

**Estudio de Pre factibilidad para el diseño y comercialización de recipientes de almacenamiento para oxígeno medicinal en hospitales en la ciudad de Bogotá**

Deisy Paola Daza Aguirre  
Laura Yesenia Ospina Quintero

Universitaria Agustiniana  
Facultad de Ingeniería  
Programa de Ingeniería Industrial  
Bogotá D.C.  
2019

**Estudio de Pre factibilidad para el diseño y comercialización de recipientes de almacenamiento para oxígeno medicinal en hospitales en la ciudad de Bogotá**

Deisy Paola Daza Aguirre  
Laura Yesenia Ospina Quintero

Asesor:  
Nelson Vladimir Yepes

Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero Industrial

Universitaria Agustiniana  
Facultad de Ingeniería  
Programa de Ingeniería Industrial  
Bogotá D.C.  
2019

## Dedicatorias

Deisy Paola Daza...

A Dios.

Quien ha sido mi amigo permanente en todas las circunstancias de mi vida, exitosas y adversas, nunca me abandona, me llena de fuerza, valentía y perseverancia para seguir, para creer, para continuar, para crecer, sin su voluntad nada sería posible.

A mi hijo.

Joseph, que ha sido mi motor desde el inicio de este reto en mi vida, tenerte ha sido mi mayor bendición y un continuo aprendizaje, mis ganas para luchar día a día, mi orgullo, mi apoyo y este es un legado para que recuerdes siempre, nada en la vida es imposible, los sueños si pueden llegar hacerse realidad de la mano de Dios; con disciplina, esfuerzo, constancia y perseverancia.

A mi esposo.

Mi compañero de vida, el ser más incondicional a lo largo de todo este proceso, es quien me ha apoyado en todo momento, motivándome y ayudándome siempre.

A Laura Ospina.

Mi amiga, mi compañera de traspasos en esta carrera, una mujer guerrera, de admirar, quien me ha enseñado que pese a las circunstancias más terribles que se le puedan presentar en el camino, uno nunca debe dejarse vencer y desistir por aquello que quiere lograr.

Laura Ospina...

Dedico este trabajo a Dios, que ha sido quien me ha brindado su amor incondicional y la fortaleza para continuar ante las adversidades que se afrontan en el día a día de la vida cotidiana.

A mi mamá por ser participe al apoyarme con esta gran oportunidad y motivarme con su gran esfuerzo a cumplir mis propósitos, uno de ellos, el formarme profesionalmente.

A mi esposo, que ha sido un apoyo incondicional en esta etapa electiva, qué acompañado de su paciencia, amor y comprensión, me ha permitido continuar en mi proceso de formación.

A mis hijos, que, aunque uno esté en el cielo, sé que esto es un motivo de orgullo, ellos han sido mi impulso para demostrar que lo que se quiere con el corazón, se logra con perseverancia y que los frutos esperados también los veré reflejados en uno de ellos.

Por último, a mi compañera, amiga y confidente en muchas ocasiones, Deisy Daza, por estar conmigo a lo largo de nuestra carrera y apoyarme de manera desinteresada aportando a nuestro mutuo conocimiento.

## **Agradecimientos**

Agradecemos a Dios que nos ha permitido continuar con vida, salud, bienestar y nos sigue llenando de sus hermosas bendiciones.

Agradecemos al Ingeniero Nelson Vladimir Yepes de la Universitaria Agustiniiana, quien nos ha asesorado a lo largo de la elaboración de este proyecto y nos ha brindado sus amplios conocimientos. Ingeniero Industrial, Magister en Diseño, Asesor de Proyectos de Grado.

Al Ingeniero Ersson Idrobo, por brindarnos sus conocimientos en Criogenia. Ingeniero Mecánico.

A los docentes y a la Universitaria por la formación académica y espiritual a lo largo de nuestra carrera.

A nuestras familias que han sido nuestro soporte y motivación para lograrlo.

## **Resumen**

El proyecto de grado se realiza con el propósito de hacer un estudio que permita conocer cómo se lleva a cabo la construcción de un recipiente para el almacenamiento de oxígeno medicinal, identificar si este se puede construir con diversos materiales, conocer la normatividad que rige este tipo de productos y verificar si es viable o no su diseño y su respectiva comercialización.

Para esto, se decide utilizar el método de investigación descriptivo, se procede a dar la explicación de todo el proceso de diseño y los respectivos mantenimientos que se deben hacer a un recipiente ya construido. La investigación cuantitativa también se usa como medio específico para recolectar la información necesaria, que nos permite realizar este estudio y por último la investigación cualitativa, por medio de esta, se realiza una encuesta que nos permite conocer a profundidad las necesidades que se están presentando en estos momentos en el sector salud en Bogotá en cuanto a los recipientes de almacenamiento de oxígeno medicinal.

En este proyecto, se implementa la ingeniería industrial y mecánica, mezclando los conocimientos de construcción de maquinaria, realización de cálculos, elaboración de diseño de planta, de producto, realización de estudio financiero, entre otros.

Palabras claves: criogenia, gases industriales, metalmecánica, fabricación, pre factibilidad.

