realizarán en un todo de acuerdo con las normas A.W.S. (American Welding Society) en cuanto a los materiales de aporte utilizados y con el Código ASME Sección VIII y IX en lo referente a métodos y procedimientos de soldadura.
- Para la soldadura de envolvente y casquetes se utilizará la forma "a tope" de penetración y fusión completa. El procedimiento de soldadura más moderno, seguro y rápido es el de Arco Sumergido (S.A.W) o soldadura Automática.
- Una de las prácticas más comunes para soldadura de ambos lados es, con bisel en X (2/3 ext./1/3 int.), realizando desde la cara interna la soldadura que hará de respaldo al S.A.W . Este respaldo, se realizará mediante procedimiento manual con electrodo revestido (S.M.A.W.).
- Si no es posible el acceso al interior del tanque, se utilizará bisel del tipo "V", para soldar totalmente desde el exterior. Para este tipo de soldadura, es imprescindible utilizar un procedimiento adecuado que asegure la completa penetración; a este efecto, la raíz se efectuará preferentemente con el procedimiento TIG (G.T.A.W.) o bien con S.M.A.W. utilizando el electrodo celulósico 6010. En todos los casos, los procedimientos, siempre deberán estar calificados bajo ASME IX. Las restantes uniones menores (conexiones, refuerzos, etc) podrán realizarse con S.M.A.W o G.M.A.W., utilizando material de aporte acorde a lo especificado por A.W.S.
- Para cada forma y tipo de junta que se adopte y según sea el grado de control radiográfico que se efectúe, el Código ASME establece el valor de la



eficiencia de junta E que interviene en el denominador de la fórmula de cálculo del espesor de pared del recipiente. Para el mismo tipo de junta, a mayor control mayor será el E permitido y consecuentemente, menor será el espesor mínimo requerido (UW-12 ASME VIII Div.1).

## 4.2. DATOS DE DISEÑO

### 4.2.1. SELECCIÓN DE MATERIALES

Las empresas que se dedican a la construcción de recipientes a presión en el país han adquirido experiencia a lo largo de los años, y tienen claro cuáles son los materiales precisos para cada proyecto.

Al realizar la selección de materiales, debemos tener en cuenta que un material de gran resistencia no debe ser necesariamente utilizado para todos los elementos del recipiente, ya que cada elemento necesita un esfuerzo admisible determinado, lo que permite variar de material y evitar el despilfarro en materiales más costosos. Junto con la investigación que se ha realizado, con relación a la utilización de nuevos materiales y aleaciones, hemos decidido utilizar los siguientes materiales.

**Tabla 4.1** Descripción de materiales

ELEMENTO	MATERIAL	RESISTENCIA A TENSIÓN (ksi)
<b>Cuerpo</b>	ASME SA 516 70	70
<b>Boquillas</b>	ASME SA 105/ SA 516 70	75-85
<b>Placa de soporte</b>	ASME SA 516 70	70
<b>Tapas</b>	ASME SA 516 70	70
<b>Brida</b>	ASME SA-105	75-86
<b>Silletas de apoyo</b>	ASME SA 36	58-80
<b>Orejas de izaje</b>	ASME SA 516 70	70
<b>Pernos</b>	ASME SA 194 2H	125
<b>Espárragos</b>	ASME SA 193 B7	105

**Fuente:** MARTINEZ J. Normas de construcción de recipientes a presión: guía del código ASME, sección viii. División 1. 1ra ed., 2008



### 4.3. CÁLCULOS DEL CUERPO

**Tabla 4.2** Datos del cuerpo del autoclave

Parámetros	Medidas SI	Medidas Inglesas
Diámetro interno	2000 mm	78,74 inch
Longitud	3000 mm	118,1 inch
Temperatura de Diseño		150 °F
Presión de Diseño		180 PSI
Tipo de junta longitudinal	0,85	
Tipo de junta circunferencial	1	

#### 4.3.1. ESFUERZOS CIRCUNFERENCIALES

$$t = \frac{P \times R}{(S \times E - 0.6 \times P)}$$

$$t = 0,362 \text{ inch}$$

$$t_{req} = t + CA = 0,362 \text{ inch}$$

P =	182,84	psi
R =	39,37	inch
S =	20000	psi
E =	1	
CA =	0	inch

Espesor Nominal: 0,5 inch

#### 4.3.2. ESFUERZOS LONGITUDINALES

$$t = \frac{P \times R}{(2S \times E + 0.4 \times P)}$$

$$t = 0,2113 \text{ inch}$$

$$t_{req} = t + CA = 0,2113 \text{ inch}$$

P =	182,84	psi
R =	39,37	inch
S =	20000	psi
E =	0,85	
CA =	0	inch

Espesor Nominal: 0,5 inch

#### 4.3.3. TRATAMIENTO TÉRMICO

$$R_o = \infty$$

$$R_f = 39,62$$



$$\% \text{ Alargamiento de fibra externa de cilindro} = 50t \frac{\left(1 - \frac{Rf}{Ro}\right)}{Rf}$$

$$\% \text{ Alargamiento de fibra externa de cilindro} = 0,631\%$$

Si % > 5%, y una de las siguientes relaciones es afirmativa entonces se requiere Tratamiento Térmico:

- 1.- El recipiente contendrá substancias letales líquidas o gaseosas
- 2.- El material requiere pruebas de impacto
- 3.- El espesor de la parte antes formadas en frío excede 5/8"
- 4.- La reducción a la formación en frío del espesor laminado es mayor que 10%
- 5.- La temperatura del material durante la formación esté en el rango de 250°F a 900°F

Ya que el alargamiento de la fibra no supera el 5%, y ninguna de las anteriores afirmaciones cumplen con el recipiente del presente proyecto, se puede concluir:

**El cuerpo del recipiente no necesita tratamiento térmico.**

#### 4.4. CÁLCULOS DE CABEZAS

##### 4.4.1. SELECCIÓN DE TIPO DE CABEZA

El tipo de cabeza seleccionada es Toriesférica

$$L/r = 3000 / 1000 = 3 \implies L/r < 16^{2/3}$$

$$M = \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{L}{r}} \right)$$

$$M = 1,469$$

$$t = \frac{P * L * M}{2 * S * E - 0,2 * P} + CA$$

$$t = 0,265 \text{ inch}$$

$$t_{req} = t + CA = 0,265 \text{ inch}$$

Espesor Nominal: 0,5 inch

P =	182,84	psi
R =	39,37	inch
r =	4,764	inch
L =	39,37	inch
S =	20000	psi
CA =	0	inch
E =	1	



#### 4.4.2. ELONGACIÓN

$$R_f = 5,0138$$

$$R_o = \infty$$

$$\% \text{ Elongación de fibra externa} = \frac{75t}{R_f} \left(1 - \frac{R_f}{R_o}\right)$$

$$\% \text{ Elongación de fibra externa} = 7,48\%$$

Si % > 5%, y una de las siguientes relaciones es afirmativa entonces se requiere Tratamiento Térmico.

#### 4.4.3. PORCENTAJE DE CONFORMADO EN FRÍO

$$t \text{ nominal} = 0,500 \text{ inch}$$

$$t \text{ mínimo} = 0,457 \text{ inch}$$

$$\% \text{ de formación} = 100 \times \frac{(t_{nomi} - t_{min})}{t_{min}}$$

$$\% \text{ de formación} = 8,6\%$$

Si % > 10%, y una de las siguientes relaciones es afirmativa entonces se requiere Tratamiento Térmico:

- 1.- El recipiente contendrá sustancias letales líquidas o gaseosas
- 2.- El material requiere pruebas de impacto
- 3.- El espesor de la parte antes formadas en frío excede 5/8"
- 4.- La reducción a la formación en frío del espesor laminado es mayor que 10%
- 5.- La temperatura del material durante la formación esté en el rango de 250°F a 900°F

Ya que el porcentaje de formación no supera el 10%, y ninguna de las anteriores afirmaciones cumplen con el recipiente del presente proyecto, se puede concluir:

**En las cabezas no es necesario un Tratamiento Post-soldadura.**



## 4.5. PRUEBA HIDROSTÁTICA

### 4.5.1. CÁLCULO DE PRESIÓN DE PRUEBA

$$P_h = 1,3 \times MAWP \times \frac{\sigma_p}{\sigma_d}$$

Esfuerzo a temperatura de prueba: 20000 psi

Esfuerzo a temperatura de diseño: 20000 psi

$$\frac{\sigma_p}{\sigma_d} = 1$$

$$P_h = 234 \text{ PSI}$$

### 4.5.2. CÁLCULO DE MAWP

#### 4.5.2.1. Cuerpo:

Juntas Longitudinales:

$$P = \frac{S * E * t}{R + 0,6 * t}$$

$$P = 252,08 \text{ psi}$$

Juntas Circunferenciales:

$$P = \frac{2 * S * E * t}{R - 0,4 * t}$$

$$P = 434 \text{ psi}$$

#### 4.5.2.2. Cabeza:

Toriesférica:

$$P = \frac{2 * S * E * t}{L * M + 0,2 * t}$$

$$P = 345,29 \text{ psi}$$

## 4.6. OREJAS DE IZAJE

### 4.6.1. DIMENSIONES DE OREJAS

Tabla 4.3 Datos de oreja de izaje

Peso del Tanque (Lb.)	D (IN)	T (IN)	R (IN)	H (IN)	L (IN)	h (IN)	Weld
11898,23	1,38	0,5	2,17	5,9	9,8	1,50	Filete de 10mm

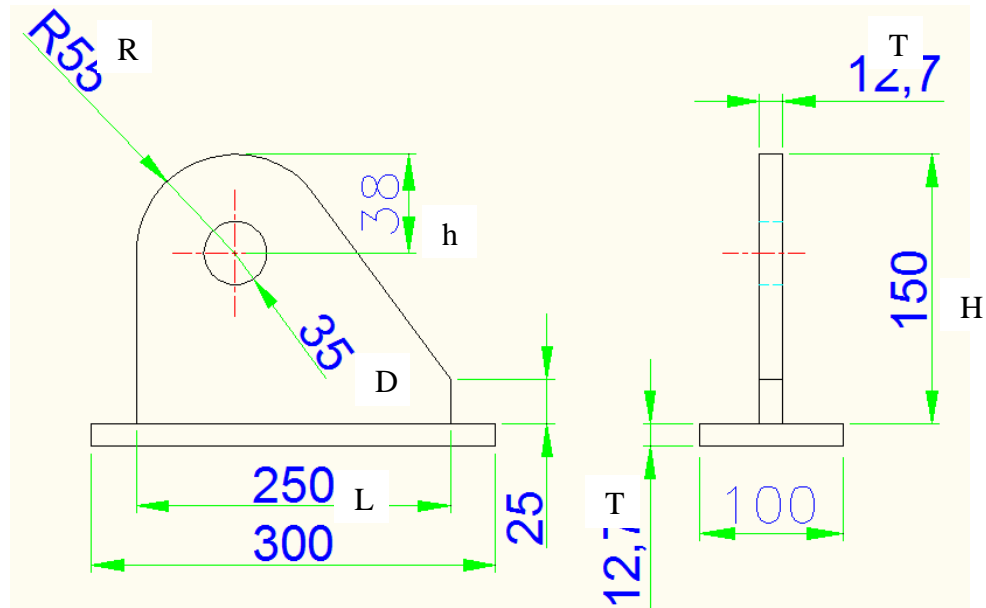


Fig. 4.2 Diagrama de oreja

Peso del Recipiente P=	11.898,23	lb.
Factor de seguridad FS=	2	
Esfuerzo de Fluencia Fy=	38000	psi
Material =	SA-516-70	

Máximo esfuerzo admisible en corte:  $\tau_{\max} = 0,45 * Fy$

$$\tau_{\max} = 17100 \text{ psi}$$

$$\text{Esfuerzo de corte: } \tau = \frac{V}{A} \gg \gg A = \frac{V}{\tau}$$

$$V = FS * P / 2 = 11898,2 \text{ lb.}$$

$$\text{Área requerida: } A = 0,696 \text{ inch}^2$$

$$\text{Espesor requerido } e = A = h * e \gg \gg e = \frac{A}{h} \quad e = 0,465 \text{ inch}$$

Espesor actual e1= 0,5 inch

**e1 > e Espesor aprobado**



**4.6.2. TAMAÑO DE FILETE DE OREJAS**

**Tabla 4.4** Especificaciones de filete de orejas

Esfuerzo cortante de E7018 = $0,3 \cdot F_u$	21000	Psi
Pie de soldadura =	0,394	inch
Largo de la soldadura =	20,68	inch
Esfuerzo de tensión del E7018 =	70000	Psi
FS =	1,5	

F = Carga permitida en filete de orejas soldadas

$F = 0,7 \times \text{Pie de soldadura} \times \text{largo filete} \times 0,49 \times \text{esfuerzo cortante de material} / \text{FS}$

F = 39096,6 lb.

Peso del tanque= 11898,2 lb.

**F > Peso   »»» Dimensiones de filete aprobadas**

**4.6.3. VERIFICACIÓN DE TAMAÑO DE FILETES INTERNOS**

**Tabla 4.5** Especificaciones de filete interno

Esfuerzo cortante de E7018 = $0,3 \cdot F_y$	21000	Psi
Pie de soldadura =	0,315	inch
Largo de la soldadura =	61,34	inch
Esfuerzo de tensión del E7018 =	70000	Psi

F = Carga permitida en soldadura interna

$F = 0,7 \times \text{Pie de soldadura} \times \text{largo filete} \times 0,49 \times \text{esfuerzo cortante de material}$

F = 27831,94 lb.

F1 = 20358,0 lb.

**F > F1   »»» Dimensiones de filete aprobada**



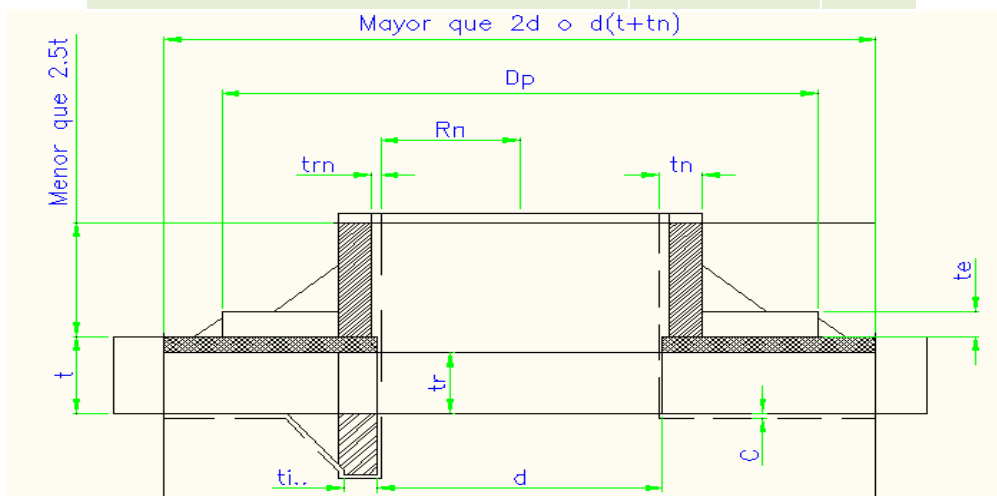
### 4.7. CÁLCULO DE REFORZAMIENTO DE BOQUILLAS

Para el cálculo de reforzamientos en las áreas de soldadura, tamaño de soldadura y, espesores de boquillas y soldaduras, en todos los acoplamientos, se ha separado el desarrollo del mismo en diferentes parámetros, indicando la denominación de cada boquilla y sus respectivos datos.

#### 4.7.1. DATOS DE DISEÑO

**Tabla 4.6** Datos del recipiente

DATOS DEL CUERPO CILÍNDRICO			
Presión de diseño	P =	182,84	Psi
Temperatura de diseño	T =	100	°F
Diámetro exterior cuerpo/cabeza	OD=	79,74	plg
Material del cuerpo	Mat.=	SA-516-70	
Esfuerzo permitido material cuerpo	$S_v$ =	20000	Psi
Eficiencia junta cuerpo	E =	1	
Espesor del cuerpo	$t_c$ =	0,5	plg
Diámetro interior cuerpo/cabeza	ID=	78,74	Plg
DATOS DE LA CABEZA			
Material de la cabeza	Mat.=	SA-516-70	
Esfuerzo permitido material cabeza	$S_h$ =	20000	Psi
Eficiencia de junta cabeza	E =	1	
Espesor de cabeza	$t_{cab}$ =	0,5	plg



**Fig. 4.3** Gráfico de boquilla y reforzamiento

Fuente: Planos de AutoCAD de diseño



**Descripción general de Boquillas:**

**Tabla 4.7** Descripción de boquillas

Bocas	Cantidad	NPS	Servicio
N1	1	Ø1-1/2"	Entrada de aire
N2	1	Ø1-1/2"	Salida de aire
N3	1	Ø1"	Entrada de agua
N4	1	Ø1"	Salida de agua
N5	2	Ø1-1/2"	Válvula de seguridad
N6	1	Ø2"	Disco de ruptura
N7	2	Ø3/4"	Termocupla
N8	1	Ø1/2"	Manómetro
N9	3	Ø3/4"	Entradas eléctricas
N10	16	Ø1/2"	Vacío
N11	14	Ø1-1/4"	Resistencias eléctricas
N12	1	Ø1/2"	Drenaje
N13	1	Ø6"	Entrada eje ventilador
N14	1	Ø1/2"	Termómetro

**Descripción individual de boquillas:**

**Tabla 4.8** Descripción específica boquillas N1, N2, N5

Boquilla Nº	N1, N2, N5	
Ubicación	Cuerpo	
Diámetro Nominal	1,5	plg
Diámetro exterior Boquilla	$D_o =$ 2,5	plg
Espesor de boquilla	$e =$ 0,3	plg
Diámetro interior de boquilla	$D_i =$ 1,9	plg
Corrosión de boquilla	$C_n =$ 0	plg
Material de boquilla	$Mat. =$ SA-105	
Esfuerzo permitido de boquilla	$S_n =$ 20000	Psi
Eficiencia de junta de boquilla	$E_n =$ 1	



d =	1,900	plg
F =	1	
fr1 = $S_r/S_v$	1	
fr2 = $S_r/S_v$	1	
Cordón de soldadura 4-1 =	0,354	plg
Cordón de soldadura 4-3 =	0,354	plg

**Tabla 4.9** Descripción específica boquillas N3, N4

Boquilla Nº	N3, N4	
Ubicación	Cuerpo	
Diámetro Nominal	1	plg
Diámetro exterior Boquilla $D_o =$	1,75	plg
Espesor de boquilla $e =$	0,218	plg
Diámetro interior de boquilla $D_i =$	1,315	plg
Corrosión de boquilla $C_n =$	0	plg
Material de boquilla $Mat. =$	SA-105	
Esfuerzo permitido de boquilla $S_n =$	20000	Psi
Eficiencia de junta de boquilla $E_n =$	1	
d =	1,315	plg
F =	1	
fr1 = $S_r/S_v$	1	
fr2 = $S_r/S_v$	1	
Cordón de soldadura 4-1 =	0,472	plg
Cordón de soldadura 4-3 =	0,472	plg



**Tabla 4.10** Descripción específica boquillas N6

Boquilla Nº	N6	
Ubicación	Cuerpo	
Diámetro Nominal	2	plg
Diámetro exterior Boquilla	$D_o = 2,375$	plg
Espesor de boquilla	$e = 0,218$	plg
Diámetro interior de boquilla	$D_i = 1,939$	plg
Corrosión de boquilla	$C_n = 0$	plg
Material de boquilla	Mat.= SA-106-B	
Esfuerzo permitido de boquilla	$S_n = 16100$	Psi
Eficiencia de junta de boquilla	$E_n = 1$	
	$d = 1,939$	plg
	$F = 1$	
	$fr1 = S_r/S_v$	0,805
	$fr2 = S_r/S_v$	0,805
	Cordón de soldadura 4-1 =	0,472 plg
	Cordón de soldadura 4-3 =	0,472 plg

**Tabla 4.11** Descripción específica boquillas N7, N9

Boquilla Nº	N7, N9	
Ubicación	Cuerpo	
Diámetro Nominal	0,75	plg
Diámetro exterior Boquilla	$D_o = 1,380$	plg
Espesor de boquilla	$e = 0,165$	plg
Diámetro interior de boquilla	$D_i = 1,05$	plg
Corrosión de boquilla	$C_n = 0$	plg
Material de boquilla	Mat.= SA-105	
Esfuerzo permitido de boquilla	$S_n = 20000$	Psi
Eficiencia de junta de boquilla	$E_n = 1$	



	$d =$	1,050	plg
	$F =$	1	
	$fr1 = S_n/S_v$	1	
	$fr2 = S_n/S_v$	1	
	Cordón de soldadura 4-1 =	0,472	plg
	Cordón de soldadura 4-3 =	0,472	plg

**Tabla 4.12** Descripción específica boquillas N8, N12

Boquilla Nº	N8, N12	
Ubicación	Cuerpo	
Diámetro Nominal	0,5	plg
Diámetro exterior Boquilla	$D_o =$	1,120 plg
Espesor de boquilla	$e =$	0,14 plg
Diámetro interior de boquilla	$D_i =$	0,84 plg
Corrosión de boquilla	$C_n =$	0 plg
Material de boquilla	Mat.=	SA-105
Esfuerzo permitido de boquilla	$S_n =$	20000 Psi
Eficiencia de junta de boquilla	$E_n =$	1
	$d =$	0,84 plg
	$F =$	1
	$fr1 = S_n/S_v$	1
	$fr2 = S_n/S_v$	1
	Cordón de soldadura 4-1 =	0,472 plg
	Cordón de soldadura 4-3 =	0,472 plg



**Tabla 4.13** Descripción específica boquillas N10

Boquilla Nº	N10	
Ubicación	Cuerpo	
Diámetro Nominal	0,5	plg
Diámetro exterior Boquilla	D <sub>o</sub> = 1,120	plg
Espesor de boquilla	e = 0,14	plg
Diámetro interior de boquilla	D <sub>i</sub> = 0,84	plg
Corrosión de boquilla	C <sub>n</sub> = 0	plg
Material de boquilla	Mat. = SA-105	
Esfuerzo permitido de boquilla	S <sub>n</sub> = 20000	Psi
Eficiencia de junta de boquilla	E <sub>n</sub> = 1	
	d = 1,012	plg
	F = 1	
	fr1 = S <sub>r</sub> /S <sub>v</sub>	1
	fr2 = S <sub>r</sub> /S <sub>v</sub>	1
	Cordón de soldadura 4-1 = 0,433	plg
	Cordón de soldadura 4-3 = 0,433	plg

Ri: radio interno de ubicación de boquilla N10 en condiciones de corrosión = 39,37 plg.

Cálculo de “d” de la Boquilla N10

Rm = Ri + tr/2	39,551 plg	$d = 2 * Rm * \sqrt{1 - \cos^2 \frac{\alpha}{2}}$
L =	22,047 plg	
Rn =	0,420 plg	

$$\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$$

$$\alpha = \alpha_2 - \alpha_1 = 1,466^\circ$$

$$\alpha_1 = \cos^{-1}\left(\frac{L + Rn}{Rm}\right)$$

$$\alpha_1 = 55,385^\circ$$

$$\alpha_2 = \cos^{-1}\left(\frac{L + Rn}{Rm}\right)$$

$$\alpha_2 = 56,851^\circ$$

$$d = 2 * Rm * \sqrt{1 - \cos^2 \frac{\alpha}{2}}$$

$$d = 1,0118 \text{ plg}$$



**Tabla 4.14** Descripción específica boquillas N11

Boquilla N°	N11	
Ubicación	Cabeza	
Diámetro Nominal	1,25	plg
Diámetro exterior Boquilla	D <sub>o</sub> = 2,25	plg
Espesor de boquilla	e = 1	plg
Diámetro interior de boquilla	D <sub>i</sub> = 1,66	plg
Corrosión de boquilla	C <sub>n</sub> = 0	plg
Material de boquilla	Mat.= SA-105	
Esfuerzo permitido de boquilla	S <sub>n</sub> = 20000	Psi
Eficiencia de junta de boquilla	E <sub>n</sub> = 1	
	d = 2,507	plg
	F = 1	
	fr1 = S <sub>n</sub> /S <sub>v</sub>	0,1
	fr2 = S <sub>n</sub> /S <sub>v</sub>	0,1
	Cordón de soldadura 4-1 =	0,787 plg
	Cordón de soldadura 4-3 =	0,787 plg

Ri: radio interno de ubicación de boquilla N11 en condiciones de corrosión = 47,441 plg

Cálculo de “d” de la Boquilla N11

Rm = Ri + tr/2	47,56 plg	$d = 2 * Rm * \sqrt{1 - \cos^2 \frac{\alpha}{2}}$
L =	35,63 plg	
Rn=	0,83 plg	

$$\alpha = \alpha_2 - \alpha_1 \quad \alpha = \alpha_2 - \alpha_1 = 3,021^\circ$$

$$\alpha_1 = \cos^{-1}\left(\frac{L + Rn}{Rm}\right) \quad \alpha_1 = 39,946^\circ$$

$$\alpha_2 = \cos^{-1}\left(\frac{L + Rn}{Rm}\right) \quad \alpha_2 = 42,967^\circ$$

$$d = 2 * Rm * \sqrt{1 - \cos^2 \frac{\alpha}{2}}$$

d = 2,507 plg



**Tabla 4.15** Descripción específica boquillas N13

Boquilla N°		N13	
Ubicación		Cabeza	
Diámetro Nominal		6	plg
Diámetro exterior Boquilla	D <sub>o</sub> =	6,63	plg
Espesor de boquilla	e =	0,432	plg
Diámetro interior de boquilla	D <sub>i</sub> =	5,761	plg
Corrosión de boquilla	C <sub>n</sub> =	0	plg
Material de boquilla	Mat.=	SA-106-b	
Esfuerzo permitido de boquilla	S <sub>n</sub> =	17100	Psi
Eficiencia de junta de boquilla	E <sub>n</sub> =	1	
	d =	5,761	plg
	F =	1	
	fr1 = S <sub>n</sub> /S <sub>v</sub>	0,855	
	fr2 = S <sub>n</sub> /S <sub>v</sub>	0,855	
	Cordón de soldadura 4-1 =	0,472	plg
	Cordón de soldadura 4-3 =	0,472	plg

Ri: radio interno de ubicación de boquilla N13 en condiciones de corrosión = 47,441 plg

Cálculo de “d” de la Boquilla N13

Rm = Ri + tr/2	47,56 plg	$d = 2 * Rm * \sqrt{1 - \cos^2 \frac{\alpha}{2}}$
L =	0 plg	
Rn=	2,881 plg	

$$\alpha = \alpha_2 - \alpha_1 \qquad \alpha = \alpha_2 - \alpha_1 = 6,945^\circ$$

$$\alpha_1 = \cos^{-1}\left(\frac{L + Rn}{Rm}\right) \qquad \alpha_1 = 86,528^\circ$$

$$\alpha_2 = \cos^{-1}\left(\frac{L + Rn}{Rm}\right) \qquad \alpha_2 = 93,472^\circ$$

$$d = 2 * Rm * \sqrt{1 - \cos^2 \frac{\alpha}{2}}$$

d = 2,507 plg





#### 4.7.2. ESPESOR DE CUERPO REQUERIDO

##### Boquillas N1, N2, N5:

$$t_r = \frac{P * R}{(S_v * E - 0.6 * P)}$$

$$t_r = 0,361 \text{ plg}$$

$$t = 0,500 \text{ plg}$$

##### Boquillas N3, N4:

$$t_r = \frac{P * R}{(S_v * E - 0.6 * P)}$$

$$t_r = 0,361 \text{ plg}$$

$$t = 0,500 \text{ plg}$$

##### Boquillas N6:

$$t_r = \frac{P * R}{(S_v * E - 0.6 * P)}$$

$$t_r = 0,362 \text{ plg}$$

$$t = 0,500 \text{ plg}$$

##### Boquillas N7, N9:

$$t_r = \frac{P * R}{(S_v * E - 0.6 * P)}$$

$$t_r = 0,362 \text{ plg}$$

$$t = 0,500 \text{ plg}$$

##### Boquillas N8, N12:

$$t_r = \frac{P * R}{(S_v * E - 0.6 * P)}$$

$$t_r = 0,362 \text{ plg}$$

$$t = 0,500 \text{ plg}$$



**Boquillas N10:**

$$t_r = \frac{P * R}{(S_v * E - 0.6 * P)}$$

$t_r = 0,362$  plg

$t = 0,500$  plg

**Boquillas N11:**

Toriesférico :

$$t_r = \frac{P * L * M}{(2S_{cab} * E - 0.2 * P)}$$

$t_r = 0,234$  plg

$t = 0,500$  plg

L =	44,00	plg
M =	1,160	plg
tr =	0,234	plg

**Boquillas N13:**

Toriesférico :

$$t_r = \frac{P * L * M}{(2S_{cab} * E - 0.2 * P)}$$

$t_r = 0,234$  plg

$t = 0,500$  plg

L =	44,00	plg
M =	1,160	plg
tr =	0,234	plg



### 4.7.3. ESPESOR DE CUELLO DE BOQUILLA

#### Boquillas N1, N2, N5:

$$t_m = \frac{P * R}{(S_n * E - 0.6 * P)}$$

$$t_m = 0,0087 \text{ plg}$$

$$t_n = 0,300 \text{ plg}$$

#### Boquillas N3, N4:

$$t_m = \frac{P * R_o}{(S_n * E + 0,4 * P)}$$

$$t_m = 0,008 \text{ plg}$$

$$t_n = 0,218 \text{ plg}$$

#### Boquillas N6:

$$t_m = \frac{P * R_o}{(S_n * E + 0,4 * P)}$$

$$t_m = 0,013 \text{ plg}$$

$$t_n = 0,218 \text{ plg}$$

#### Boquillas N7, N9:

$$t_m = \frac{P * R_o}{(S_n * E + 0,4 * P)}$$

$$t_m = 0,006 \text{ plg}$$

$$t_n = 0,165 \text{ plg}$$

#### Boquillas N8, N12:

$$t_m = \frac{P * R_o}{(S_n * E + 0,4 * P)}$$

$$t_m = 0,005 \text{ plg}$$

$$t_n = 0,140 \text{ plg}$$

**Boquillas N10:**

$$t_m = \frac{P * R_o}{(S_n * E + 0,4 * P)}$$

$$t_m = 0,004 \text{ plg}$$

$$t_n = 0,140 \text{ plg}$$

**Boquillas N11:**

$$t_m = \frac{P * R_o}{(S_n * E - 0,6 * P)}$$

$$t_m = 0,0803 \text{ plg}$$

$$t_n = 0,295 \text{ plg}$$

**Boquillas N13:**

$$t_m = \frac{P * R_o}{(S_n * E - 0,6 * P)}$$

$$t_m = 0,031 \text{ plg}$$

$$t_n = 0,432 \text{ plg}$$

#### 4.7.4. CÁLCULO DE ÁREAS DE REFORZAMIENTO

##### Boquillas N1, N2, N5:

Área requerida:

$$A = d * t_r$$

$$A = 0,686 \text{ plg}^2$$

1.- Exceso de espesor en la pared del recipiente:

Se escoge el área mayor:

$$A1 = (t - t_r)d \quad A1 = 0,264$$

$$A1 = (t - t_r)(t_n + t)2 \quad A1 = 0,222$$

El área seleccionada es  $A1 = 0,264 \text{ plg}^2$

2.- Exceso de espesor en la proyección externa de la boca:

Se escoge el área menor:

$$A2 = (t_n - t_m)5t \quad A2 = 0,728$$

$$A2 = (t_n - t_m)5t_n \quad A2 = 0,437$$

El área seleccionada es  $A2 = 0,437 \text{ plg}^2$

3.- Exceso de espesor en la proyección interna de la boca:

$$A3 = t_n * 2h$$

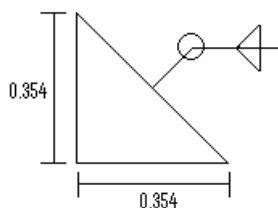
$$h = 2,5t \quad h = 1,250$$

$$h = 2,5t_n \quad h = 0,750$$

Se escoge el menor valor de  $h = 0,75 \text{ plg}$

El área es  $A3 = 0,450 \text{ plg}^2$

4.- Área disponible en las soldaduras:



$$A4 = 4 * \frac{(b * h)}{2}$$

$$A4 = 4 * \frac{(0,354 * 0,354)}{2}$$

El área es  $A4 = 0,251 \text{ plg}^2$

**Boquillas N10:**

Área requerida:

$$A = d * t_r$$

$$A = 0,366 \text{ plg}^2$$

1.- Exceso de espesor en la pared del recipiente:

Se escoge el área mayor:

$$A1 = (t - t_r)d \quad A1 = 0,140$$

$$A1 = (t - t_r)(t_n + t)2 \quad A1 = 0,177$$

El área seleccionada es  $A1 = 0,177 \text{ plg}^2$

2.- Exceso de espesor en la proyección externa de la boca:

Se escoge el área menor:

$$A2 = (t_n - t_m)5t \quad A2 = 0,340$$

$$A2 = (t_n - t_m)5t_n \quad A2 = 0,095$$

El área seleccionada es  $A2 = 0,095 \text{ plg}^2$

3.- Exceso de espesor en la proyección interna de la boca:

$$A3 = t_n * 2h$$

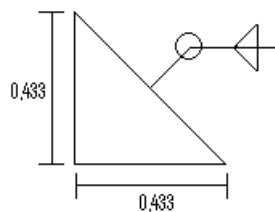
$$h = 2,5t \quad h = 1,250$$

$$h = 2,5t_n \quad h = 0,350$$

Se escoge el menor valor de  $h = 0,35 \text{ plg}$

El área es  $A3 = 0,098 \text{ plg}^2$

4.- Área disponible en las soldaduras:



$$A4 = 4 * \frac{(b * h)}{2}$$

$$A4 = 4 * \frac{(0,433 * 0,433)}{2}$$

El área es  $A4 = 0,37 \text{ plg}^2$

**Boquillas N11:**

Área requerida:

$$A = d * t_r$$

$$A = 0,710 \text{ plg}^2$$

1.- Exceso de espesor en la pared del recipiente:

Se escoge el área mayor:

$$A1 = (t - t_r)d \quad A1 = 0,527$$

$$A1 = (t - t_r)(t_n + t)2 \quad A1 = 0,282$$

El área seleccionada es  $A1 = 0,527 \text{ plg}^2$

2.- Exceso de espesor en la proyección externa de la boca:

Se escoge el área menor:

$$A2 = (t_n - t_{rn})5t \quad A2 = 0,054$$

$$A2 = (t_n - t_{rn})5t_n \quad A2 = 0,032$$

El área seleccionada es  $A2 = 0,032 \text{ plg}^2$

3.- Exceso de espesor en la proyección interna de la boca:

$$A3 = t_n * 2h$$

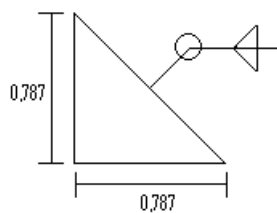
$$h = 2,5t \quad h = 1,250$$

$$h = 2,5t_n \quad h = 0,738$$

Se escoge el menor valor de  $h = 0,738 \text{ plg}$

El área es  $A3 = 0,044 \text{ plg}^2$

4.- Área disponible en las soldaduras:



$$A4 = 4 * \frac{(b * h)}{2}$$

$$A4 = 4 * \frac{(0,787 * 0,787)}{2}$$

El área es  $A4 = 1,24 \text{ plg}^2$

**Boquillas N13:**

Área requerida:

$$A = d * t_r$$

$$A = 1,375 \text{ plg}^2$$

1.- Exceso de espesor en la pared del recipiente:

Se escoge el área mayor:

$$A1 = (t - t_r)d \quad A1 = 1,502$$

$$A1 = (t - t_r)(t_n + t)2 \quad A1 = 0,463$$

El área seleccionada es  $A1 = 1,502 \text{ plg}^2$

2.- Exceso de espesor en la proyección externa de la boca:

Se escoge el área menor:

$$A2 = (t_n - t_{rn})5t \quad A2 = 0,857$$

$$A2 = (t_n - t_{rn})5t_n \quad A2 = 0,741$$

El área seleccionada es  $A2 = 0,741 \text{ plg}^2$

3.- Exceso de espesor en la proyección interna de la boca:

$$A3 = t_n * 2h$$

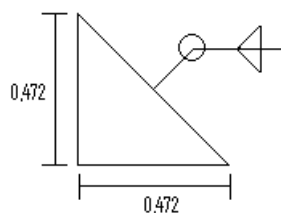
$$h = 2,5t \quad h = 1,250$$

$$h = 2,5t_n \quad h = 1,080$$

Se escoge el menor valor de  $h = 1,080 \text{ plg}$

El área es  $A3 = 0,798 \text{ plg}^2$

4.- Área disponible en las soldaduras:



$$A4 = 4 * \frac{(b * h)}{2}$$

$$A4 = 4 * \frac{(0,472 * 0,472)}{2}$$

El área es  $A4 = 1,24 \text{ plg}^2$





#### 4.7.5. ADICIÓN DE ÁREAS

##### **Boquillas N1, N2, N5:**

Total de áreas:  $AT = A1 + A2 + A3 + A4$

$$AT = 1.402 \text{ plg}^2$$

Área requerida:  $A = 0,686 \text{ plg}^2$

En conclusión no requiere refuerzo.

##### **Boquillas N10:**

Total de áreas:  $AT = A1 + A2 + A3 + A4$

$$AT = 0,697 \text{ plg}^2$$

Área requerida:  $A = 0,366 \text{ plg}^2$

En conclusión no requiere refuerzo.

##### **Boquillas N11:**

Total de áreas:  $AT = A1 + A2 + A3 + A4$

$$AT = 0,726 \text{ plg}^2$$

Área requerida:  $A = 0,710 \text{ plg}^2$

En conclusión no requiere refuerzo.

##### **Boquillas N13:**

Total de áreas:  $AT = A1 + A2 + A3 + A4$

$$AT = 3,422 \text{ plg}^2$$

Área requerida:  $A = 1,375 \text{ plg}^2$

En conclusión no requiere refuerzo.



**4.7.6. TAMAÑO DE SOLDADURAS (UW-16)**

**Boquillas N1, N2, N5:**

Proyección interior de filete soldado t2 = menor valor entre ta y tb:

- a)  $t_a = 0,7 \cdot t_{min}$
- b)  $t_b = \frac{1}{4}''$

Proyección interior de filete soldado t1 = menor valor entre ta y tb:

- c)  $t_a = 0,7 \cdot t_{min}$
- d)  $t_b = \frac{1}{4}''$

tmin =	0,30	plg
ta =	0,21	plg
tb =	0,25	plg

	Tamaños mínimos	Tamaños actuales	Estatus
t2 =	0,210 plg	t2 = 0,251 plg	Aprobado
t1 =	0,210 plg	t1 = 0,251 plg	Aprobado

No es necesario cambiar las dimensiones de la soldadura.

**Boquillas N3, N4:**

Proyección interior de filete soldado t2 = menor valor entre ta y tb:

- a)  $t_a = 0,7 \cdot t_{min}$
- b)  $t_b = \frac{1}{4}''$

Proyección interior de filete soldado t1 = menor valor entre ta y tb:

- c)  $t_a = 0,7 \cdot t_{min}$
- d)  $t_b = \frac{1}{4}''$

tmin =	0,218	plg
ta =	0,152	plg
tb =	0,25	plg

	Tamaños mínimos	Tamaños actuales	Estatus
t2 =	0,152 plg	t2 = 0,251 plg	Aprobado
t1 =	0,152 plg	t1 = 0,251 plg	Aprobado

No es necesario cambiar las dimensiones de la soldadura.



**Boquillas N6:**

Proyección interior de filete soldado  $t_2 =$  menor valor entre  $t_a$  y  $t_b$ :

a)  $t_a = 0,7 \cdot t_{min}$

b)  $t_b = \frac{1}{4}''$

Proyección interior de filete soldado  $t_1 =$  menor valor entre  $t_a$  y  $t_b$ :

c)  $t_a = 0,7 \cdot t_{min}$

d)  $t_b = \frac{1}{4}''$

$t_{min} =$	0,218	plg
$t_a =$	0,152	plg
$t_b =$	0,25	plg

Tamaños mínimos		Tamaños actuales		Estatus
$t_2 =$	0,152 plg	$t_2 =$	0,331 plg	Aprobado
$t_1 =$	0,152 plg	$t_1 =$	0,331 plg	Aprobado

No es necesario cambiar las dimensiones de la soldadura.

**Boquillas N7, N9:**

Proyección interior de filete soldado  $t_2 =$  menor valor entre  $t_a$  y  $t_b$ :

a)  $t_a = 0,7 \cdot t_{min}$

b)  $t_b = \frac{1}{4}''$

Proyección interior de filete soldado  $t_1 =$  menor valor entre  $t_a$  y  $t_b$ :

c)  $t_a = 0,7 \cdot t_{min}$

d)  $t_b = \frac{1}{4}''$

$t_{min} =$	0,165	plg
$t_a =$	0,116	plg
$t_b =$	0,25	plg

Tamaños mínimos		Tamaños actuales		Estatus
$t_2 =$	0,116 plg	$t_2 =$	0,331 plg	Aprobado
$t_1 =$	0,116 plg	$t_1 =$	0,331 plg	Aprobado

No es necesario cambiar las dimensiones de la soldadura.



**Boquillas N8, N12:**

Proyección interior de filete soldado  $t_2 =$  menor valor entre  $t_a$  y  $t_b$ :

a)  $t_a = 0,7 \cdot t_{min}$

b)  $t_b = \frac{1}{4}$ "

Proyección interior de filete soldado  $t_1 =$  menor valor entre  $t_a$  y  $t_b$ :

c)  $t_a = 0,7 \cdot t_{min}$

d)  $t_b = \frac{1}{4}$ "

$t_{min} =$	0,140	plg
$t_a =$	0,098	plg
$t_b =$	0,25	plg

Tamaños mínimos		Tamaños actuales		Estatus
$t_2 =$	0,098 plg	$t_2 =$	0,331 plg	Aprobado
$t_1 =$	0,098 plg	$t_1 =$	0,331 plg	Aprobado

No es necesario cambiar las dimensiones de la soldadura.

**Boquillas N10:**

Proyección interior de filete soldado  $t_2 =$  menor valor entre  $t_a$  y  $t_b$ :

a)  $t_a = 0,7 \cdot t_{min}$

b)  $t_b = \frac{1}{4}$ "

Proyección interior de filete soldado  $t_1 =$  menor valor entre  $t_a$  y  $t_b$ :

c)  $t_a = 0,7 \cdot t_{min}$

d)  $t_b = \frac{1}{4}$ "

CA =	0,125	plg
$t_{min} =$	0,140	plg
$t_a =$	0,098	plg
$t_b =$	0,25	plg

Tamaños mínimos		Tamaños actuales		Estatus
$t_2 =$	0,223 plg	$t_2 =$	0,306 plg	Aprobado
$t_1 =$	0,098 plg	$t_1 =$	0,306 plg	Aprobado

No es necesario cambiar las dimensiones de la soldadura.



**Boquillas N11:**

Proyección interior de filete soldado  $t_2 =$  menor valor entre  $t_a$  y  $t_b$ :

- a)  $t_a = 0,7 \cdot t_{min}$
- b)  $t_b = \frac{1}{4}$ "

Proyección interior de filete soldado  $t_1 =$  menor valor entre  $t_a$  y  $t_b$ :

- c)  $t_a = 0,7 \cdot t_{min}$
- d)  $t_b = \frac{1}{4}$ "

CA =	0,059	plg
$t_{min} =$	0,500	plg
$t_a =$	0,350	plg
$t_b =$	0,25	plg

Tamaños mínimos		Tamaños actuales		Estatus
$t_2 =$	0,309 plg	$t_2 =$	0,557 plg	Aprobado
$t_1 =$	0,250 plg	$t_1 =$	0,557 plg	Aprobado

No es necesario cambiar las dimensiones de la soldadura.

**Boquillas N13:**

Proyección interior de filete soldado  $t_2 =$  menor valor entre  $t_a$  y  $t_b$ :

- a)  $t_a = 0,7 \cdot t_{min}$
- b)  $t_b = \frac{1}{4}$ "

Proyección interior de filete soldado  $t_1 =$  menor valor entre  $t_a$  y  $t_b$ :

- c)  $t_a = 0,7 \cdot t_{min}$
- d)  $t_b = \frac{1}{4}$ "

CA =	0,059	plg
$t_{min} =$	0,500	plg
$t_a =$	0,350	plg
$t_b =$	0,25	plg

Tamaños mínimos		Tamaños actuales		Estatus
$t_2 =$	0,309 plg	$t_2 =$	0,334 plg	Aprobado
$t_1 =$	0,250 plg	$t_1 =$	0,334 plg	Aprobado

No es necesario cambiar las dimensiones de la soldadura.



**4.7.7. CÁLCULO DE ESPESOR EN BOQUILLA (UG-45)**

**Boquillas N1, N2, N5:**

**Tabla 4.16** Descripción espesor de boquillas N1, N2, N5

Boquilla Nº	N1, N2, N5	
Ubicación	Cuerpo	
Diámetro Nominal	1,5	plg
Diámetro exterior Boquilla $D_o =$	2,5	plg
Espesor de boquilla $E =$	1,0	plg
Diámetro interior de boquilla $D_i =$	1,9	plg
Espesor de tubería estándar	0,145	plg
Espesor de boquilla requerida $T_a =$	0,009	plg
T1 (espesor requerido del cuerpo) =	0,361	plg
T2 (espesor mínimo tubería STD) (Esp Std – 12,5%Esp Std + CA)=	0,127	plg
Tb (usar menor valor entre T1 y T2)	0,127	plg
Mín Esp Req de la boquilla (Mayor entre $T_a$ y $T_b$ ) =	0,127	plg

Valor mínimo requerido de espesor de boquilla: 0,127 plg

Valor actual: 0,263 plg

Resultados: El acoplamiento es aprobado debido a que el espesor actual es mayor que el requerido.

**Boquillas N3, N4:**

**Tabla 4.17** Descripción espesor de boquillas N3, N4

Boquilla Nº	N3, N4	
Ubicación	Cuerpo	
Diámetro Nominal	1,0	plg
Diámetro exterior Boquilla $D_o =$	1,75	plg
Espesor de boquilla $E =$	1,00	plg
Diámetro interior de boquilla $D_i =$	1,3	plg
Espesor de tubería estándar	0,133	plg



Espesor de boquilla requerida $T_a =$	0,008	plg
T1 (espesor requerido del cuerpo) =	0,362	plg
T2 (espesor mínimo tubería STD) (Esp Std – 12,5%Esp Std + CA)=	0,116	plg
Tb (usar menor valor entre T1 y T2)	0,116	plg
Mín Esp Req de la boquilla (Mayor entre $T_a$ y $T_b$ ) =	0,116	plg

Valor mínimo requerido de espesor de boquilla: 0,116 plg

Valor actual: 0,190 plg

Resultados: El acoplamiento es aprobado debido a que el espesor actual es mayor que el requerido.

**Boquillas N6:**

**Tabla 4.18** Descripción espesor de boquillas N6

Boquilla Nº	N6	
Ubicación	Cuerpo	
Diámetro Nominal	2,0	plg
Diámetro exterior Boquilla $D_o =$	2,375	plg
Espesor de boquilla $E =$	1,00	plg
Diámetro interior de boquilla $D_i =$	1,9	plg
Espesor de tubería estándar	0,154	plg
Espesor de boquilla requerida $T_a =$	0,013	plg
T1 (espesor requerido del cuerpo) =	0,362	plg
T2 (espesor mínimo tubería STD) (Esp Std – 12,5%Esp Std + CA)=	0,135	plg
Tb (usar menor valor entre T1 y T2)	0,135	plg
Mín Esp Req de la boquilla (Mayor entre $T_a$ y $T_b$ ) =	0,135	plg

Valor mínimo requerido de espesor de boquilla: 0,135 plg

Valor actual: 0,191 plg

Resultados: El acoplamiento es aprobado debido a que el espesor actual es mayor que el requerido.



**Boquillas N7, N9:**

**Tabla 4.19** Descripción espesor de boquillas N7, N9

Boquilla Nº	N7, N9	
Ubicación	Cuerpo	
Diámetro Nominal	0,75	plg
Diámetro exterior Boquilla $D_o =$	1,38	plg
Espesor de boquilla $E =$	1,00	plg
Diámetro interior de boquilla $D_i =$	1,1	plg
Espesor de tubería estándar	0,113	plg
Espesor de boquilla requerida $T_a =$	0,006	plg
T1 (espesor requerido del cuerpo) =	0,362	plg
T2 (espesor mínimo tubería STD) (Esp Std – 12,5%Esp Std + CA)=	0,099	plg
Tb (usar menor valor entre T1 y T2)	0,099	plg
Mín Esp Req de la boquilla (Mayor entre $T_a$ y $T_b$ ) =	0,099	plg

Valor mínimo requerido de espesor de boquilla: 0,099 plg

Valor actual: 0,144 plg

Resultados: El acoplamiento es aprobado debido a que el espesor actual es mayor que el requerido.

**Boquillas N8, N12:**

**Tabla 4.20** Descripción espesor de boquillas N8, N12

Boquilla Nº	N8, N12	
Ubicación	Cuerpo	
Diámetro Nominal	0,5	plg
Diámetro exterior Boquilla $D_o =$	1,12	plg
Espesor de boquilla $E =$	1,00	plg
Diámetro interior de boquilla $D_i =$	0,8	plg
Espesor de tubería estándar	0,109	plg
Espesor de boquilla requerida $T_a =$	0,005	plg





T1 (espesor requerido del cuerpo) =	0,362	plg
T2 (espesor mínimo tubería STD) (Esp Std – 12,5%Esp Std + CA)=	0,095	plg
Tb (usar menor valor entre T1 y T2)	0,095	plg
Mín Esp Req de la boquilla (Mayor entre Ta y Tb) =	0,095	plg

Valor mínimo requerido de espesor de boquilla: 0,095 plg

Valor actual: 0,123 plg

Resultados: El acoplamiento es aprobado debido a que el espesor actual es mayor que el requerido.

**Boquillas N10:**

**Tabla 4.21** Descripción espesor de boquillas N10

Boquilla Nº	N10	
Ubicación	Cuerpo	
Diámetro Nominal	0,5	plg
Diámetro exterior Boquilla $D_o =$	1,12	plg
Espesor de boquilla $E =$	1,00	plg
Diámetro interior de boquilla $D_i =$	0,8	plg
Espesor de tubería estándar	0,109	plg
Espesor de boquilla requerida $T_a =$	0,004	plg
T1 (espesor requerido del cuerpo) =	0,362	plg
T2 (espesor mínimo tubería STD) (Esp Std – 12,5%Esp Std + CA)=	0,095	plg
Tb (usar menor valor entre T1 y T2)	0,095	plg
Mín Esp Req de la boquilla (Mayor entre Ta y Tb) =	0,095	plg

Valor mínimo requerido de espesor de boquilla: 0,095 plg

Valor actual: 0,123 plg

Resultados: El acoplamiento es aprobado debido a que el espesor actual es mayor que el requerido.



**Boquillas N11:**

**Tabla 4.22** Descripción espesor de boquillas N11

Boquilla N°	N11	
Ubicación	Cabeza	
Diámetro Nominal	1,25	plg
Diámetro exterior Boquilla $D_o =$	2,25	plg
Espesor de boquilla $E =$	1,00	plg
Diámetro interior de boquilla $D_i =$	1,66	plg
Espesor de tubería estándar	0,14	plg
Espesor de boquilla requerida $T_a =$	0,080	plg
T1 (espesor requerido del cuerpo) =	0,234	plg
T2 (espesor mínimo tubería STD) (Esp Std – 12,5%Esp Std + CA)=	0,123	plg
Tb (usar menor valor entre T1 y T2)	0,123	plg
Mín Esp Req de la boquilla (Mayor entre $T_a$ y $T_b$ ) =	0,123	plg

Valor mínimo requerido de espesor de boquilla: 0,123 plg

Valor actual: 0,28 plg

Resultados: El acoplamiento es aprobado debido a que el espesor actual es mayor que el requerido.

**Boquillas N13:**

**Tabla 4.23** Descripción espesor de boquillas N13

Boquilla N°	N13	
Ubicación	Cabeza	
Diámetro Nominal	6	plg
Diámetro exterior Boquilla $D_o =$	6,63	plg
Espesor de boquilla $E =$	1,00	plg
Diámetro interior de boquilla $D_i =$	5,8	plg
Espesor de tubería estándar	0,280	plg
Espesor de boquilla requerida $T_a =$	0,031	plg



T1 (espesor requerido del cuerpo) =	0,234	plg
T2 (espesor mínimo tubería STD) (Esp Std – 12,5%Esp Std + CA)=	0,245	plg
Tb (usar menor valor entre T1 y T2)	0,234	plg
Mín Esp Req de la boquilla (Mayor entre Ta y Tb) =	0,234	plg

Valor mínimo requerido de espesor de boquilla: 0,234 plg

Valor actual: 0,378 plg

Resultados: El acoplamiento es aprobado debido a que el espesor actual es mayor que el requerido.

#### 4.8. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DEL AUTOCLAVE

Los planos de construcción se encuentran en los anexos del proyecto.



## **CAPÍTULO 5:**

### **CONSTRUCCIÓN**

En este capítulo se analizará el proceso que se llevó a cabo para la siguiente etapa del proyecto, la construcción del autoclave, y los pasos a seguir para completar la manufacturación, tratando de explicar los servicios que prestaron diferentes compañías para los procesos, todo regido bajo la supervisión de la empresa, ya que mucha de la información es de carácter privado y secreto, tratando de salvaguardar los derechos de autoría, es así, que tan solo se da a relucir la información que la gerencia de Glassvit ha aceptado publicar por el bien de sus intereses.

Como ya se ha mencionado en otros capítulos, la empresa propietaria del proyecto contrató los servicios de otras compañías y adquirió material por intermedio de importadoras, con las cuales se compartió la dirección del proyecto en algunos casos, y se supervisó las estrictas peticiones de Glassvit.

#### **5.1. RECEPCIÓN DE MATERIAL**

Con la recepción de materiales empieza el proyecto de construcción, procedentes de distintas fábricas y almacenes, que avalan la calidad de los mismos.

Entre los productos requeridos se encuentran: las planchas de acero, los pernos de sujeción de la tapa, espárragos para el brazo de la tapa, neplos, tubería, bridas, varillas, chapas, ángulos y un sinnúmero de materiales que fueron adquiridos por Glassvit y puestos a disposición de las diferentes empresas. Como un ejemplo de exigencia de la empresa dueña del proyecto, se puede observar un documento ubicado en la parte de los anexos, que indica la certificación de las planchas de acero que se utilizaron para la fabricación del cuerpo del recipiente. Ver ANEXO 1.



## 5.2. PLAN DE INSPECCIÓN GENERAL

El objetivo del plan de inspección es la planificación de los controles que describe el proceso de inspección para uno o más materiales en el proyecto de la construcción del autoclave, también, en este caso los servicios de las compañías contratadas en el proyecto.

Los planes de inspección correspondientes que programan pueden ser agrupados, un plan de inspección contendrá varias operaciones. Una operación describirá la actividad que hay que llevar a cabo en un puesto de trabajo, las operaciones pueden contener varias características de inspección y una característica de inspección describe, qué se debe inspeccionar. Cada operación también puede especificar qué medios auxiliares de fabricación son necesarios para la actividad.

La dirección de producción de la empresa, encargada del proyecto del autoclave posee experiencia en construcción de maquinaria como hornos dobladores de vidrio, templadoras de vidrio y calentadores de plástico para laminar. Esta experiencia es el fruto de administrar proyectos y seguir estrictos pasos, con el fin de concluir con éxito las construcciones, saber superar los inconvenientes e innovar en mecanismos que ayuden a aumentar la producción en comparación con las empresas competidoras.

En el inicio del proyecto, el departamento de producción estableció un plan de construcción y sus respectivas inspecciones, con el fin de monitorear los avances, comprobar la calidad y aprobar los servicios que brindan las compañías contratadas para la construcción del autoclave.

Las inspecciones se dan de manera agrupada, buscando registrar el avance del trabajo a cada paso del proyecto y después del servicio de alguna compañía. Es así que se las inspecciones que el departamento de producción ha establecido son las siguientes: inspección de bocas, inspección de plan de soldadura, inspección de WPS, inspección de PQR, inspección de WPQ e inspección de pintura.



Los formatos de inspecciones son elaborados por la empresa que busca estandarizar los controles en cada una de las máquinas que construye o que contrata su construcción, con el fin de alcanzar un alto nivel de calidad y comprobar sus exigencias en caso de lograr contratos con otras empresas fabricantes de parabrisas, lo cual ya ha sucedido en ocasiones anteriores, tanto así que varios hornos dobladores de vidrio han sido fabricados y enviados a empresas de Quito, Guayaquil y Ambato. Es por eso que el sistema de construcción debe ser establecido y practicado para dar ejemplo de la actuación responsable con el cliente y sus trabajadores.

A continuación se muestra la inspección general y los pasos controlados en todo el proceso de construcción, partiendo desde el diseño hasta el detalle de pintura, con lo que concluye la construcción y el análisis propuesto en este proyecto de tesis. Ver ANEXO 2

Como se puede ver en el reporte los controles fueron aprobados, aunque en algunos de los casos antes de aprobar los parámetros se pidió rectificar los trabajos en varias partes del recipiente para continuar con la construcción; y en razón de evidenciar la parte importante del proceso de construcción, solo se presenta el reporte final en el que consta la aceptación de los ingenieros a cargo del proyecto por parte de Glassvit, para dejar constancia del cumplimiento de los requerimientos.

### **5.3. MAPA DE SOLDADURA**

El mapa de soldadura se realizará sobre un plano de conjunto de piezas soldadas, identificando con números las uniones para distinguirlas unas de otras, ya que puede haber diferencias en espesores, materiales, posiciones y otros requisitos de ASME IX.

Para cada número que se le asignó anteriormente se le asocian dos documentos a modo de vínculo y que exige la norma ASME:



- WPS: Welding Procedure Specification, que describe los parámetros con los que se hace esa soldadura en concreto.
- PQR: Procedure Qualification Record, que es la comprobación de la capacitación profesional del soldador.

Aunque la norma no exige expresamente un mapa de soldaduras, resulta conveniente para facilitar la labor del diseño que se lleva a cabo; y más que conveniente es recomendable, como en este caso de construcción del autoclave donde se exigió constancia del mapa en el diseño.

La elaboración del mapa de soldadura establece las dimensiones de las placas que van a ser juntadas para formar el cuerpo del recipiente, en este paso del proyecto participan el señor Germán Carchi supervisado por el departamento de producción de Glassvit, y la empresa B&T que presta el servicio de corte, doblado y preparación de planchas, y soldada de las mismas para elaborar el cuerpo del recipiente. Ver ANEXO 3. Además en este punto del proyecto se pide la elaboración de los orificios y huecos necesarios para la incorporación de coupling, boquillas y bridas. Por lo que se necesitará de precisión y alto control en esta etapa, ya que el posicionamiento de los orificios debe seguir estrictamente los planos elaborados, para que el cumplimiento de cada boquilla sea el óptimo.

#### **5.4. REVISIÓN DE PLAN DE SOLDADURA**

El plan de soldadura debe ser definido por el fabricante o la empresa que presta el servicio, en este caso B&T, para posteriormente ser aprobado por Glassvit. La empresa dueña del autoclave requiere un proceso de soldadura que minimice la distorsión y evite el debilitamiento de las placas.

Para la revisión del plan de soldadura se evaluarán 4 categorías, entre las que cuentan la preparación del bisel para soldar, la soldadura por puntos, la



examinación visual del cordón de soldadura y los resultados del cordón de la eficiencia de soldadura elegida. Ver ANEXO 4.

En la preparación del bisel, la limpieza y el biselado con los ángulos de inclinación adecuados son el factor primordial para la obtención de un producto de acuerdo a las normas y los códigos que rigen la soldadura. El biselado es un corte inclinado en el borde de una platina, una lámina o un tubo con el fin de realizar una soldadura pasante que cumpla con las especificaciones y los códigos, este biselado se hace normalmente con la ayuda de la pulidora o del esmeril.

El segundo parámetro evalúa el posicionamiento de las placas conformadas y la punteada realizada que es necesaria para formar el cuerpo del recipiente, entendiéndose como el correcto armado de las placas para el recipiente del cuerpo. Las placas deben ser juntadas de tal manera que los biseles queden colocados perfectamente para encajar unas piezas con otras y que no haya fugas en el cuerpo del recipiente. Las placas van a sostenerse por las puntadas hechas por el soldador hasta que se llegue al perfecto posicionamiento.

El siguiente paso a controlar es la examinación visual del cordón de soldadura, esta se realiza después de terminar cada cordón, con el fin de corregir inmediatamente en caso de errores humanos o de maquinaria. Cabe recalcar, que el proceso de soldadura efectuado es el de arco sumergido, recomendado por la norma para la construcción de recipientes a presión, e ideal para placas de este material con su respectivo biselado. Los criterios de aceptación de la calidad de soldadura pueden provenir de diversas fuentes. Los dibujos de fabricación suelen mostrar el tamaño de los cordones, su longitud y ubicación. Muchas características pueden ser evaluadas en el proceso de inspección, algunas relacionadas con las dimensiones, y otras relativas a la presencia de discontinuidades. El tamaño de una soldadura es muy importante, ya que tamaños de soldaduras inferiores a los requeridos no podrán resistir las cargas aplicadas durante su servicio. Las discontinuidades en los cordones también pueden ser importantes. Estas son las imperfecciones dentro de la soldadura, que pueden disminuir la resistencia para la cual fue diseñada.





El último parámetro para evaluar es la eficiencia de la junta de las placas, el valor de la eficiencia tomada en el cuerpo es SPOT con un valor de 0,85, y Full con valor de 1.

Todas las inspecciones cuentan con firmas de responsabilidad y fechas cuando se elaboraron las mismas.

### **5.5. PLAN DE INSPECCIÓN DE BOCAS**

Este plan de inspección posee otros parámetros, tales como posición del cuello de la boquilla con su cuerpo, soldadura del cuello con el cuerpo de la boquilla, posición de la boquilla con el cuerpo del recipiente y la prueba.

Los dos primeros parámetros no son calificados por Glassvit ya que los neplones fueron comprados a casas importadoras del producto, que poseen certificados de autenticidad y no hay duda de su calidad. Ver ANEXO 5.

El parámetro tercero y cuarto, si son evaluados por la empresa, pero a diferencia del anterior plan de inspección, éste solo se enfoca en la interacción de la boquilla con el cuerpo del recipiente y no de las placas que conforman el recipiente. También es relevante la evaluación de las soldaduras de las boquillas ya que sin esto, las boquillas pueden ser espacios donde se encuentren fugas y disminuyan la presión en el autoclave; para aquello el Capítulo 4, se encuentra la sección de cálculo de área de reforzamiento, la cual no se aplica a todas las boquillas ya que algunos de los neplones van colocados casi perpendicular a la circunferencia del cilindro del cuerpo.

### **5.6. SOLDADURA**

Se podría decir que este punto del proyecto es una de las partes críticas en la construcción del autoclave, por lo tanto se debe encargarse este procedimiento a una compañía que posea experiencia en la construcción de recipientes a presión y que posea registros y certificaciones que avalen sus procedimientos y brinden confianza en la calidad de la soldadura.



La empresa seleccionada para soldar el cuerpo del recipiente es B&T, ubicada en la ciudad de Quito, mientras que la empresa encargada de soldar la tapa posterior y el anillo rolado con la tapa anterior es Imeteco ubicada en Guayaquil. Ambas empresas poseen certificaciones ASME y cuentan con años de experiencia en el mercado nacional, lo que incitó a Glassvit para contar con sus servicios.

Con motivo de exponer un ejemplo de los registros que llevan las empresas que soldaron el recipiente a presión, se muestra en los anexos los informes realizados por la empresa B&T, que constan con los siguientes tipos de registros: WPS, PQR y WPQ. Estos registros son muestra de la seriedad de las empresas que intervienen en el proyecto y su compromiso de calidad. A continuación se detallan cada uno de los procesos de calificación.

#### 5.6.1. **WPS**

##### Requerimientos de la Especificación de un Procedimiento de Soldadura

Este documento busca la calificación y certificación de los procedimientos de soldadura, operadores y soldadores. El WPS es un documento que relaciona las variables a considerar en la realización de una soldadura específica, determina la ejecución de las pruebas de calificación tanto de proceso y procedimiento como del operario de soldadura.

El formato para la elaboración del WPS debe ser conforme a lo que se establece en el código ASME Sección IX o equivalente. Ver ANEXO 6.

El WPS involucra todas las *variables esenciales*, que son aquellas en las cuales un cambio se considera que afecta las propiedades mecánicas de la soldadura y requieren de recalificación, las *variables suplementarias*, son aquellas que por requerimientos de otras secciones del código requieren pruebas de impacto, cuando se especifica pruebas de impacto un cambio en una variable suplementaria requiere recalificación de WPS y las *variables no esenciales* que son aquellas en que un cambio no afecta las propiedades



mecánicas de la soldadura y por lo tanto se puede hacer sin recalificar el WPS, pero se debe documentar el cambio.

Los inspectores calificados recomiendan que las variables esenciales, suplementarias y no esenciales varíen de un proceso a otro.

### 5.6.2. PQR

#### Registro de calificación del procedimiento

Este documento corresponde al anexo del WPS, y en él van detallados todos los pasos que conllevan a la calificación de un proceso, procedimiento y operarios de soldadura. En este están relacionadas las diferentes pruebas o ensayos realizados y la certificación de aprobación o rechazo firmada por un inspector certificado en soldadura. Cada WPS puede contener uno o varios PQR para efectuar soldaduras similares en el futuro, las pruebas realizadas son igualmente aplicables tanto para la soldadura por máquina, como para la soldadura manual; y siempre es obligatorio cuando se trabaja conforme a códigos.

Ver ANEXO 7.

Para las pruebas los materiales se dividen en grupos que comprenden aleaciones con características similares de soldadura, una prueba realizada sobre un metal de uno de los grupos designados se considera aplicable a todas las demás aleaciones dentro del mismo grupo. Con este principio, se dividen en grupos de espesor de chapa o lámina, procesos de soldadura y posiciones de soldadura (vertical, horizontal, vertical sobre cabeza y plana).

### 5.6.3. WPQ

#### Registro de calificación del Soldador

Este registro intenta determinar la habilidad y el desempeño del soldador para realizar depósitos de soldadura aceptables, con la finalidad de tener total seguridad en la ejecución de la soldadura.



La calificación se debe realizar conforme a un WPS, y el soldador será calificado bajo una norma, pero no implica su calificación bajo una norma distinta. Así cuando se produce un cambio en una o más variables esenciales, el soldador tiene que ser calificado nuevamente para satisfacer nuevos cambios.

Para las pruebas se realizan probetas según norma y el fabricante o contratista es responsable de dirigir la calificación de cada soldador, dicha calificación estará a cargo de un Inspector de Soldadura Certificado, el cual elaborará un registro de prueba que incluirá las variables esenciales, el tipo de prueba, resultado de pruebas y el rango de calificación. Ver ANEXO 8.

El WPQ tiene un cierto tiempo de validez dependiendo de la norma aplicada, y por ello el soldador debe ser recalificado cuando el periodo de calificación ha expirado, o, cuando el soldador ha dejado de soldar en un periodo de 6 meses o cuando existen pruebas suficientes que cuestionen su trabajo.

## **5.7. REPORTE DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS**

El procedimiento de inspección radiográfica presentado debe estar de acuerdo con lo indicado en el ASME Sección V, artículo 2, para geometría de exposición, penumbra geométrica, densidad, calidad, contraste radiográfico y sensibilidad, entre otros aspectos.

Este documento revela las inspecciones realizadas a las placas soldadas y a los cordones de soldadura, emitiendo observaciones e posibles fallas o imperfecciones en los mismos. La empresa contratada para la evaluación fue Ende Cía. Ltda. la cual se encuentra en la ciudad de Quito, y cuenta con maquinaria necesaria para inspecciones parciales de los trabajos realizados por otras empresas, además de contar con varios años de servicio en el país.

Todos los procedimientos de calificación de los Ensayos no Destructivos deberán ser elaborados y firmados por un Técnico Nivel III con certificado vigente de la ASNT. Igualmente, debe ser firmado por el Ingeniero Residente de Ensayos No Destructivos en señal de aceptación de su contenido.



Los reportes no mostraron alteraciones ni problemas en las planchas del cuerpo del recipiente, no así en los cordones de soldadura donde se evidenciaron pequeños defectos los cuales no comprometen la calidad de la soldada, aunque queda evidencia para trabajos posteriores para todas las empresas relacionadas en el proyecto. Ver ANEXO 9.

### 5.8. REPORTE DE INSPECCIÓN DE PINTURA

Para la aplicación de pintura se hace necesario separar el autoclave en distintas partes con el fin de facilitar la inspección de cada sección. dando así medidas del material utilizado en cada sección con un promedio por punto.

Para el proceso de aplicación de la pintura, se debe tomar en cuenta la temperatura, la cual es un parámetro crítico a considerar, debido a que, cuando el agua está muy fría produce condensación en el interior de la superficie o afecta el tiempo de secado de la pintura.

Otro punto es la ventilación de los espacios interiores para remover los solventes peligrosos, inclusive cuando se use pintura epóxica libre de solvente (100% sólidos por volumen).

Y la condensación, donde el equipo de pintores debe de estar bien familiarizado con la necesidad de controlar la humedad relativa, la temperatura del material a pintarse y el punto de rocío de la pintura.

A continuación se muestra la tabla recomendado como base para la inspección de pintura.

	BUENA (3)	INTERMEDIA	POBRE
Pintura dañada o área oxidada (1)	< 3 %	3 - 20 %	> 20 %
Área con herrumbre (1)	-	< 10 %	≥ 10 %
Desprendimiento localizado de pintura u oxidación en bordes o cordones de soldadura (2)	< 20 %	20 - 50 %	> 50 %
Nota (1) % es el porcentaje del área bajo consideración o del "área estructural crítica" (2) % es el porcentaje de bordes o cordones de soldadura en el área bajo consideración o "área estructural crítica" (3) oxidación localizada sin una falla visible de la pintura			

**Tabla 5.1** Tópicos para evaluación de pintura en recipientes metálicos  
**Fuente:** ENKE F. Los materiales de pintura, s.f. ed. Reverté.



Los reportes fueron elaborados por la propia empresa Glassvit y muestran los mapas de aplicación de pintura y muestras de materiales en cada sección. Ver ANEXO 10.

## 5.9. REPORTE DE PRUEBA NEUMÁTICA E HIDROSTÁTICA

Las pruebas hidrostáticas, son pruebas que se deben realizar a los tanques sujetos a presión. Previamente se elaboró un cálculo, en el cual se determinó la presión a la que se deberá someter el tanque para garantizar la seguridad del mismo durante la operación realizada por los trabajadores de la empresa. Así, se puede determinar fallas cuando se ponga en marcha el equipo.

La prueba hidrostática consiste en presurizar al equipo sin estar en funcionamiento y desenergizado, desconectado en sus partes mecánicas y neumáticas a una temperatura no mayor de 40 grados centígrados, con el manómetro calibrado conectando al equipo, hasta una presión de prueba que debe ser al menos 10% arriba de la presión de calibración del dispositivo de seguridad, con un fluido incompresible cuyo comportamiento al incremento de la presión no genere riesgos.

Después de pasar con éxito la prueba hidrostática, se realizó la prueba neumática, las diferencias básicas entre este tipo de pruebas y la prueba hidrostática, consisten en el valor de la presión de prueba y el fluido a usar en la misma, la presión neumática de prueba es alcanzada mediante la inyección de gases. La prueba neumática, se realizó en las instalaciones de Imeteco, donde se soldaron las tapas.

Para realizar este tipo de prueba, se deben tomar las siguientes precauciones:

- Las pruebas neumáticas deben sobrepasar con muy poco la presión de operación, el Código A.S.M.E., recomienda que la presión de prueba neumática sea como máximo 1.25 veces la máxima presión de trabajo permisible y definitivamente deben evitarse en recipientes a presión usados.



- En las pruebas neumáticas con gases diferentes al aire, deben usarse gases no corrosivos, no tóxicos, incombustibles y fáciles de identificar cuando escapan. El Freón es un gas recomendable para efectuar las pruebas neumáticas.
- La mayoría de los gases para pruebas neumáticas, se encuentran en recipientes a muy alta presión, por lo tanto, es indispensable que se extremen las precauciones puede ocurrir un incremento excesivo en la presión de prueba sumamente peligroso.

La prueba fue realizada con éxito a una presión de 140 Psi. y 65 F. La norma pide un tiempo prudencial de prueba que en este caso fue de 4 horas. No se presentaron problemas en la prueba y el recipiente fue aceptado y enviado a las instalaciones de Glassvit para seguir con su construcción. El anexo muestra el reporte de la segunda prueba, la prueba neumática. Ver ANEXO 11.

## **5.10. REPORTE DE PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO**

Este documento expedido por la empresa enuncia la satisfacción del diseño y construcción del recipiente, cumpliendo las expectativas de la junta accionista de la empresa Glassvit Cía. Ltda. y el Departamento de Producción que administró el proyecto. Ver ANEXO 12.

Con este reporte, se aprueba el trabajo realizado por el señor Germán Carchi, quien desarrolló el proyecto como tema de tesis, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico y cooperó con la empresa para la elaboración de nueva maquinaria.



## CAPÍTULO 6:

### ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

Este análisis se enfoca en la comparación de las posibilidades que existen para disponer del autoclave, sus ventajas o inconvenientes.

Para la obtención del autoclave se plantean dos opciones, la compra total preferentemente de fabricación extranjera o la construcción e implementación del recipiente a presión, bajo la dirección de la empresa Glassvit Cía. Ltda.

Dadas las pautas de desarrollo del estudio, este se divide en dos partes para analizar con mayor detalle cada posibilidad, la primera está dada en caso de que la empresa decida comprar un autoclave ya fabricado; y la segunda, es que la empresa asuma la construcción de la misma.

#### **Primera Opción: Comprar el autoclave**

Esta opción se refiere a la compra de un recipiente a presión nuevo o usado, entendiéndose por nuevo la adquisición del mismo en una casa manufacturera de equipos especializados en procesos de parabrisas, o la compra de un autoclave de segunda mano, que preste los servicios similares a los requeridos por Glassvit para el proceso de laminación de parabrisas.

Las cotizaciones remitidas por las empresas fabricantes existentes en el mercado, provienen de varios países como Alemania, Brasil, Estados Unidos de Norte América, Colombia, China, Argentina, Finlandia, España entre otros. Luego del análisis a las mismas, se determina que son elevadas con un amplio rango de valores que van desde los USD. 83.000,00 hasta los USD. 420.000,00, presupuesto que no dispone la fábrica para la adquisición del autoclave y de acuerdo a las especificaciones requeridas de acuerdo a la aprobación del financiamiento por las entidades bancarias.

Dentro del análisis de las ofertas para la compra del autoclave, se determina que las empresas extranjeras que fabrican los recipientes, disponen de varias alternativas de pago.





- Empresa **Ferlex**  
País: Brasil  
Costo de autoclave: US\$ 295.000,00  
Forma de pago: 50% en el pedido y 50% cuando el equipo se encuentre listo  
Plazo de entrega: 180 días  
Garantía: periodo de un año  
Información: [www.ferlex.com.br](http://www.ferlex.com.br) – São Paulo, Brasil
- Empresa **Tecnik Ltda.**  
País: Colombia  
Costo de autoclave: US\$ 87.812,00  
Forma de pago: 50% en el pedido y 50% antes del despacho en Bogotá  
Plazo de entrega: 180 a 240 días  
Garantía: periodo de un año  
Información: [www.tecnik.com.co](http://www.tecnik.com.co) – (57-1) 222 0656 Bogotá D.C.
- Empresa **arip e.u.**  
País: Colombia  
Costo de autoclave: \$ 215'000.000,00 Pesos colombianos, aprox. US\$ 119.400,00  
Forma de pago: 50% en el pedido, 25% con avance de obra a los 30 días, 10% contra entrega en Bogotá y 15% saldo a la entrega en funcionamiento.  
Plazo de entrega: 90 días  
Garantía: 12 meses  
Información: [aripcolombia@hotmail.com](mailto:aripcolombia@hotmail.com) – (57) 2405368 Bogotá D.C.
- Empresa **OMNIA**  
País: Italia  
Costo de autoclave: US\$ 150.000,00  
Forma de pago: 20% a la firma del contrato y 80% al envío del horno  
Plazo de entrega: 4 meses  
Garantía: 12 meses  
Información: [www.omniaglass.it](http://www.omniaglass.it) – [omniaglass@tiscalinet.it](mailto:omniaglass@tiscalinet.it) – Aprilia (LT), Italia
- Empresa **BONDTECH**  
País: EEUU  
Costo de autoclave: US\$ 466.870,00  
Forma de pago: 35% con orden, 60% antes del envío y 5% en los siguientes 30 días.



Plazo de entrega: 18 semanas más el tiempo de envío

Garantía: 12 meses

Información: [www.bondtech.net](http://www.bondtech.net) – [elsabrown@bondtech.net](mailto:elsabrown@bondtech.net) – Somerset, KY - EEUU

- Empresa **Glassrobots**

País: Finlandia

Costo de autoclave: EURO\$ 205.000,00

Forma de pago: 30% con la orden y 70% con la entrega

Plazo de entrega: 5 meses

Garantía: 1 año

Información: [www.glassrobots.com](http://www.glassrobots.com) – Finlandia

- Empresa **FIMACO S.A.**

País: Argentina

Costo de autoclave: US\$ 115.000,00

Forma de pago: 40% con la orden y 60% en pre embarque

Plazo de entrega: 4 meses

Garantía: 1 año

Información: [www.fimaco.com.ar](http://www.fimaco.com.ar) – Esperanza SF, Argentina

Los plazos de pago de la maquinaria a obtener, es un aspecto imprescindible para adquirirlas o no, esto depende de la oferta de las empresas, ya que muchas de las casas comerciales pueden fabricar equipos que cumplan con los requisitos del departamento de producción, pero los costos y el tiempo de financiamiento variarían según la conveniencia de cada empresa.

El comité de inversión de Glassvit establece la política de pago en las adquisiciones; y propone una forma de cumplir con las cuotas o el financiamiento.

Otro punto para evaluar es la disponibilidad de repuestos del equipo, ya que de adquirir una máquina de fabricación internacional, se debe tener presente que pueden existir fallas las mismas que deben ser solucionadas lo más rápido posible para mantener el nivel de la producción. Esto también está ligado al tiempo de garantía que ofertan las empresas, aunque normalmente se cumple la ley de que mientras más garantía se exija, mayor será el precio del bien. Estos dos puntos son vitales para no tener problemas al empezar la producción de los parabrisas y trabajar por largo tiempo sin inconvenientes.



Además, se debe tener en claro para decidirse por la adquisición del autoclave, el tiempo de fabricación y entrega de la máquina, ya que todas las cotizaciones obtenidas son de empresas extranjeras; y la del país más cercano que es Colombia, tiene un tiempo de entrega mínimo de seis meses, tiempo considerable en la producción de la empresa ya que significa detener la producción y no poder acceder a contratos por falta de infraestructura.

Después de la muestra de ofertas por parte de empresas extranjeras constructoras de autoclaves y recipientes a presión, se puede afirmar el gran interés que existe por parte de la empresa para tener entre sus maquinaria un autoclave de calidad y certificado.

#### *Ventajas y desventajas de la opción de compra a empresas fabricantes de autoclaves*

##### **Ventajas:**

- Comprar maquinaria que posea certificaciones de procesos de construcción bajo normas internacionales y aprobadas para la fabricación de parabrisas.
- Contar con manuales detallados de los procesos de fabricación de parabrisas, capacitación técnica del personal que manipula el recipiente, así como acciones a tomar en caso de imprevistos o mal funcionamiento del equipo
- Ser una empresa reconocida por trabajar con equipos de alta tecnología especializados en parabrisas de seguridad, lo que facilita acceder a licencias y contratos con otras empresas.

##### **Desventajas:**

- Costos que superan las posibilidades de inversión por parte de Glassvit Cía. Ltda., ya que al ser una adquisición muy alta, las opciones de crédito se reducen o no resultan redituables para la empresa a corto plazo.
- Falta de repuestos en el mercado nacional, lo que en caso de necesidad sería un grave inconveniente para la volver a poner en marcha rápidamente las actividades de producción.



- Poco conocimiento de trabajadores en manipulación del equipo, lo que puede derivar en daño del mismo con el riesgo de perder la garantía que brindan las empresas fabricantes debido a falla humana.
- Las formas de pago para empresas extranjeras normalmente no se dan a largos plazos, lo que dificulta la compra.
- El tiempo de espera de llegada del recipiente puede ser mayor al calculado por la gerencia de Glassvit, debido a problemas de viaje o inconvenientes de aduana, esto representaría una pérdida por la falta de producción.

### **Segunda Opción: Construcción del autoclave por parte de Glassvit**

Con el conocimiento de la maquinaria existente por parte del personal que labora en el departamento de producción y de las investigaciones de los mismos durante las visitas en los diferentes países a las empresas ofertantes, se determinó las mejores características para el trabajo requerido en Glassvit, fruto de la investigación realizado y el contacto personal en cada uno de las empresas, con lo cual se cercioraban de las especificaciones del equipo y su funcionamiento, simulando una posible compra.

Con este criterio la empresa, tiene la posibilidad de dirigir la construcción directa del autoclave, proporcionando a los constructores los datos necesarios de diseño, materiales, capacidades, dimensiones, elementos necesarios, cajas de controles, y técnica de construcción.

Además de dirigir la construcción con las especificaciones técnicas basadas en las investigaciones, también adquiere la responsabilidad y la capacidad de seguir estándares y normas de construcción internacionales, con el fin de certificar la seguridad del recipiente a presión que se está manufacturando, por el bien de los trabajadores que manipularán la máquina. Esto implica la responsabilidad total por parte de la empresa Glassvit, la cual si bien tiene experiencia en construcción de máquinas relacionadas con la industria del vidrio, no posee la capacidad de construir recipientes a presión, ni certificaciones que acrediten lo mismo, de tal forma que debe encargar parte de la construcción a empresas calificadas que tienen experiencia en máquinas de este tipo.



A continuación se analizará las posibilidades de la construcción de cada una de las partes del autoclave en empresas nacionales calificadas, con el fin de obtener un criterio técnico sobre la construcción de los componentes de la maquina al contratar los servicios Glassvit. En nuestro país existen varias empresas que construyen recipientes a presión, especialmente para la industria petrolera, lo cual no representa un problema contratar el servicio de las mismas para garantizar la seguridad de los trabajadores y los procesos.

También se realiza las investigaciones dentro del país, de la existencia de los materiales con las características a emplearse en la fabricación del recipiente, como por ejemplo que las planchas deben ser de acero ASME 516 70. para el recipiente a presión.

Las boquillas, para la entrada y salida de los elementos, pueden ser adquiridas en las casas comerciales importadoras existentes en Quito y son fabricadas en serie con estándares internacionales, la variación de precio entre una importadora u otra no es considerable, como también los neoplos o bocas requeridas.

Las tapas, estas partes deben ser elaboradas de planchas redondas y la curvatura de las mismas se realiza con un proceso de abombado, existiendo en el país limitadas empresas en el Ecuador que cumplen estándares de seguridad pero debido a la baja demanda, el precio es elevado.

La soldadura, este proceso debe ser el más supervisado, ya que los tipos de soldadura deben proveer la mayor calificación y seguridad, para este servicio existe en buen número en la industria local con certificaciones internacionales. Para recipientes a presión el proceso de soldadura más recomendado es por arco sumergido que con soldadores calificados se entrega un producto de seguridad confiable al cliente.

Caja de control, es la parte electrónica con la que se controla el funcionamiento de la maquinaria, la misma que debe ser elaborada por personal técnico, lo cual no representa inconveniente en el proyecto.



El personal seleccionado para que opere el funcionamiento del autoclave, debe ser calificado, entrenado y capacitado para manejar los procesos y corregir problemas que se presenten, lo que dificultará acceder a trabajadores con los conocimientos requeridos, aunque se pueden seguir los manuales de procedimiento que tiene cada plástico PVB y obtener la capacidad deseada.

Es necesario obtener datos de los costos de las partes que conforman el autoclave, valores que deben ser analizados por la gerencia de Glassvit para determinar la construcción con dirección de la propia empresa. Los valores de los materiales son de gran conocimiento para el Departamento Financiero ya que en proyectos anteriores se han adquirido materiales similares y se ha establecido contactos con casas comerciales e importadoras de los mismos.

Con la muestra de algunas cotizaciones se puede dar fe del alcance de materiales que se obtendrían en el mercado nacional. Lo que demuestra que la empresa puede dirigir la construcción del autoclave en territorio nacional, ya que existe la capacidad de fabricación y correcto diseño, alcanzando de esa manera un exitoso proyecto.

Con lo manifestado, se puede hacer una comparación económica entre la adquisición por compra directa al exterior y una de fabricación nacional y determinar la conveniencia para la obtención del autoclave.

#### *Ventajas y desventajas de la opción de construcción a cargo de Glassvit*

##### **Ventajas:**

- Fabricación del recipiente a presión de acuerdo a parámetros más precisos determinados por el departamento de producción de la empresa.
- Abaratar costos en relación a la adquisición por compra directa a las casas fabricantes.
- Capacidad de obtención de repuestos de manera rápida y efectiva, de tal manera que no se detenga la producción por un largo periodo.
- Seguridad con los procesos de las fábricas ecuatorianas, ya que la mayoría de empresas cuentan años de experiencia en varias áreas de la industria.



- Si se realiza el proyecto dentro del país se podría acceder con mayor facilidad a créditos estatales o particulares.
- El tiempo de construcción del equipo sería manejado por la dirección del proyecto y administrado de mejor manera con la finalidad de culminar el proyecto de la manera más rápida posible para empezar la producción.

**Desventajas:**

- Falta de certificados por construcción integral del recipiente, debido a realizar servicios en compañías no calificadas por organismos internacionales.
- Conocimiento insuficiente en tópicos relacionados con el funcionamiento del equipo debido a no contar con procedimientos específicos para la máquina.

**6.1. COSTOS DIRECTOS**

Los costos directos son detallados en las siguientes tablas.

**TABLA 6.1 Remuneración**

REMUNERACIÓN A ESTUDIANTE				
NOMBRE	CARGO	Horas LABORABLES	Valor H-L (USD)	Valor total (USD)
Sr. Germán Carchi	Responsable del proyecto	300	5	USD. 1.500,00
TOTAL (1)				<b>USD. 1.500,00</b>

La Tabla 2 muestra el valor de las ganancias del estudiante, pero por ser el proyecto un tema de tesis no se reconoce monetariamente al estudiante ya que la empresa prestó todas las facilidades y tuvo total apertura con el tesista. Sin embargo los valores serán expuestos por cuestiones financieras.

**COSTOS DE MATERIALES Y SERVICIOS**

Lo siguiente es un detalle de las empresas que intervinieron en el proyecto, ya sea en la venta de material, o prestando sus servicios para cada trabajo. Al



final se muestra la Tabla 3 con valores totales cobrados por cada empresa tan solo hasta finalizar la construcción, lo cual es el tema de la tesis.

- Empresa **DIPAC**

País: Ecuador

Concepto: Planchas de acero de distintos materiales

Detalle: planchas de acero para la construcción del cuerpo del autoclave, las tapas y los anillos donde se alojan los tornillos

Costo del material:

- Plancha de 19,1 mm                    A-516 GR 70
- Plancha de 12,7 mm                    A-516 GR 70
- Plancha de 50 mm                      A-36
- Plancha de 14 mm x 6,32 m        A 572

Tiempo de entrega: 2 meses

Forma de pago: 50% al pedido y 50% a la entrega

Información: [www.dipac.com](http://www.dipac.com) – Manta, Ecuador

- Empresa **Aceros Inoxidables “Peralta”**

País: Ecuador

Concepto: Conformado de tapas

Detalle: doblado y conformado de las 2 tapas de 14 mm

Costo del servicio: US\$ 1950,00

Tiempo de entrega: 2 semanas

Forma de pago: 100% a la entrega del proyecto

Información: [acerosperalta@gmillenium.net](mailto:acerosperalta@gmillenium.net) – 2 679 273, Quito Ecuador

- Empresa **B&T Cía. Ltda.**

País: Ecuador

Concepto: fabricación de recipientes a presión

Detalle: cortado, conformado, doblado y soldado del cuerpo del recipiente

Costo del servicio: US\$ 32500,00

Forma de pago: 100% contra entrega





Información: [ww.beite.com.ec](http://ww.beite.com.ec), Quito Ecuador

- Empresa **IMETECO**

País: Ecuador

Concepto: Soldadura de planchas conformadas, para cuerpo y tapas de autoclave

Detalle: soldadura con tecnología certificada por procesos de arco sumergido (SAW) y arco metálico protegido (SMAW)

Costo del servicio: US\$ 24500,00 por contrato

Forma de pago: 60% de anticipo y saldo contra entrega

Información: [www.imeteco.com](http://www.imeteco.com), Guayaquil Ecuador

- Empresa **ATYMI**

País: Ecuador

Concepto: Aislamiento térmico

Detalle: aislamiento que recubre la pared interna del cuerpo del autoclave

Cantidad: 30 mts<sup>2</sup> de láminas de aislamiento de 2" de espesor

Costo del producto: US\$ 94,25 por mt<sup>2</sup>, total US\$ 2827,50

Forma de pago: 50% de anticipo y 50% con trabajo terminado

Información: [www.atymi.com](http://www.atymi.com) – 022 334 038, Quito Ecuador

- Empresa **La llave S.A.**

País: Ecuador

Concepto: Compresor de aire tipo tornillo

Detalle: compresor para entrada de aire a presión

Costo del servicio: US\$ 1050,00

Tiempo de entrega: 8 a 10 semanas

Forma de pago: 50% al pedido y 50% a la entrega

Información: [www.la-llave.com](http://www.la-llave.com) – [msanchez@la-llave.com](mailto:msanchez@la-llave.com), (593)2 468 564, Quito Ecuador

- Empresa **La llave S.A.**

País: Ecuador



Concepto: Secador, y filtros

Detalle: secador y filtros son elementos que deben ser instalados en las conexiones del compresor para que el aire de entrada sea de mejor calidad y evite daños de corrosión y oxidación.

Costo del servicio: Secador: US\$ 6997,97; Filtro 1: US\$ 624,00; Filtro 2: US\$ 656,99

Tiempo de entrega: 10 a 12 semanas

Forma de pago: 50% al pedido y 50% a la entrega

Información: [www.la-llave.com](http://www.la-llave.com) – [msanchez@la-llave.com](mailto:msanchez@la-llave.com), (593)2 468 564, Quito Ecuador

- Empresa **Control s.a.**

País: Ecuador

Concepto: Tablero de fuerza y Consola de Control

Detalle: Controles del accionamiento y funcionamiento de los elementos del autoclave

Costo del producto: Tablero de fuerza: US\$ 6870,00

Consola de control: US\$ 970,00

Tiempo de entrega: 3 semanas

Forma de pago: 100% a la entrega del proyecto

Información: [administracion@tcontrolsa.com](mailto:administracion@tcontrolsa.com) – 2474 856, Quito Ecuador

- Empresa **La llave S.A.**

País: Ecuador

Concepto: Plancha de lana de vidrio tipo colchoneta

Detalle: plancha de lana que permite tener aislamiento térmico dentro del autoclave

Costo del producto: US\$ 371,00

Tiempo de entrega: 2 días

Forma de pago: 100% a la entrega

Información: [www.la-llave.com](http://www.la-llave.com) – [msanchez@la-llave.com](mailto:msanchez@la-llave.com), (593)2 468 564, Quito Ecuador



- Empresa **Macrisli**  
 País: Ecuador  
 Concepto: Pernos SA 194 2H  
 Detalle: pernos sujetadores de la tapa delantera del autoclave  
 Costo del producto: Total 40 pernos, US\$ 567,00  
 Forma de pago: al contado  
 Información: 258 3324, Loja Ecuador

**Tabla 6.2.** Costos de materiales

COSTOS DE MATERIALES Y SERVICIOS PROFESIONALES			
Empresa	Servicio	Especificaciones	Valor Total
DIPAC	Productos de acero	Venta de planchas de acero	USD. 2.420,00
B & T Cía. Ltda.	Doblado, conformado y soldadura	Rolado de planchas, y soldada del cuerpo	USD. 31.300,00
IMETECO	Soldadura de tapas	Soldada de tapas con el cuerpo del recipiente	USD. 7.280,00
Macrisli	Ferretería mecánica	Venta de pernos y nepsos	USD 1.200,00
Aceros Inoxidable "Peralta"	Conformado de tapas	Doblado y conformado de las tapas	USD. 2.800,00
<b>TOTAL (2)</b>			<b>USD. 45.000.00</b>

**Fuente:** Departamento Administrativo de Glassvit Cía. Ltda.



**Tabla 6.3. Otros Gastos**

OTROS	
DESCRIPCIÓN	COSTOS
Adquisición de software y manuales de diseño	USD. 500,00
Otros gastos directamente imputables al proyecto	USD. 100,00
<b>TOTAL (3)</b>	<b>USD. 600,00</b>

TOTAL COSTO DIRECTO (T1+T2+T3)	USD. 47.100,00
--------------------------------	----------------

## 6.2. COSTOS INDIRECTOS

**Tabla 6.4. Movilización**

Movilización	
Misceláneos	Costo
Transporte tapas	USD. 120,00
Transporte recipiente Quito – Guayaquil	USD. 450,00
Transporte recipiente Guayaquil – Loja	USD. 380,00
Viáticos	USD. 110,00
Alquiler de grúas	USD. 270,00
<b>TOTAL (5)</b>	<b>USD. 1.330,00</b>

Esta tabla expone los valores de movilización del recipiente de una compañía a otra, hasta el viaje final a la ciudad de Loja y los viáticos correspondientes de los operadores.



**Tabla 6.5 Costos Indirectos**

Costos Indirectos	
Misceláneos	Costo
Materiales Varios	USD. 100,00
Útiles de Oficina	USD. 100,00
Transporte	USD. 150,00
Servicios Básicos (EE, AP, TELF., OTROS)	USD. 350,00
Imprevistos	USD. 150,00
<b>TOTAL (6)</b>	<b>USD. 850,00</b>

Gastos indirectos administrativos y de logística relacionados con el diseño y la construcción.

<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS (T4+T5+T6)</b>	<b>\$ 2.180,00</b>
---	--------------------

**COSTO TOTAL PROYECTO**

**Tabla 6.6 Costo total**

Concepto	Total
Total Costos Directos	\$ 47.100,00
Total Costos Indirectos	\$ 2.180,00
Imprevistos 10%	\$ 4928,00
<b>Total General</b>	<b>\$ 54.280,00</b>

**Resultados de Producción**

Como resultado de la adquisición del autoclave, la producción de parabrisas laminados de seguridad, ha logrado un incremento mejor de lo esperado, lo que ha satisfecho a la gerencia por la gran inversión que demandó el proyecto, mejorando las utilidades de la empresa debido a que, la producción sin el autoclave era muy escasa, y después de fabricado el mismo, la producción es mucho mayor y se advierte tanto un crecimiento industrial, como económico en el futuro.

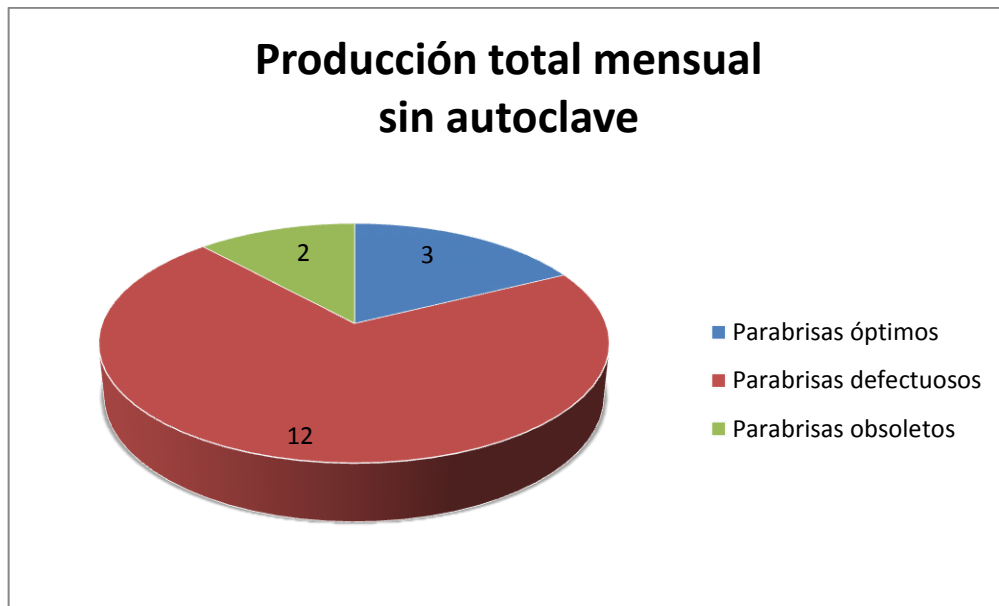
Para analizar el estado de la empresa en la línea de parabrisas laminados, podemos separar un antes y un después del autoclave.

### Sin Autoclave

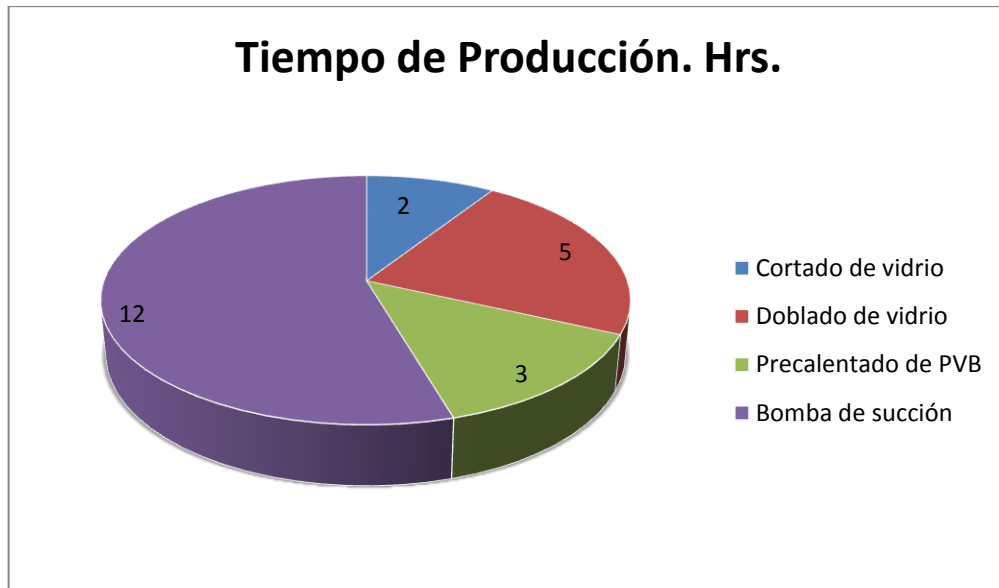
La fabricación sin el autoclave necesitaba de dos máquinas adicionales después de salidos los vidrios del horno de doblado.

Una máquina para precalentar el plástico PVB, y otro para succionar el aire que se encontraba entre los dos vidrios que son necesarios para un parabrisas de seguridad. Pero esto no era garantía de calidad, ya que usualmente el aire entre parabrisas se condensaba y creaba burbujas o espacios que además de carecer de calidad certificada, no tenían una presentación estética y eran anti técnicos.

Otro problema que se presentaba con el anterior método de fabricación, era el alto número de parabrisas defectuosos que no podían ser vendidos por las razones expuestas anteriormente.



**Fig. 6.1** Gráfico de producción mensual de parabrisas sin autoclave  
**Fuente:** Registros de producción de Glassvit



**Fig. 6.2** Tiempo de fabricación de parabrisas laminado sin autoclave  
**Fuente:** Registros de producción de Glassvit

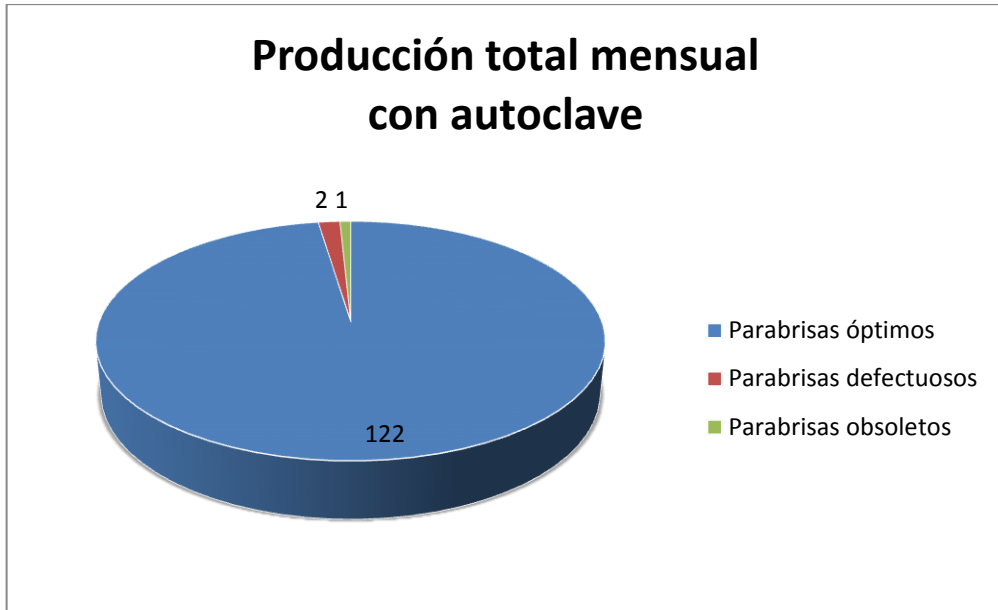
Con la gráfica anterior se puede evidenciar las pérdidas que la compañía poseía debido a la deficiente maquinaria. No solo se fabricaba parabrisas con deficiencias, si no que algunos parabrisas se estropeaban y no daban lugar a posibles reparaciones con otros métodos.

Además el Departamento Administrativo estaba obligado a comprar parabrisas a otras empresas, generando pérdidas por cada unidad pedida a Glassvit, en tanto que el Departamento de Producción perdía horas tratando de fabricar parabrisas, que al final de la línea de producción no serían vendidos.

### Con Autoclave

Desde la puesta en marcha del autoclave, la producción ha aumentado aproximadamente en 8 veces y tiende a aumentar, puesto que los pedidos crecen y la calidad de los parabrisas de Glassvit ganan reputación por su desempeño.

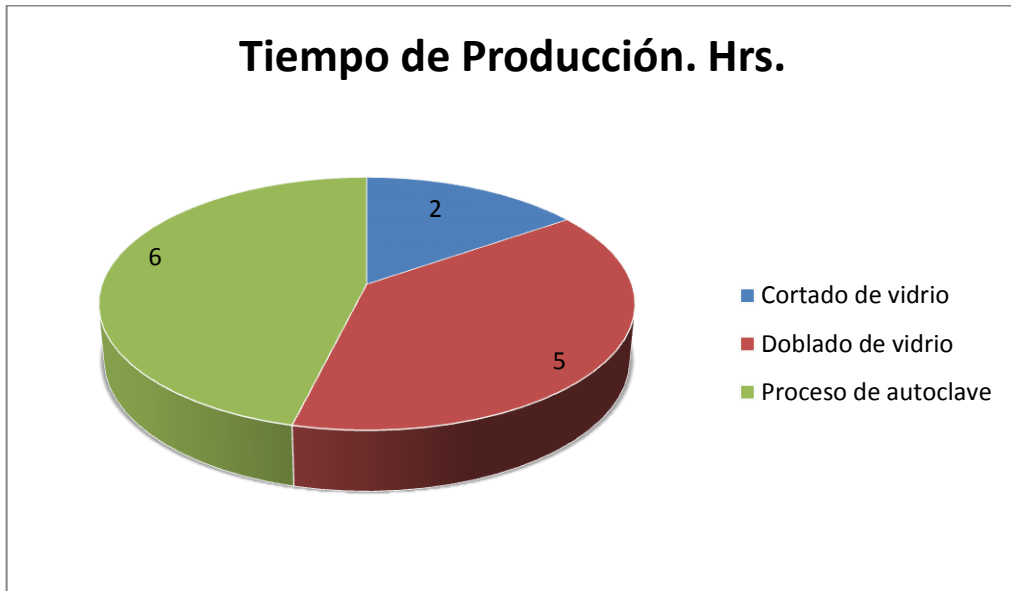
Con la implementación del autoclave, solo es necesario usar esta máquina para obtener parabrisas laminados de seguridad, ahorrando así tiempo en la línea de producción, energía eléctrica y personal de trabajo.



**Fig. 6.3** Gráfico de producción mensual de parabrisas con autoclave

**Fuente:** Registros de producción de Glassvit

Como demuestra el gráfico, el autoclave tiene un éxito de cerca del 98% en la fabricación de parabrisas, un dato que no se compara con la producción sin esta maquinaria, no solo por sus pocas fallas sino también por la cantidad de unidades que se pueden obtener en cada proceso.



**Fig. 6.4** Tiempo de fabricación de parabrisas laminado con autoclave

**Fuente:** Registros de producción de Glassvit





El autoclave demuestra ser una máquina altamente eficiente, pues cumple con su objetivo de fabricar parabrisas, en un menor tiempo y con menor rango de fallas.

También se debe resaltar que, con el autoclave no es necesario precalentar el plástico PVB, puesto que este proceso ya lo lleva a cabo el propio autoclave con sus ciclos de operación.

## **Análisis Estadísticos de Producción**

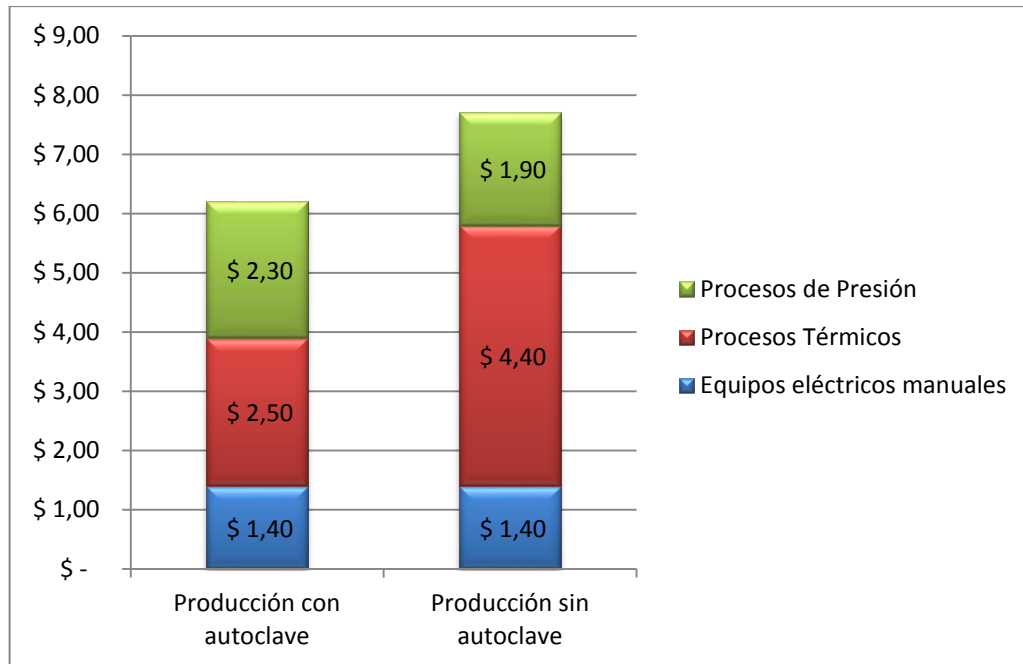
Con los análisis anteriores queda demostrado que la gran inversión realizada en el proyecto de la construcción del autoclave fue una decisión acertada para los intereses de Glassvit.

Pero se debe también realzar algunos aspectos, sobre todo en costos de producción de una unidad de parabrisas, esto con el fin de exponer las ventajas de poseer un autoclave en este tipo de industrias.

Para lo cual se tomará en cuenta los datos que posee el Departamento de Producción de Glassvit, tomando en consideración, que algunos valores son confidenciales y manejados tan solo por personal de Glassvit.

### Costo de energía eléctrica de producción

El siguiente cuadro muestra los valores en dólares de la producción de un parabrisas, en las dos producciones, con autoclave y sin autoclave, y especificando cada línea de proceso.



**Fig. 6.5** Costo en dólares por cada unidad de parabrisas

**Fuente:** Registros de producción de Glassvit

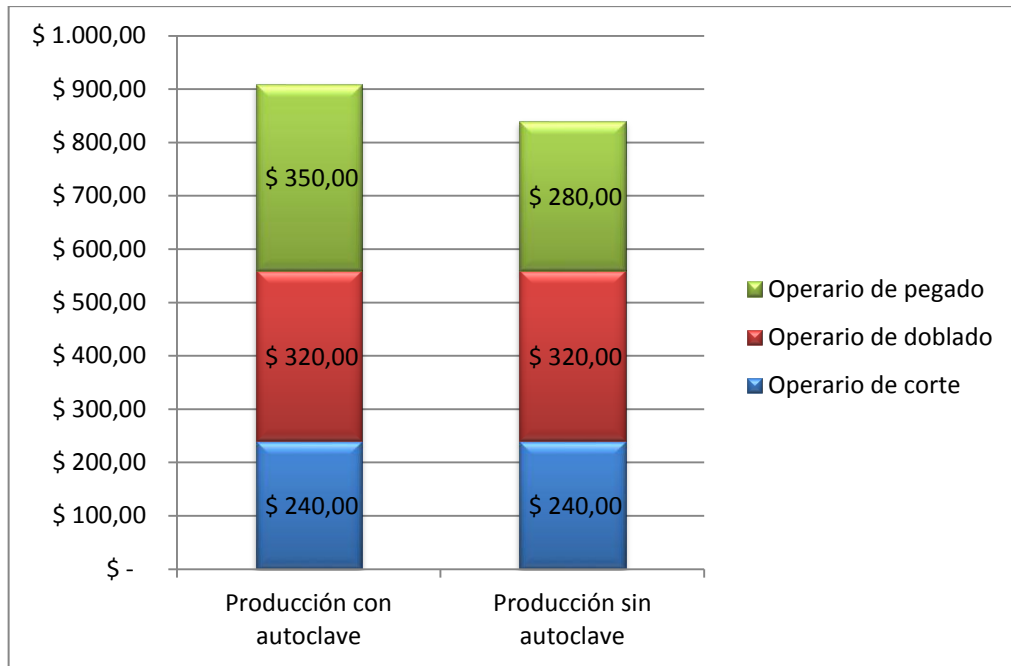
El costo por un parabrisas sin el autoclave es de \$7,7. Mientras que el costo de fabricación de un parabrisas con el autoclave es \$6,2.

Este cuadro demuestra la eficiencia del autoclave, ya que incluye procesos térmicos y de presión en una sola operación, abaratando así costos.

Aunque el número de parabrisas que se manufacturaban sin el autoclave es mucho menor que en la actualidad, y los costos de energía eléctrica eran menores, se debe tener en cuenta que por la gran venta de parabrisas después de implementar el autoclave es rentable el costo total de energía, y en aproximadamente 5 parabrisas se puede pagar la energía usada en la producción mensual.

Costo de mano de obra de producción

El siguiente cuadro muestra los valores de los sueldos mensuales de las personas que intervienen en la elaboración de un parabrisas de la línea de laminado. Para cada operación se necesita de dos personas ya que la transportación de los vidrios y la manipulación de los equipos ameritan la coordinación de este número de operarios.



**Fig. 6.6** Costo sueldo mensual de operarios  
**Fuente:** Registros de administración de Glassvit

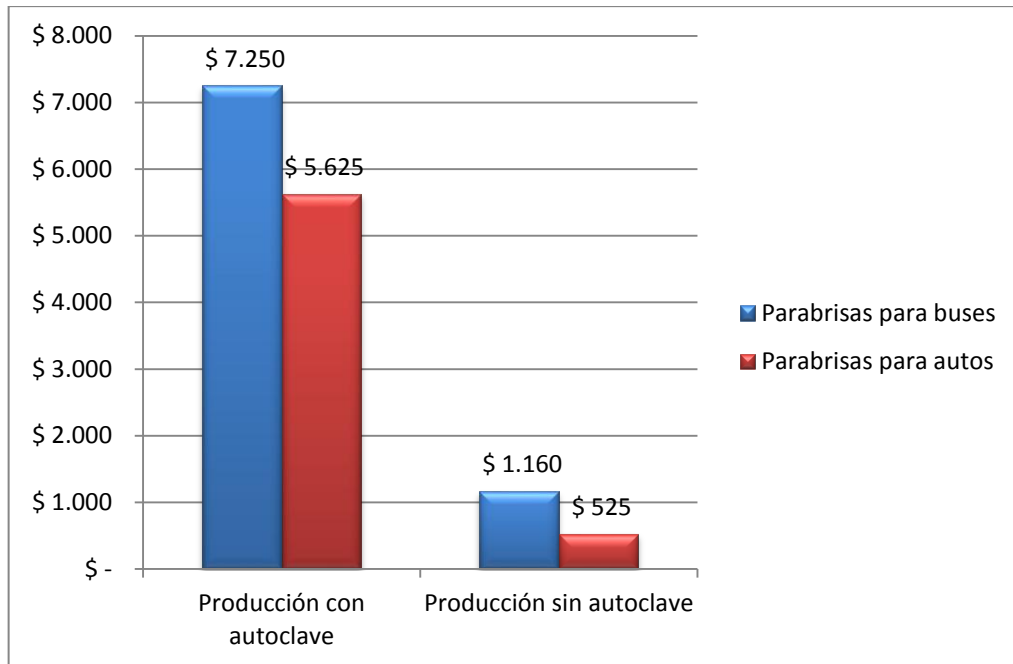
El costo de los procesos de corte y doblado son los mismos con y sin autoclave, pero el costo del operario que está encargado del funcionamiento del autoclave es mayor debido a que debe ser una persona capacitada para el equipo, con experiencia en recipientes a presión, y lo más importante, con conocimientos del ciclo de operación el plástico PVB, tanto de temperatura como de presión.

Valores de ingreso por parabrisas producidos

El parabrisas laminado de seguridad tiene un valor mayor al parabrisas templado, y el precio depende si se usa para autos pequeños o buses.

El precio promedio de un parabrisas de automóvil es de \$ 75, mientras el promedio para un bus es \$ 145.

El autoclave, es usado para la elaboración de parabrisas de buses y autos, y para la elaboración de una gráfica se tomarán en cuenta un promedio de ventas aproximado de la empresa.



**Fig. 6.7** Ingresos mensuales en la línea de parabrisas laminados  
**Fuente:** Registros del Departamento Administrativo de Glassvit

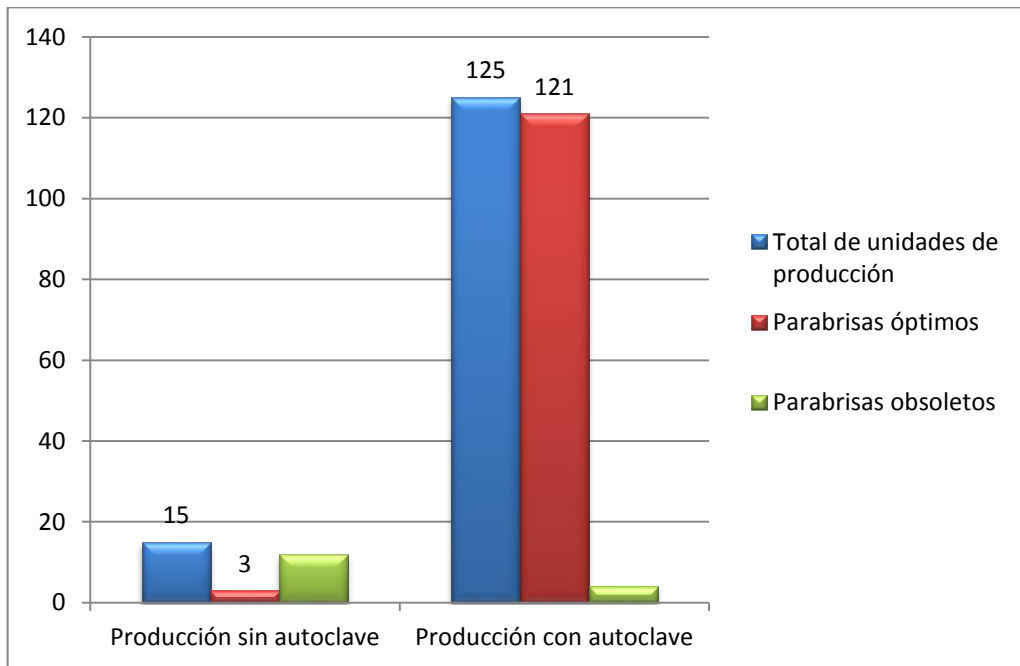
Como se mencionó anteriormente, la producción aumentó aproximadamente 8 veces, pero los valores de las ventas no lo hicieron de tal manera, debido a que hay mayores gastos en energía eléctrica y mano de obra, así como logística de transportación del vidrio.

Incluso con el aumento de varios gastos, se puede demostrar claramente la mejora en el ingreso de la empresa en parabrisas laminados. Y se espera continuar y aumentar la producción.

**Presentación de resultados de análisis**

Tras el análisis de los costos de producción en diferentes parámetros, se puede evidenciar la eficiencia del autoclave, y su gran aporte a los ingresos de Glassvit. Lo que refleja una decisión acertada por parte de la gerencia al emprender el proyecto.

Para demostrar la capacidad del trabajo del autoclave podemos apreciar un gráfico que explica el número de parabrisas fabricados y el valor de productos que presentan fallas.



**Fig. 6.8** Datos de parabrisas fabricados por mes  
**Fuente:** Registros de producción de Glassvit

Se puede apreciar en la gráfica la gran diferencia que existía entre la fabricación de parabrisas con maquinaria que no era específica para los procesos de manufactura de parabrisas de seguridad, con la producción del autoclave.

Con los obvios resultados del análisis, que favorecen en todos los aspectos a la producción de parabrisas laminados con autoclaves, solo resta aguardar un tiempo en el cual se logre recuperar la inversión, el cual ha sido fijado por la compañía en 6 años, tiempo aceptable para costear los gastos de construcción adquiridos y las deudas a los inversionistas.



## CAPÍTULO 7

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1. CONCLUSIONES

- Para determinar el diseño más conveniente en la construcción de un recipiente a presión, se debe consultar los manuales del Código ASME Secc. VII Div. 1 y 2, y seguir las recomendaciones del mismo.
- Para empezar con el diseño estructural, es necesario conocer, cerciorarse y garantizar las medidas que el cliente desea obtener, para que el recipiente cuente con el material necesario.
- Los espesores de cuerpo, cabeza y demás elementos son obtenidos mediante los cálculos que sugiere la norma, por lo que son valores confiables para las operaciones.
- Para alcanzar la presión deseada, se debe diseñar la máquina tomando en cuenta la pérdida de presión generada por las sumas de aberturas de las boquillas del recipiente y las tapas.
- El proyecto de diseño y construcción concluyó con éxito y en el tiempo establecido por la empresa Glassvit Cía. Ltda., pasando todas las pruebas a las que fue sometido el recipiente; y dejándolo listo para que continúen con la implementación del mismo en la planta de la empresa.
- Con los cálculos realizados en el proyecto, se garantiza alcanzar la presión y la temperatura necesaria por el tiempo requerido para lograr la adherencia y fijación del plástico PVB en los vidrios.
- Cada boquilla de acople debe ser diseñada bajo un análisis dimensional, estructural y de soldadura, siguiendo las recomendaciones del código, lo cual le permitirá desempeñarse de mejor forma en el funcionamiento del autoclave.
- La elaboración de los planos es detallada en dimensiones, piezas, nombres, materiales y con vistas que ayuden a los operarios a realizar buenos cortes del material.



- Específicamente en los detalles internos del recipiente, se necesita crear un diseño estructural que soporte el peso del coche contenedor, de vidrios y del material aislante que recubrirá internamente el autoclave.
- Las pruebas hidrostática y neumática fueron superadas con éxito y certifican la seguridad de operación de la máquina.
- La exitosa culminación del proyecto de diseño y construcción de este complejo recipiente sometido a presión, es muestra clara de la capacidad tecnológica de empresas ecuatorianas en el sector industrial.
- Con el informe económico se puede afirmar que es conveniente para Glassvit, fabricar el autoclave en el país, puesto que la construcción del recipiente tiene un valor actual de US\$ 54.280,00; y el costo total es de US\$ 67.000,00. Estableciéndose de esta manera un costo menor que la oferta realizada por todas las empresas internacionales dedicadas a la fabricación de recipientes a presión.
- Debido a la complejidad del funcionamiento del equipo, Glassvit contrató los servicios de técnicos extranjeros capacitados en la manipulación de autoclaves, con el fin de obtener detalles de los elementos de la maquinaria y mejoras que se pueden realizar con una fabricación personalizada y específica para laminación de parabrisas.

## 7.2. RECOMENDACIONES

- En caso de tener dudas sobre la aplicación del Código en los diseños, se debe consultar con expertos para una ayuda apropiada y oportuna.
- Intercambiar información e ideas entre los acreedores del proyecto y las empresas que prestan servicios, para establecer planes de procesos y programas de control de una manera clara y precisa.
- Los espesores de cuerpo, cabeza y demás elementos son obtenidos mediante los cálculos que sugiere la norma, por lo que son valores confiables para las operaciones.
- Comprobar los materiales de tuberías y sus longitudes que serán conectadas al autoclave para realizar los cálculos necesarios de pérdida de presión.



- Supervisar el trabajo realizado por los operarios de las empresas que brindan todos los servicios de construcción de la máquina, de manera que se pueda corregir alguna duda sobre el diseño del autoclave.
- Investigar sobre el uso específico del recipiente para establecer los materiales a usar que mejor se adapten a los requerimientos del autoclave.
- Incentivar a los estudiantes para involucrarse a los proyectos de empresas que consideren la innovación tecnológica como política de crecimiento en el mercado.
- Verificar la calidad de las boquillas, neplos y tubería con certificaciones de importadores o fabricantes de los elementos.
- Evitar usar materiales de dudosa procedencia y calidad, buscando abaratar costos, ya que está en juego la vida de seres humanos y cuantiosas pérdidas de equipos.
- Solicitar de manera profesional, documentos y certificados que acrediten a las empresas que intervienen en el proyecto, con el fin de garantizar la calidad de sus trabajos.
- Realizar un análisis financiero con todos los costos que se prevén, tanto para los materiales, equipo humano e infraestructura conveniente para la fabricación de maquinaria.
- Para el funcionamiento y manipulación del autoclave, se debe capacitar a técnicos y operarios, ya que un recipiente a presión siempre implica riesgos inminentes que ponen en peligro la integridad física del equipo y de los operarios.





## **ANEXOS**





<p><b>QUALITY CONTROL MANUAL</b>  <b>MISCELLANEOUS RECEIVING</b>  <b>INSPECTION REPORT</b>                  (REPORTE DE INSPECCIÓN DE RECEPCIÓN DE MISCELANEOS)</p>	<p>Edition 2                      Exhibit 10                      Revision 0                      Page 1 of 1</p>
---	---

No. 5-0022A

PO N°	DESCRIPTION (DESCRIPCIÓN)	SPECIFICATION (ESPECIFICACIÓN)	MARKING (MARCADO)	RESULT (RESULTADO)	Q.C. INSPECTOR (INSPECTOR C.C.)	
					SIGNATURE (FIRMA)	DATE (FECHA)
	Couplings SA 105 1/2" x 2000 lbs Cnt: 6U	SA - 105 3000 lbs	SA - 105	ACCEPTED		13-01-2011
	Couplings SA 105 3/4" x 6000 lbs Cnt: 4U	SA - 105 6000 lbs	SA - 105	ACCEPTED		13-01-2011
	Couplings SA 105 1" x 3000 lbs Cnt: 2U	SA - 105 3000 lbs	SA - 105	ACCEPTED		13-01-2011
	Couplings SA 105 1 1/4" x 2000 lbs Cnt: 12U	SA 105 2000 lbs	SA - 105	ACCEPTED		13-01-2011

\_\_\_\_\_  
 QCC

16-01-2011  
 \_\_\_\_\_  
 DATE



УКРАИНА  
UKRAINE



О А О АЛЧЕВСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ"  
JOINT STOCK COMPANY "ALCHEVSK IRON & STEEL WORKS"

94202 г. Алчевск, ул. Шмидта, 4  
тел. (06442) 9-23-14  
факс: (06442) 9-43-47, 3-71-47

94202, Ukraine, Alchevsk, Schmidt str. 4.  
Tel: (06442) 9-23-14  
Fax: (06442) 9-43-47, 3-71-47

ЗАВОДСКОЙ СЕРТИФИКАТ КАЧЕСТВА №  
MILL'S QUALITY CERTIFICATE №

65957

Дата 18.04.06  
Date

Лист из листов  
Sheet 1 of 1 sheets

Свидетельство о приемочных испытаниях  
Inspection certificate

EN 10204/3.1

Контракт № Contract №	0108/2087	Заводской заказ № Manufacturer's production order №	4199
--------------------------	-----------	--	------

Заказчик: Корпорация 'Индустриальный Союз Донбасса' (ИСД)

Customer: Corporation "Industrial Union of Donbass"

Вагон №  
RW-car № 68548106

LOT 4

Наименование товара: Description of goods:	горячекатаный стальной лист с обрезными кромками hot rolled steel plates with sheared edges	Стандарт: Standard: ASTM A516/A516M толерансы по ASTM A6/A6M плоскостность 1/2 ASTM A6/A6M UST ASTM A435/A435M
Марка стали Grade of steel	ASTM A516-70	

Состояние поставки:  
Delivery condition: горячекатаный  
hot-rolled

№ позиц. Item	Номера плавов Cast №	Номера листов Test №	Размеры, мм Dimensions, mm			Количество товара, шт/мест Quantity/pcs	Теоретический вес, тн Theoretical weight, tn
			Толщина Thickness	Ширина Width	Длина Length		
16	06600262	5661, 5662	14.3	2440	12000	2	6,574
17	06600262	5654, 5655, 5656, 5657, 5658, 5660	19.1	2440	12000	6	26,340
15	06500251	5594, 5595	12.7	2440	6000	2	2,920
Total quantity (pcs):			10	Total theoretical weight (tn)		35,834	



**ANEXO 2. Plan de Inspección General**

Plan de inspección de bocas

**EXAMINATION AND INSPECTION PLAN**

(EXAMEN Y PLAN DE INSPECCIÓN)

Edition 2  
Exhibit 4  
Revision 0  
Page 1 of 2

Proyecto N°: S-0082A - GLASSVIT		Aprobado por: Ing. C. Vela		Rev. N°: 0	Fecha: 01-02-2011			
Código: ASME Sección VIII Div 1		Plano N°: AUT-BT01						
Edición: 2007 Addenda: 2008		N° Serie: AUT-01						
N°	Descripción de Actividad	Referencia	Punto de Inspección AI	Resultados	QC Inspector		AI	
					Inicial	Fecha	Inicial	Fecha
1	Revisión de planos	QCM-Secc I		OK	<i>[Signature]</i>			
2	Revisión de cálculos	QCM-Secc I		OK	<i>[Signature]</i>			
3	Revisión de WPS/PQR	Secc - IX		OK	<i>[Signature]</i>			
4	Revisión de WPQ	Secc - IX		OK	<i>[Signature]</i>			
5	Revisión de planchas para cuerpos	Secc - IIA		OK	<i>[Signature]</i>			
6	Recepción de cabezas y chequeo dimensional	Secc - IIA UG-81		OK	<i>[Signature]</i>			
8	Revisión de bridas,couplings	Secc - IIA		OK	<i>[Signature]</i>			
9	Chequeo de redondez de los cuerpos N°: 01, 02	UG - 80		OK	<i>[Signature]</i>			
10	Armado y punteado de las juntas longitudinales (Ver Anexo A)	UW - 13 UW - 31/33		OK	<i>[Signature]</i>			
11	Armado y punteado de CABEZAS con CUERPOS (Ver Anexo A)	UW - 13 UW - 31/33		OK	<i>[Signature]</i>			
12	Inspección visual de las soldaduras (Ver Anexo A)	UW - 35		OK	<i>[Signature]</i>			
13	Radiografía de juntas soldadas (Ver Anexo A)	ENDE-RT-01		OK	<i>[Signature]</i>			
14	Armado y punteado de conexiones al cuerpo (Ver Anexo A)	UW - 13		OK	<i>[Signature]</i>			
15	Inspección visual de las soldaduras de las conexiones (Ver Anexo A)	UW-30/32		OK	<i>[Signature]</i>			
16	Armado y punteado de Silletas, orejas de izaje, internos, soportes de internos y placas soporte.	UW - 13 UW - 31/33		OK	<i>[Signature]</i>			
17	Verificación sello y sistema de apertura	-----		OK	<i>[Signature]</i>			



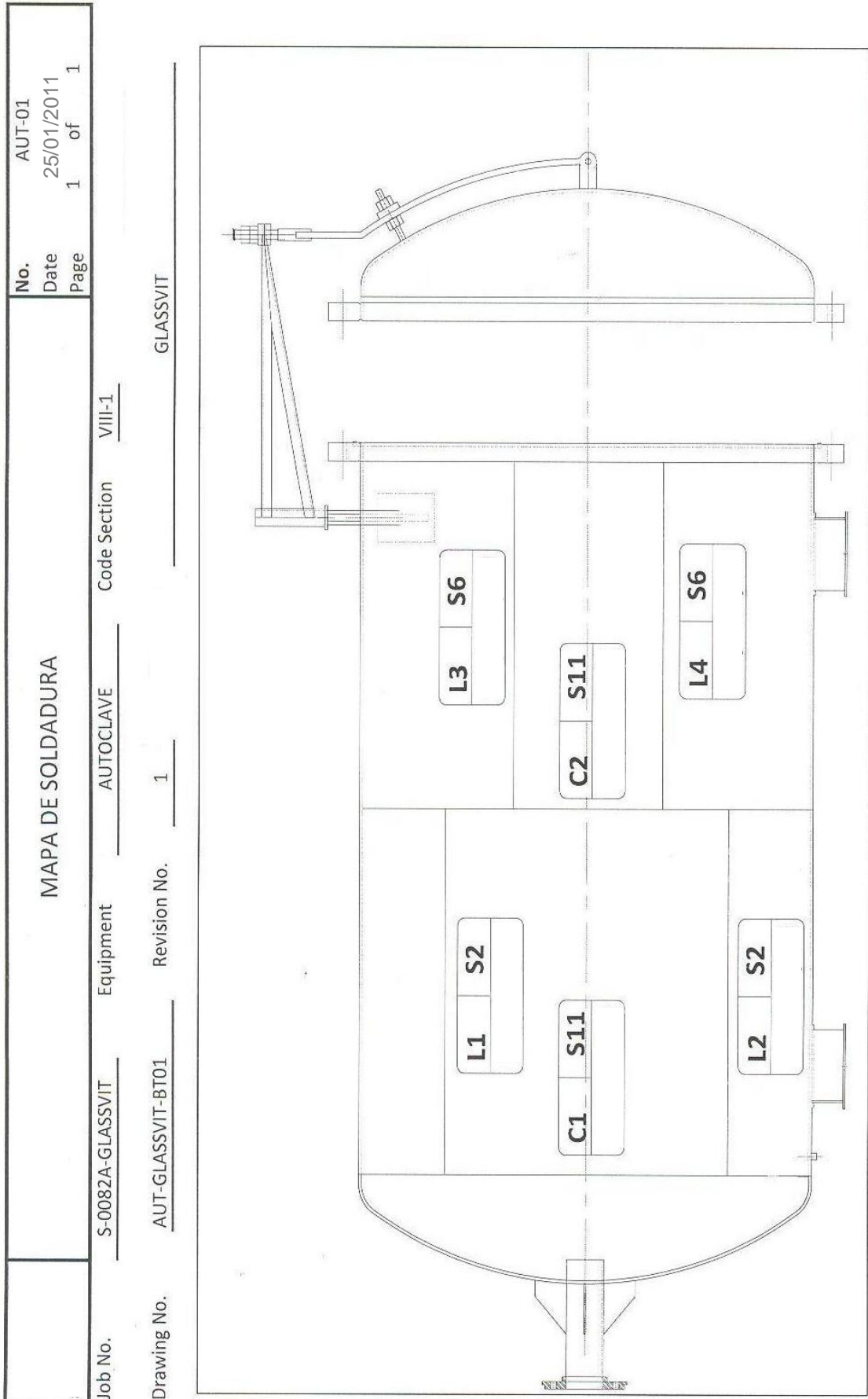
**EXAMINATION AND INSPECTION PLAN**  
(EXAMEN Y PLAN DE INSPECCIÓN)

Edition 2  
Exhibit 4  
Revision 0  
Page 2 of 2

Proyecto N°: S-0082A - GLASSVIT      Aprobado por: Ing. C. Vela      Rev. N°: 0      Fecha: 01-02-2011 Código: ASME Sección VIII Div 1      Plano N°: AUT-BT01 Edición: 2007      Addenda: 2008      N° Serie: AUT-01								
N°	Descripción de Actividad	Referencia	Punto de Inspección AI	Resultados	QC Inspector		AI	
					Inicial	Fecha	Inicial	Fecha
18	Inspección visual final del interior y exterior	UW-35/36		OK	<i>[Signature]</i>			
19	Prueba Neumática	HT-001		OK	<i>[Signature]</i>			
20	Preparación superficial	Ver		OK	<i>[Signature]</i>			
21	Pintura	Ver Especific.		OK	<i>[Signature]</i>			
22	Libro de datos	Ver Especific.		OK	<i>[Signature]</i>			
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								



**ANEXO 3. Mapa de Soldadura**





**ANEXO 4. Revisión de Plan de Soldadura**

MAIN JOINTS EXAMINATION AND INSPECTION PLAN												
Job No. 5-0082A-GLASSVIT		Equipment AUTOCLAVE		Code Section VIII-1 Ed. / Add. 2007/2008		No. AUT-BT01		Rev. 0				
Drawing No. AUT-BT01		Revision No. 1		GLASSVIT		Date 28/01/2011		Page 1 of 1				
Approved By: Ing. C. Vela Q.		Date 30/01/2011										
JOINT	Bevel Prepair Examination			Fit up & Tack welds VE			Visual Examination of Welded Joint			NDE		
	Examinat. Results	Inspect. Results	Inspect. Results	Examinat. Results	Inspect. Results	Inspect. Results	Examinat. Results	Inspect. Results	Inspect. Results	Examinat. Results	Inspect. Results	Inspect. Results
L1	Jan 21-01-2011			Jan 25-01-2011			Jan 31-01-2011			Jan 02-02-2011		
L2	Jan 21-01-2011			Jan 25-01-2011			Jan 31-01-2011			Jan 02-02-2011		
L3	Jan 21-01-2011			Jan 25-01-2011			Jan 31-01-2011			Jan 02-02-2011		
C1	Jan 21-01-2011			Jan 25-01-2011			Jan 31-01-2011			Jan 02-02-2011		
C2B1	Jan 21-01-2011			Jan 25-01-2011			Jan 31-01-2011			Jan 02-02-2011		
C2B2	Jan 21-01-2011			Jan 25-01-2011			Jan 31-01-2011			Jan 02-02-2011		

anexo a

Página 1





**ANEXO 5. Revisión de Plan de Soldadura de Bocas**

MAIN JOINTS EXAMINATION AND INSPECTION PLAN											
Job No. S008ZA-GLASSVIT		Equipment AUTOCLAVE		Code Section VIII-1 Ed. / Add. 2007/2008		No. AUT-01 Rev. 1		Date 28/01/2011		Page 1 of 2	
Drawing No. AUT-GLASSVIT-BT01		Revision No. 1		GLASSVIT							
Approved By:		Date									
NOZZLE	Fit up & Tack welds VE Flange to neck		V E Flange to Neck Weld		Fit up & Tack welds VE Nozzle to shell/head		NDE/TEST		Inspect. Results	Report No.	
	Examinat. Results	Inspect. Results	Examinat. Results	Inspect. Results	Examinat. Results	Inspect. Results	Examinat. Results	Inspect. Results			
N1					PPH 31-01-2011		PPH 03-02-2011				
N2					PPH 31-01-2011		PPH 03-02-2011				
N3					PPH 31-01-2011		PPH 03-02-2011				
N4					PPH 31-01-2011		PPH 03-02-2011				
N5					PPH 31-01-2011		PPH 03-02-2011				
N6					PPH 31-01-2011		PPH 03-02-2011				
N7					PPH 31-01-2011		PPH 03-02-2011				
N8					PPH 31-01-2011		PPH 03-02-2011				

anexo b

Página 1



<b>MAIN JOINTS EXAMINATION AND INSPECTION PLAN</b>											
Job No. S0082A-GLASSVIT		Equipment AUTOCLAVE		Code Section VIII-1 Ed. / Add. 2007/2008		No. AUT-01		Rev. 1			
Drawing No. AUT GLASSVIT BT01		Revision No. 0		GLASSVIT		Date 28/01/2011		Page 2 of 2			
Approved By:		Date									
NOZZLE	Fit up & Tack welds VE Flange to neck			V E Flange to Neck Weld			Fit up & Tack welds VE Nozzle to shell/heat			RDE/TEST	
	Examinat. Results	Inspect. Results	Inspect. Results	Examinat. Results	Inspect. Results	Inspect. Results	Examinat. Results	Inspect. Results	Inspect. Results	Examinat. Results	Report No.
N9										03-02-2011	
N10										03-02-2011	
N11										03-02-2011	
N12										03-02-2011	
N13										03-02-2011	
N14										03-02-2011	



**Soldadura**

**ANEXO 6. WPS**

Page 1 of 2

**QW-482 WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS(WPS)**  
 (See QW-200.1, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

---

Company Name B & T Cia Ltda By: Ing. Eduardo Cisneros  
 Welding Procedure Specification No. 1-1-FCAW-6 Revision No. 1  
 Supporting PQR No.(s) PQR 36 Date 05/09/2005  
 Welding Process(es) FCAW Type(s) SEMI-AUTOMATIC  
(Automatic, Manual, Machine, or Semi-Auto.)

---

**JOINTS (QW-402)** Details

Joint Design GROOVE & FILLET  
 Backing (Yes)  (no)   
 Backing Material (Type) BASE/WELD METAL  
(Referirse a ambos el respaldo y los Retenedores)  
 Metal  Nonfusing Metal  
 NonMetallic  Other

SEE DETAILS ON  
FABRICATION  
DRAWINGS

Sketches, Production Drawings, Weld Symbols or Written Description should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the root spacing and the details of weld groove may be specified.

Retainers NOT USED

---

**\*BASE METALS (QW-403)**  
 P-No. 1 Group No. 1,2 to P-No. 1 Group No. 1,2  
 OR  
 Specification type and grade \_\_\_\_\_  
 to Specification type and grade \_\_\_\_\_  
 OR  
 Chem. Analysis and Mech. Prop. \_\_\_\_\_  
 to Chem. Analysis and Mech. Prop. \_\_\_\_\_  
 Thickness Range:  
 Base Metal: Groove 0.1875 inch to 1.5 inch Fillet: All Thickness  
 Other NO WELDING PASS >1/2"THK.

---

*FILLER METALS (QW-404)	FCAW		
Spec. No. (SFA)	5,20		
AWS No. (Class)	E71T1		
F-No.	6		
A-No.	1		
Size of Filler Metals	1/16"		
Weld Metal			
Thickness Range			
Groove	1.5 " max.		
Fillet	All Thickness		
Electrode-Flux (Class)	N.A.	N.A.	
Flux Trade Name	N.A.	N.A.	
Consumable Insert	N.A.	N.A.	
Other	Flux Cored Wire		
	No Supplemental Filler		



QW-482 (Back)

WPS No. 1-1-FCAW-6 Rev. 1

<b>POSITIONS (QW-405)</b>		<b>POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)</b>	
Position(s) of Groove	<u>ALL</u>	Temperature Range	<u>None</u>
Welding Progression: Up.	<u>YES</u> Down <u>NO</u>	Time Range	<u>None</u>
Position(s) of Fillet	<u>ALL</u>		

<b>PREHEAT (QW-406)</b>		<b>GAS (QW-408)</b>		
Preheat Temp. Min.	<u>50°F</u>	Percent Composition		
Interpass Temp. Max.	<u>As Welded</u>	Gas(es)	(Mixture)	Flow Rate
Preheat Maintenance	<u>Up to finish the weldment</u>	Shielding	<u>CO2</u>	<u>---</u> <u>15 - 20 l/min</u>
		Trailing	<u>NONE</u>	<u>---</u>
		Backing	<u>NONE</u>	<u>---</u>

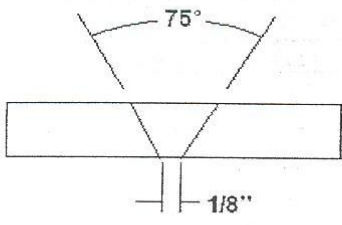
<b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)</b>	
Current AC or DC	<u>DC</u> Polarity <u>Reverse Polarity</u>
Amps (Range)	<u>See Table</u> Volts (Range) <u>See Table</u>
<small>(Amps and volts range should be recorded for each electrode size, position, and thickness, etc.) This information may be used listed in a tabular form similar to that show below</small>	
Tungsten Electrode Size and Type	<u>N.A.</u>
Mode of Metal Transfer For FCAW	<u>SPRAY</u>
Electrode Wire feed speed range	<u>VARIABLE</u>

<b>TECNICA (QW-410)</b>	
String or weave bead	<u>Both</u>
Orifice or Gas Cup Size	<u>1/4" - 3/4"</u>
Initial Cleaning (Brushing, Grinding, etc)	<u>Grinding and brushing up to obtain a base metal free of deleterious materials</u>
Interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc)	<u>Grinding and brushing up to remove all slag</u>
Method of Back Gouging	<u>Arc-Air and Grinding</u>
Oscillation	<u>N.A.</u>
Contact Tube to Work Distance	<u>5/8" - 7/8"</u>
Multiple or Single Pass (per side)	<u>SINGLE AND MULTIPLE</u>
Multiple or Single Electrodes	<u>SINGLE</u>
Travel Speed (Range)	<u>VARIABLE</u>
Peening	<u>Not Allowed</u>
Other	

Weld Layer(s)	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Travel Speed Range	Other (e.g. Remarks, Comments, Hot Wire, Addition, Technique, Torch Angle, Etc.)
		Class	Dia.	Type Polar.	Amp. Range			
<u>1-N</u>	<u>FCAW</u>	<u>E71T1</u>	<u>1/16"</u>	<u>DCRP</u>	<u>150 - 330</u>	<u>28 - 34</u>	<u>Variable</u>	



**ANEXO 7. PQR**

QW-483 PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR) (See QW-200.2, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code) Record Actual Conditions Used to Weld Test Coupon.																																																								
<p>Company Name <u>B&amp;T CIA LTDA</u></p> <p>Procedure Qualification Record No. <u>PQR-36</u></p> <p>WPS No. <u>1-1-FCAW-6</u></p> <p>Welding Process(es) <u>FCAW</u></p> <p>Types(Manual, Automatic, Semi-Auto.) <u>SEMI-AUTOMATIC</u></p>																																																								
<p><b>JOINTS (QW-402)</b></p>  <p style="text-align: center;">Groove Design of Test Coupon <small>(For combination qualifications, the deposited weld metal thickness shall be recorded for each filler metal or process used.)</small></p>																																																								
<p><b>BASE METALS (QW-403)</b></p> <p>Material Specification <u>SA-516</u> to <u>SA-516</u></p> <p>Type or Grade <u>70</u> to <u>70</u></p> <p>No. P <u>1</u> Gr. No. <u>1,2</u> a No. P <u>1</u> Gr. No. <u>1,2</u></p> <p>Thickness of Test Coupon <u>0,75"</u></p> <p>Diameter of Test Coupon <u>N.A.</u></p> <p>Other _____</p>	<p><b>POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)</b></p> <p>Temperature <u>N.A.</u></p> <p>Time <u>N.A.</u></p> <p>Other _____</p>																																																							
<p><b>FILLER METALS (QW-404)</b></p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 30%;"><u>FCAW</u></td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td>SFA Specification</td> <td><u>5,20</u></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>AWS Classification</td> <td><u>E71T1</u></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Filler Metal F - No.</td> <td><u>6</u></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Weld Metal Analysis A - No.</td> <td><u>1</u></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Size of Filler Metal</td> <td><u>1/16"</u></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td><u>Flux Cored Wire</u></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td><u>No Supplemental Filler</u></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Weld Metal Thickness</td> <td><u>0,75"</u></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		<u>FCAW</u>			SFA Specification	<u>5,20</u>			AWS Classification	<u>E71T1</u>			Filler Metal F - No.	<u>6</u>			Weld Metal Analysis A - No.	<u>1</u>			Size of Filler Metal	<u>1/16"</u>			Other	<u>Flux Cored Wire</u>				<u>No Supplemental Filler</u>			Weld Metal Thickness	<u>0,75"</u>			<p><b>GAS (QW-408)</b></p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">Percent Composition</th> </tr> <tr> <th>Gas(es)</th> <th>Mixture</th> <th>Flow Rate</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Shielding</td> <td><u>CO2</u></td> <td><u>-----</u></td> <td><u>20 l/min</u></td> </tr> <tr> <td>Trailing</td> <td><u>NONE</u></td> <td><u>-----</u></td> <td><u>-----</u></td> </tr> <tr> <td>Backing</td> <td><u>NONE</u></td> <td><u>-----</u></td> <td><u>-----</u></td> </tr> </tbody> </table>		Percent Composition			Gas(es)	Mixture	Flow Rate	Shielding	<u>CO2</u>	<u>-----</u>	<u>20 l/min</u>	Trailing	<u>NONE</u>	<u>-----</u>	<u>-----</u>	Backing	<u>NONE</u>	<u>-----</u>	<u>-----</u>
	<u>FCAW</u>																																																							
SFA Specification	<u>5,20</u>																																																							
AWS Classification	<u>E71T1</u>																																																							
Filler Metal F - No.	<u>6</u>																																																							
Weld Metal Analysis A - No.	<u>1</u>																																																							
Size of Filler Metal	<u>1/16"</u>																																																							
Other	<u>Flux Cored Wire</u>																																																							
	<u>No Supplemental Filler</u>																																																							
Weld Metal Thickness	<u>0,75"</u>																																																							
	Percent Composition																																																							
	Gas(es)	Mixture	Flow Rate																																																					
Shielding	<u>CO2</u>	<u>-----</u>	<u>20 l/min</u>																																																					
Trailing	<u>NONE</u>	<u>-----</u>	<u>-----</u>																																																					
Backing	<u>NONE</u>	<u>-----</u>	<u>-----</u>																																																					
<p><b>POSITION (QW-405)</b></p> <p>Position of Groove <u>3G</u></p> <p>Weld Progression (Uphill, Downhill) <u>Uphill</u></p> <p>Other _____</p>	<p><b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)</b></p> <p>Current <u>DC</u></p> <p>Polarity <u>RP</u></p> <p>Amps <u>170 - 180 Amp</u> Volts <u>24 V</u></p> <p>Tungsten Electrode Size <u>NA</u></p> <p>Other <u>Spray arc</u></p>																																																							
<p><b>PREHEATING (QW-406)</b></p> <p>Preheat Temperature <u>50°F</u></p> <p>Interpass Temperature <u>As Welded</u></p> <p>Other _____</p>	<p><b>TECHNIQUE (QW-410)</b></p> <p>Travel Speed <u>VARIABLE</u></p> <p>String or Weaved Bead <u>STRING</u></p> <p>Oscillation <u>N.A.</u></p> <p>Multipass or Single Pass (per side) <u>SINGLE AND MULTIPLE PASS</u></p> <p>Single or Multiple Electrodes <u>SINGLE ELECTRODE</u></p> <p>Other _____</p>																																																							

B&T CIA LTDA.  
ACCEPTANCE  
ACCEPTED  
*[Signature]*  
020



**QW-483 (BACK)**

PQR No.       PQR-36      

**Tensile Test (QW-150)**

Specimen No.	Width	Thickness	Area	Ultimate Total Load	Ultimate Unit Stress	Type of Failure & Location
FCAW T1-S2-1	0,806"	0,78"	0,6284 pig2	45.395,16 lb.	72.243,45 psi	BASE METAL
FCAW T2-S2-1	0,782"	0,77"	0,6023 pig2	48.501,70 lb.	80.525,09 psi	BASE METAL

**Guided - Bend Test (QW-160)**

Type and Figure No.	Result
SIDE BEND QW-462.2	NO DISCONTINUITES
SIDE BEND QW-462.2	NO DISCONTINUITES
SIDE BEND QW-462.2	NO DISCONTINUITES
SIDE BEND QW-462.2	NO DISCONTINUITES

**Toughness Test (QW-170)**

Specimen No.	Notch Location	Specimen Size	Test Temperature	Impact Values			Drop Weight Break (Y/N)
				Ft. - Lbs.	% Shear	Mils	

Comments \_\_\_\_\_

**Fillet - Weld Test (QW-180)**

Result - Satisfactory    Yes \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_    Penetration into Parent Metal:    Yes \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Macro - Result \_\_\_\_\_

**Other Tests**

Type of Test \_\_\_\_\_

Deposit Analysis \_\_\_\_\_

Other \_\_\_\_\_

---

Welder's Name       EDISON ASIPUELA          Clock No. \_\_\_\_\_    Stamp No.       S2      

Test conducted by:       ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL          Laboratory Test No.       3552(1)      

We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Code          2004          Edition    Addenda

Manufacturer       B&B FCA LTDA      

Date       09/09/2005          By       \_\_\_\_\_      

B&B FCA LTDA


ACCEPTANCE  
ACEPTADO

\_\_\_\_\_

QCC



**ANEXO 8. WPQ**



**QW-484A WELDER PERFORMANCE QUALIFICATIONS (WPQ)**  
(See QW-301, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

---

Welder's name EDISON ASIPUELA ALAJO Identification S2

Test Description 1-1-SMAW-2 Rev.0  Test coupon  Production weld

Identification of WPS followed SA -516 - 70 to SA -516 - 70 Thickness 3/4"

Specification of base metal(s) SA -516 - 70 to SA -516 - 70 Thickness 3/4"

**Testing Conditions and Qualification Limits**

**Welding Variables (QW-350)**

Welding process(es) \_\_\_\_\_

Type (ie; manual, semi-auto) used \_\_\_\_\_

Backing (metal, weld metal, double-welded, etc) \_\_\_\_\_

Plate  Pipe (enter diameter if pipe or tube) \_\_\_\_\_

Base metal P- or S-Number to P- or S-Number \_\_\_\_\_

Filler metal or electrode specification(s) (SFA) (info. Only) \_\_\_\_\_

Filler metal or electrode classification(s) (SFA) (info. Only) \_\_\_\_\_

Filler metal F- Number(s) \_\_\_\_\_

Consumable insert (GTAW or PAW) \_\_\_\_\_

Filler type (solid/metal or flux cored/powder) (GTAW or PAW) \_\_\_\_\_

Process 1: SMAW 3 layers minimum  Yes  No

Process 2: N.A. 3 layers minimum  Yes  No

Position qualified (2G, 6G, 3F, etc.) \_\_\_\_\_

Vertical Progression (uphill or downhill) \_\_\_\_\_

Type of fuel gas (OFW) \_\_\_\_\_

Inert gas backing (GTAW, PAW, GMAW) \_\_\_\_\_

Transfer mode (spray/globular or pulse to short circuit-GMAW) \_\_\_\_\_

GTAW current type/polarity (AC,DCEP,DCEN) \_\_\_\_\_

Actual Values		Range Qualified
SMAW		SMAW
MANUAL		MANUAL
Weld Metal		With
N.A.		>= 27/8 OD (F) : >24 OD (T) Groove
P 1 TO P 1		ALL DIAMETER FILLET
5.1		P-No. 1-11, P-No.34, P-No.41-47
E-7018		
4		1/2/3/4
N.A.		N.A.
N.A.		N.A.
N.A.		N.A.
0.75		All Thk. Groove All Thk. Fillet
N.A.		N.A.
3G		F, V Groove; F, H, V Fillet
Uphill		Uphill
N.A.		N.A.
N.A.		N.A.
N.A.		N.A.
N.A.		N.A.

---

**RESULTS**

Visual Examination of Completed Weld (QW-302.4) Acceptable

Bend test;  Transverse root and face [QW-462.3(a)];  Longitudinal root and face [QW-462.3(b)];  Side (QW-462.2);

Pipe bend specimen, corrosion - resistant overlay [QW-462.5(c)]  Plate bend specimen, corrosion - resistant overlay [QW-462.5(d)]

Macro test for fusion [QW-462.5(b)];  Macro test for fusion [QW-462.5(e)]

Type	Result	Type	Result	Type	Result
SMAW SB1-S2-2	APPROVED	SMAW SB3-S2-2	APPROVED		
SMAW SB2-S2-2	APPROVED	SMAW SB4-S2-2	APPROVED		

Alternative radiographic examination results (QW-191) NO

Fillet weld - fracture test (QW-180) N.A. Length and percent of defects N.A.

Macro examination (QW-184) N.A. Fillet size (in.) N.A. x N.A. Concavity/convexity (in.) N.A.

Other tests NO

Film or specimens evaluated by \_\_\_\_\_ Company \_\_\_\_\_

Mechanical tests conducted by ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Laboratory test no. 3552(2)

Welding supervised by ING EDUARDO CISNEROS G.

We certify that the statements in this record are correct and that the test coupons were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code 2004 Edition Addenda \_\_\_\_\_

Date 09/09/2005 Organization B&T CIA. LTDA.

By [Signature] ACEPTADO

QCC



**QW-484A WELDER PERFORMANCE QUALIFICATIONS (WPQ)**  
(See QW-301, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

---

Welder's name EDISON ASIPUELA ALAJO Identification S2

**Test Description**

Identification of WPS followed 1-1-FCAW-6 Rev.1  Test coupon  Production weld  
 Specification of base metal(s) SA -516 - 70 to SA -516 - 70 Thickness 3/4"

**Testing Conditions and Qualification Limits**

Welding Variables (QW-350)	Actual Values	Range Qualified
Welding process(es) Type (ie; manual, semi-auto) used Backing (metal, weld metal, double-welded, etc.) <input checked="" type="checkbox"/> Plate <input type="checkbox"/> Pipe (enter diameter if pipe or tube)	FCAW SEMI-AUTOMATIC Weld Metal N.A.	GMAW / FCAW SEMI-AUTOMATIC With ≥ 2.375 OD Groove F,H,V FILLET
Base metal P- or S-Number to P- or S-Number	P 1 TO P 1	P-No. 1-11, P-No.34, P-No.41-47
Filler metal or electrode specification(s) (SFA) (info. Only)	5.20	
Filler metal or electrode classification(s) (SFA) (info. Only)	E-71T1	
Filler metal F- Number(s)	6	6
Consumable insert (GTAW or PAW)	N.A.	N.A.
Filler type (solid/metal or flux cored/powder) (GTAW or PAW)	N.A.	N.A.
Process 1: <u>FCAW</u> 3 layers minimum <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	0,75	All Thk. Groove All Thk. Fillet
Process 2: <u>N.A.</u> 3 layers minimum <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No	N.A.	N.A.
Position qualified (2G, 6G, 3F, etc.)	3G	F, V
Vertical Progression (uphill or downhill)	Uphill	Uphill
Type of fuel gas (OFW)	N.A.	N.A.
Inert gas backing (GTAW, PAW, GMAW)	NOT USED	MAY BE USED
Transfer mode (spray/globular or pulse to short circuit-GMAW)	Spray	Spray/Globular/Pulsating
GTAW current type/polarity (AC, DCEP, DCEN)	N.A.	ANY

---

**RESULTS**

Visual Examination of Completed Weld (QW-302.4) Acceptable

Bend test;  Transverse root and face [QW-462.3(a)];  Longitudinal root and face [QW-462.3(b)];  Side (QW-462.2);  
 Pipe bend specimen, corrosion - resistant overlay [QW-462.5(c)];  Plate bend specimen, corrosion - resistant overlay [QW-462.5(d)];  
 Macro test for fusion [QW-462.5(b)];  Macro test for fusion [QW-462.5(e)]

Type	Result	Type	Result	Type	Result
FCAW SB1-S2-1	APPROVED	FCAW SB3-S2-1	APPROVED		
FCAW SB2-S2-1	APPROVED	FCAW SB4-S2-1	APPROVED		

Alternative radiographic examination results (QW-191) NO

Fillet weld - fracture test (QW-180) N.A. Length and percent of defects N.A.

Macro examination (QW-184) N.A. Fillet size (in.) N.A. x N.A. Concavity/convexity (in.) N.A.

Other tests NO

Film or specimens evaluated by \_\_\_\_\_ Company \_\_\_\_\_

Mechanical tests conducted by ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Laboratory test no. 3552(1)

Welding supervised by ING EDUARDO CISNEROS G.

We certify that the statements in this record are correct and that the test coupons were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code 2004 Edition 0 Addenda


Date 09/09/2005 Organization B & T Cia Ltda

By [Signature]





**ANEXO 9. Reporte de Calibración de Equipos**




## RADIOGRAPHIC INSPECTION REPORT

Inadequate Penetration	IC Internal Concavity	CP Cluster Porosity	AD Accumulation of Imperfections
Inadequate Penetration High Low	BT Burn Through	HB Hollow-bead Porosity	SD Shape Defects
Inadequate Cross Penetration	ESI Elongated Slag Inclusions	C Cracks	O Others
Incomplete Fusion	ISI Isolated Slag Inclusions	E.U. External Undercutting	
Incomplete Fusion due a Cold Lap	P Porosity (individual)	I.U. Internal Undercutting	

OWNER NAME: BEITE PROJECT: S0082A FASSUIT

Exposure: <u>RT-00</u>	Material: <u>ACERO</u>	Film: <u>FUSI 20</u>	Isotope: <u>Ir 192</u>	Ci: <u>10</u>	Focal size: <u>0.175</u>
ographic Technique: <u>PS-V5</u>	Minimum Distance Film to Source:	H&D: <u>2-4</u>	IQ: <u>A-5TH-B</u>		
Processing: <u>Manual</u> ✓	Temp (°C): <u>20</u> ✓	Time (min):	Developing: <u>5</u> ✓	Stop Rinse: <u>2</u> ✓	Fixing: <u>10</u> ✓
					Final Rinse: <u>30</u> ✓

Radiographic number	Welder (s) #	Welding	Location	Qualification		Dia (in)	Thickness OR Sch W/M	Exposure Quantity	Density	LOCATION OF DEFECTS AND REMARKS
				Y	N					
		<u>CR</u>	<u>0 - 150</u>		✓	<u>80"</u>	<u>12.7</u>	<u>1</u>	✓	<u>ESI(2-7)</u>
			<u>150 - 300</u>		✓	<u>12.7</u>	<u>12.7</u>	<u>1</u>	✓	<u>ESI(165-172)P(223-225)</u>
			<u>300 - 450</u>		✓	<u>12.7</u>	<u>12.7</u>	<u>1</u>	✓	<u>AD (300-450)</u>
			<u>450 - 600</u>		✓	<u>12.7</u>	<u>12.7</u>	<u>1</u>	✓	<u>AD (450-580)</u>
			<u>600 - 640</u>		✓	<u>12.7</u>	<u>12.7</u>	<u>1</u>	✓	
		<u>LR</u>	<u>55 - 115</u>		✓	<u>N/A</u>	<u>12.7</u>	<u>1</u>	✓	
			<u>115 - 170</u>		✓	<u>N/A</u>	<u>12.7</u>	<u>1</u>	✓	
		<u>LB</u>	<u>0 - 55</u>		✓	<u>N/A</u>	<u>12.7</u>	<u>1</u>	✓	

DATE: <u>R-2-11</u>	SITE: <u>PLANTA BEITE</u>	STATION: _____	LINE: _____	Unit #:	Report:
No. of Radiographed Welds:	Acceptance Code: <u>ASME VIII</u>	Reference Norm: <u>ASME V</u>			
Hours Worked:	Remarks:				
NAME:	NAME:	NAME: <u>D. CAUTILLIN</u>	LEVEL:		
CUSTOMER	INSPECTOR	 QUALIFICATOR			
DATE:	DATE:	DATE:			



# RADIOGRAPHIC INSPECTION REPORT

I.P. Inadequate Penetration	IC Internal Concavity	CP Cluster Porosity	AD Accumulation of Imperfections
IPD Inadequate Penetration High Low	BT Burn Through	HB Hollow-bead Porosity	SD Shape Defects
ICP Inadequate Cross Penetration	ESI Elonged Slag Inclusions	C Cracks	O Others
I.F. Incomplete Fusion	ISI Isolated Slag Inclusions	E.U. External Undercutting	
IFD Incomplete Fusion due a Cold Lap	P Porosity (individual)	I.U. Internal Undercutting	

CUSTOMER NAME: BEITE PROJECT: S0082A FACUIT

Procedure: <u>RT-001-08</u>	Material: <u>ACERO</u>	Film: <u>KODAK AA</u>	Isotope: <u>Ir 192</u>	Ci: <u>10</u>	Focal size: <u>0.175</u>
Radiographic Technique: <u>PD-VS</u>	Minimum Distance Film to Source: <u>30"</u>	H&D: <u>2.1</u>	IQI: <u>A-SM-B</u>		
Processing: Manual <input checked="" type="checkbox"/>	Temp (°C): <u>20</u> <input checked="" type="checkbox"/>	Time (min)	Developing	Stop Rinse	Fixing
			<u>5</u> <input checked="" type="checkbox"/>	<u>2</u> <input checked="" type="checkbox"/>	<u>10</u> <input checked="" type="checkbox"/>
					Final Rinse <u>30</u> <input checked="" type="checkbox"/>

Radiographic number	Welder (s) #	Welding	Location	Qualification		Dia (in)	Thickness OR Sch W/m	Exposure Quantity	Density	LOCATION OF DEFECTS AND REMARKS
				Y	N					
		<u>CR</u>	<u>0-30</u>		<input checked="" type="checkbox"/>	<u>N/A</u>	<u>12.7</u>	<u>1</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<u>ESI (4-8) ESI (19-29)</u>
		<u>CR.1</u>	<u>0-30</u>		<input checked="" type="checkbox"/>	<u>N/A</u>	<u>12.7</u>	<u>1</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<u>ESI (0-15)</u>
		<u>CR.2</u>	<u>0-30</u>		<input checked="" type="checkbox"/>	<u>N/A</u>	<u>12.7</u>	<u>1</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	
		<u>L1R</u>	<u>55-115</u>		<input checked="" type="checkbox"/>	<u>N/A</u>	<u>12.7</u>	<u>1</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	
		<u>L2R</u>	<u>0-55</u>		<input checked="" type="checkbox"/>	<u>N/A</u>	<u>12.7</u>	<u>1</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	
			<u>55-115</u>		<input checked="" type="checkbox"/>	<u>N/A</u>	<u>12.7</u>	<u>1</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<u>ESI (90-95)</u>
			<u>115-170</u>		<input checked="" type="checkbox"/>	<u>N/A</u>	<u>12.7</u>	<u>1</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<u>ESI (145-150)</u>
		<u>L3R</u>	<u>0-55</u>		<input checked="" type="checkbox"/>	<u>N/A</u>	<u>12.7</u>	<u>1</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<u>ESI EN LA CIRCULAR</u>
		<u>L4R</u>	<u>0-55</u>		<input checked="" type="checkbox"/>	<u>N/A</u>	<u>12.7</u>	<u>1</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	
			<u>55-115</u>		<input checked="" type="checkbox"/>	<u>N/A</u>	<u>12.7</u>	<u>1</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	
			<u>115-130</u>		<input checked="" type="checkbox"/>	<u>N/A</u>	<u>12.7</u>	<u>1</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	

DATE: <u>R-2-11</u>	SITE: <u>PLANTA BYT</u>	STATION: _____	LINE: _____	Unit #:	Report:
No. of Radiographed Welds: <u>5</u>	Acceptance Code: <u>ASME VIII</u>	Reference Norm: <u>ASME V</u>		Remarks:	
Hours Worked:	NAME: <u>Dano Vallejo.</u>				
	NAME: _____		NAME: <u>D. CAJULIN</u>		LEVEL: <u>II</u>
	CUSTOMER				INSPECTOR
DATE: _____	DATE: _____		DATE: _____		



### RADIOGRAPHIC INSPECTION REPORT

I.P. Inadequate Penetration	IC Internal Concavity	CP Cluster Porosity	AD Accumulation of Imperfections
IPD Inadequate Penetration High Low	BT Burn Through	HB Hollow-bead Porosity	SD Shape Defects
ICP Inadequate Cross Penetration	ESI Elonged Slag Inclusions	C Cracks	O Others
I.F. Incomplete Fusion	ISI Isolated Slag Inclusions	E.U. External Undercutting	
IFD Incomplete Fusion due a Cold Lap	P Porosity (individual)	I.U. Internal Undercutting	

CUSTOMER NAME: BEITE PROJECT: S0082A BLASSVIT

Procedure: <u>RT-001-08</u>	Material: <u>A</u>	Film: <u>KODAK AA</u>	Isotope: <u>Ir 192</u>	Ci: <u>10</u>	Focal size: <u>0.175</u>
Radiographic Technique: <u>PD-V5</u>	Minimum Distance Film to Source: <u>30"</u>	H&D: <u>R-4</u>	IQI: <u>A-STM-B</u>		
Processing: <u>Manual</u> ✓	Temp (°C): <u>20</u> ✓	Time (min)	Developing	Stop Rinse	Fixing
			<u>5</u> ✓	<u>2</u> ✓	<u>10</u> ✓
					<u>30</u> ✓

Radiographic number	Welder (s) #	Welding	Location	Qualification		Dia (in)	Thickness OR Sch mm	Exposure Quantity	Density	LOCATION OF DEFECTS AND REMARKS
				Y	N					
		C1	0-30	✓		N/A	12.7	1	✓	
		C2	0-30		✓	N/A	12.7	1	✓	IP (0-30)
		L1	0-55	✓		N/A	12.7	1	✓	
			55-115		✓	N/A	12.7	1	✓	ISI (6B)
			115-170	✓		N/A	12.7	1	✓	
		L2	0-55		✓	N/A	12.7	1	✓	ISI (0)
			55-115	✓		N/A	12.7	1	✓	P(56-65) ESI, P(78-96)
			115-170	✓		N/A	12.7	1	✓	ESI, P(145-150) ESI, P(155-170)
		L3	0-55		✓	N/A	12.7	1	✓	ESI CIRCULAR UNION COSTURAS
			55-115	✓		N/A	12.7	1	✓	
			115-130	✓		N/A	12.7	1	✓	
		L4	0-55		✓	N/A	12.7	1	✓	IP (0) UNION DE COSTURAS.
			55-115	✓		N/A	12.7	1	✓	ESI (98)
			115-130	✓		N/A	12.7	1	✓	IP (117-130)

DATE: <u>R-2-11</u>	SITE: <u>PLANTA BEITE</u>	STATION: _____	LINE: _____	Unit #:	Report:
No. of Radiographed Welds: <u>6</u>	Acceptance Code: <u>ASME VIII</u>	Reference Norm: <u>ASME V</u>			
Hours Worked:	Remarks:				
NAME: <u>Dario Vallejo</u>	NAME:	NAME: <u>D. CAUILLIN</u>	LEVEL: <u>II</u>		
CUSTOMER	INSPECTOR	QUALIFICATOR			
DATE:	DATE:	DATE:			

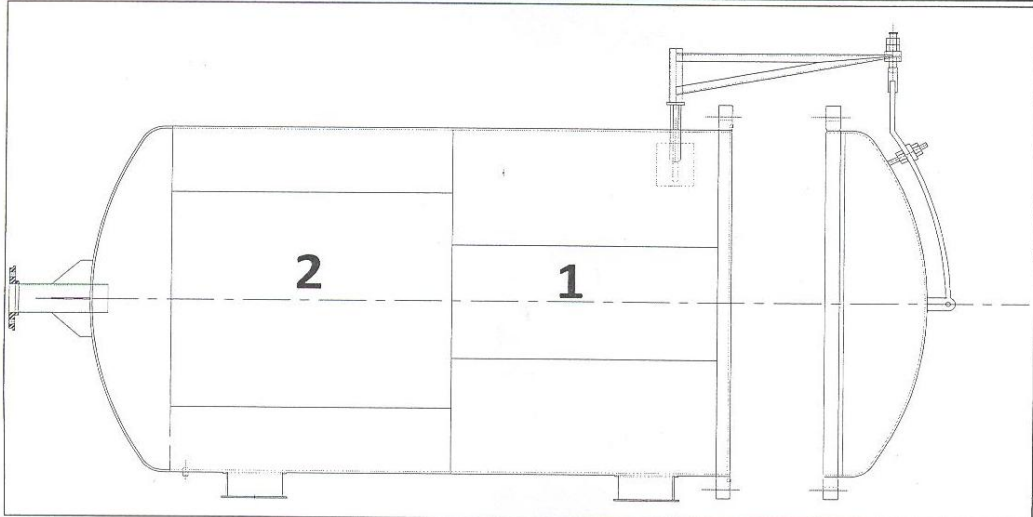


**ANEXO 10. Reporte de Inspección de Pintura**

<p><u>MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD</u></p> <p><u>REPORTE DE INSPECCIÓN DE PREPARACIÓN SUPERFICIAL</u></p>	Exhibit 29
	Revision 0
	Pagina 1/1

PROYECTO: S-0082A GLASSVIT EQUIPO: AUT-01 FECHA: 03/02/2011

SUPERFICIE:  INTERNA  EXTERNA INSPECCIÓN VISUAL:  LIMPIEZA TOTAL:



**REGISTRO DE PREPARACIÓN SUPERFICIAL : 2-4 (mils)**

ZONA	MUESTRA	ZONA	MUESTRA
1 Int.	<p><b>PRESS-O-FILM™</b> Made in U.S.A.</p> <p>No. <u>GLASSVIT 14</u></p> <p>Reading <u>2.9</u></p> <p>Gage less 2.0 mils or 50 µm</p> <p><b>TESTEX</b> NEWARK, DE 19715 USA</p> <p>X COARSE (1.5 to 4.5 mils) or (40 to 115 µm)</p> <p>Perfil de Anclaje: <u>2.9 mils</u></p>	1 Ext.	<p><b>PRESS-O-FILM™</b> Made in U.S.A.</p> <p>No. <u>GLASSVIT E1</u></p> <p>Reading <u>3.2</u></p> <p>Gage less 2.0 mils or 50 µm</p> <p><b>TESTEX</b> NEWARK, DE 19715 USA</p> <p>X COARSE (1.5 to 4.5 mils) or (40 to 115 µm)</p> <p>Perfil de Anclaje: <u>3.2 mils</u></p>
2 Int.	<p><b>PRESS-O-FILM™</b> Made in U.S.A.</p> <p>No. <u>GLASSVIT 12</u></p> <p>Reading <u>3.3</u></p> <p>Gage less 2.0 mils or 50 µm</p> <p><b>TESTEX</b> NEWARK, DE 19715 USA</p> <p>X COARSE (1.5 to 4.5 mils) or (40 to 115 µm)</p> <p>Perfil de Anclaje: <u>3.3 mils</u></p>	2 Ext.	<p><b>PRESS-O-FILM™</b> Made in U.S.A.</p> <p>No. <u>GLASSVIT E2</u></p> <p>Reading <u>3.5</u></p> <p>Gage less 2.0 mils or 50 µm</p> <p><b>TESTEX</b> NEWARK, DE 19715 USA</p> <p>X COARSE (1.5 to 4.5 mils) or (40 to 115 µm)</p> <p>Perfil de Anclaje: <u>3.5 mils</u></p>

Inspector de Control de Calidad	<p>Jefe de Control de Calidad</p> <p>ACCEPTANCE</p> <p>ACEPTADO</p> <p><i>[Signature]</i></p>	Inspector del Cliente
Firma:	Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre: <u>Carlos #2010</u>	Nombre:
Fecha:	Fecha:	Fecha:



<b>MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD</b>		Exhibit 31 Revision 0 Pagina 1/3						
<b>REGISTRO DE INSPECCIÓN DE ESPESORES DE PINTURA</b>								
PROYECTO: S-0082A-GLASSVIT	EQUIPO: AUT-01 AUTOCLAVE	FECHA: 05/02/2011						
<b>MEDICIÓN DE ESPESORES: PRIMERA CAPA EXTERIOR (2,5 mils)</b>								
ZONA	PUNTO 1			Promedio	PUNTO 2			Promedio
	m1	m2	m3		m1	m2	m3	
1	3,90	3,40	2,60	3,3	1,80	2,50	1,85	2,1
	2,30	2,20	2,20		3,90	3,50	3,40	
	2,20	1,80	1,60		3,80	2,30	3,20	
2	2,20	2,20	2,20	2,2	2,80	3,50	3,50	3,4
	2,20	2,20	2,20		3,80	3,50	3,50	
	2,20	2,20	2,20		3,80	3,50	3,50	
3	1,80	1,60	1,90	1,8	1,80	2,30	3,40	3,2
	1,80	1,60	1,90		3,40	2,30	3,40	
	1,80	1,60	1,90		3,40	2,30	3,40	
PROMEDIO GENERAL:				2,43	2,7			
Inspector de Control de Calidad		Jefe de Control de Calidad		Inspector del Cliente				
Nombre:		Nombre: Carlos Vela		Nombre:		Nombre:		
Fecha:		Fecha:		Fecha:		Fecha:		



<p><b>MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD</b>  <b>REPORTE DE ADHERENCIA DE</b>  <b>PINTURA</b></p>	<p>Exhibit 32                  Revisión 0 Página                  1 de 1</p>
---	--

Proyecto: S-0082A- GLASSVIT

Equipo No. AUT-01

Fecha 1era Capa: 04/02/2011

Fecha 2da Capa: 05/02/2011

**ESPECIFICACIONES**

**INTERIOR**

Primera: Epóxico Coaltar  
 Segunda: Esmalte Amarillo  
 Tercera: N.A.

**EXTERIOR**

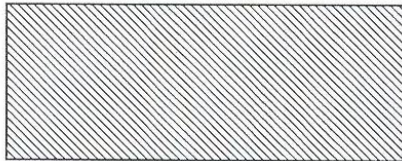
Primera: Epóxico Poliamida  
 Segunda: N.A.  
 Tercera: N.A.

**RESULTADO:**

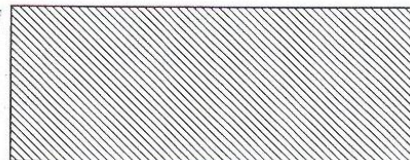
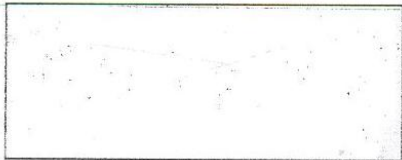
**Exterior**

**Interior**

1era Capa



2da Capa



**ACIONES:** El resultado es satisfactorio

Inspector de Control de Calidad	Jefe de Control de Calidad	Inspector del Cliente
Nombre:	Nombre: <u>Carlos Vela</u>	Nombre:
Fecha:	Fecha:	Fecha:



**ANEXO 11. Reporte de Prueba Neumática**

	<p><b>QUALITY CONTROL MANUAL</b>  <b>PRESSURE TEST REPORT</b>          (INFORME DE PRUEBAS DE PRESIÓN)</p>	<p>Edition 2          Exhibit 14          Revision 0          Page 1 of 1</p>
--	--	---

Project (Proyecto) N°: 2.3 3.2 5-0052A GLASSVHT Serial Number (Número de Serie): AUT-01

VESSEL (Recipiente): AUTOCLAVE 2.3

Type of Test (Tipo de Prueba): 1/2 2.1

HYDROSTATIC       PNEUMATIC

MAWP: \_\_\_\_\_ psi

TEST PRESSURE (PRESIÓN DE PRUEBA) 140 psi

TEST TEMPERATURE (TEMPERATURA DE PRUEBA) 64.4 °F

TIME OF TEST (TIEMPO DE PRUEBA) 4 horas

PRESSURE GAGE SERIAL NUMBER (NÚMERO DE SERIE): BT 27

PRESSURE GAGE RANGE (RANGO): 0-300 psi

PRESSURE GAGE CALIBRATION DATE (FECHA DE CALIBRACIÓN): \_\_\_\_\_

RESULTS (RESULTADO): Satisfactorio, la parte crítica que es el sello, no presentó fugas

TEST IN ACCORDANCE WITH (PRUEBA DE ACUERDO CON): \_\_\_\_\_

Q INSPECTOR \_\_\_\_\_ QCC \_\_\_\_\_

DATE (FECHA): \_\_\_\_\_ DATE (FECHA): 2-02-2011

A.I. \_\_\_\_\_

DATE (FECHA): \_\_\_\_\_ DATE (FECHA): \_\_\_\_\_

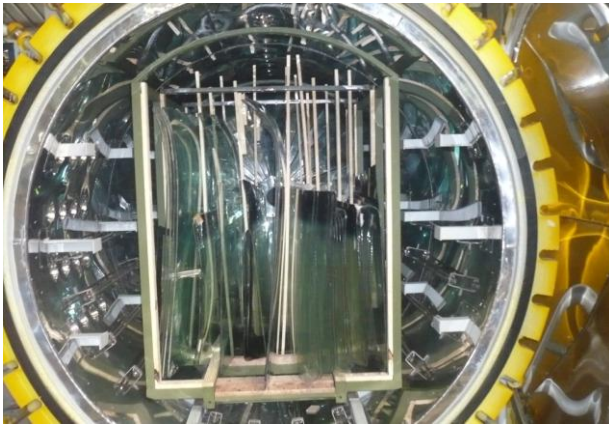














## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

1. MEGYESY, E.F. Pressure vessel handbook. 12<sup>th</sup> ed.
2. MARTINEZ J. Normas de construcción de recipientes a presión: guía del código ASME, sección viii. División 1. 1ra ed., 2008
3. HERNÁNDEZ G. Manual del Soldador. Madrid, 2006.
4. MOSS D. Pressure vessel Design manual, 3<sup>rd</sup> ed. 2007
5. BROWNE L. y YOUNG E. Process equipment design, 1959.
6. SHIGLEY, J.E. MISCHKE, C.R. Diseño en ingeniería mecánica. Traducido del inglés por Javier León Cárdenas. 6ta. Ed. Mc Graw Hill. México. 2002. 1257 p.
7. MANGONON P. Ciencia de materiales, selección y diseño. México, Prentice Hall, 2001.

## MATERIALES CONSULTADOS

1. AMERICAN WELDING SOCIETY. Structural welding code steel (Código de soldadura de acero estructural). An American National Standard, USA. 1. D1.1/D1.1M:2006.
2. ASME. Códigos: ASME sect. VIII Div. 1, ASME IX, ASME B31. EEUU. 2008.
3. MÉXICO, D.F. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL. Apuntes de ciencias de los materiales. Ingeniería Mecánica, 2008.
4. <http://www.asme.org/products/courses/asme-viii-div--1--diseno,-construccion-e-inspeccion>, español, 2007.
5. <http://libros.redsauce.net/CentralesTermicas/PDFs/08CT.pdf>, VIII.- diseño y análisis estructural de recipientes a presión, español, 2009.
6. <http://www.scribd.com/doc/17247549/disen-y-calculo-de-recipientes-a-presion>, español, 2001.