## **Abstract**

This project of degree, we made it with the purpose of making a study that allows us to know how it is carried out the construction of a container for the storage of medicinal oxygen, to identify if this can be constructed with diverse materials, to know the regulations that govern This type of products and verify if its design and its respective commercialization is viable or not.

For this, we decided to use the method of descriptive research, we will proceed to give the description of the entire design process and the respective maintenance that should be done to a container already built. Quantitative research is also used as a specific means to collect the necessary information, which allows us to carry out this study and finally the qualitative research, through this, an interview is conducted that allows us to know in depth the needs that are being presented in these moments in the health sector in Bogotá regarding the storage containers of medicinal oxygen.

In this project, industrial and mechanical engineering is implemented, mixing the knowledge of machinery construction, calculations, preparation of plant design, product, financial study, among others.

Keywords: cryogenics, industrial gases, metalworking, manufacturing, prefeasibility.

## Tabla de contenidos

Introducción.....	24
1. Identificación del problema .....	25
1.1. Antecedentes del problema .....	25
1.2. Descripción del problema.....	27
1.3. Formulación del problema .....	29
1.4. Sistematización.....	29
1.5. Definición de las variables del problema .....	29
1.5.1. Variables independientes.....	29
1.5.2. Variable dependiente.....	29
1.5.3. Variable interviniente.....	30
1.6. Análisis de los implicados.....	30
1.7. Hipótesis.....	30
1.8. Delimitación .....	31
2. Objetivos.....	32
2.1. Objetivo general .....	32
2.2. Objetivos específicos.....	32
3. Justificación .....	34
4. Marco referencial.....	35
4.1. Antecedentes de la investigación .....	35
4.2. Marco teórico .....	36
4.2.1. Almacenamiento de gases y fluidos criogénicos.....	36
4.2.2. Almacenamiento de gases criogénicos.....	37
4.2.3. Regulación de presión.....	39
4.2.4. Ventajas del estanque estacionario.....	40
4.2.5. Seguridad.....	41
4.2.6. Señalización del área.....	41
4.2.7. Manipulación.....	42
4.2.8. Riesgos para la salud.....	42
4.2.9. Primeros auxilios.....	43
4.2.10. Elementos de protección personal.....	44
4.2.11. Precauciones generales en el manejo de fluidos criogénicos.....	44
4.2.12. Emergencias por gases criogénicos.....	45
4.2.13. Estudio de factibilidad.....	48
4.3. Marco conceptual .....	53

4.3.1.	Método lean startup. ....	53
4.3.2.	Pasos fundamentales en el método lean startup.....	54
4.4.	Marco legal.....	54
4.4.1.	Normatividad. ....	55
5.	Marco metodológico.....	56
5.1.	Tipo de investigación .....	56
5.2.	Variables de la investigación.....	56
5.2.1.	Variables independientes.....	56
5.2.2.	Variable dependiente.....	56
5.2.3.	Variable interviniente.....	56
5.3.	Población y muestra .....	56
5.3.1.	Población.....	56
5.3.2.	Muestra.....	56
5.4.	Diseño metodológico.....	58
5.4.1.	Proceso metodológico.....	58
5.5.	Técnicas de análisis de la información.....	59
6.	Resultados de la investigación.....	61
6.1.	Estudio de mercado .....	61
6.1.1.	Análisis sectorial.....	61
6.1.2.	Estudio del microentorno.....	72
6.1.3.	Balance tecnológico.....	79
6.1.4.	Análisis DOFA.....	84
6.2.	Estudio de la demanda.....	84
	Ficha técnica de investigación de mercados.....	85
6.2.1.	Determinación del tamaño de la muestra para realizar la encuesta.....	86
6.2.2.	Pronósticos de ventas.....	99
6.2.3.	Estudio de la oferta.....	101
7.	Estudio técnico .....	106
7.1.	Diseño de tanque para almacenamiento de oxígeno medicinal.....	106
7.1.1.	Parámetros de diseño.....	106
7.1.2.	Conceptualización.....	106
7.2.	Cálculos.....	107
7.2.1.	Dimensionamiento del recipiente.....	107
7.2.2.	Cálculo de espesor de tanque interno.....	109

7.2.3.	Cálculo espesor de tapas torisfericas. ....	116
7.2.4.	Cálculo de conexiones y tubería del recipiente. ....	123
7.2.5.	Cálculo del gasificador de aumento de presión. ....	155
7.2.6.	Cálculo de flujo de calor total en el recipiente. ....	166
7.2.7.	Cálculo del espesor del tanque externo. ....	172
7.2.8.	Cálculo de anillos atiesadores.....	176
7.2.9.	Cálculo de tapas torisfericas para tanque externo. ....	179
7.2.10.	Cálculo de tanque vacío, lleno de oxígeno líquido y sistema completo.....	182
7.2.11.	Cálculo de peso total del conjunto completo.....	184
7.2.12.	Cálculo de esfuerzo en los soportes florero.....	184
7.3.	Verificación de diseño, resistencia de materiales – elementos finitos .....	187
7.3.1.	Tanque interno.....	189
7.3.2.	Soporte tanque interno.....	194
7.3.3.	Soportes verticales de tanque estacionario.....	199
7.4.	Ensamblajes y sub ensamblajes .....	203
7.5.	Diagramas de proceso y fabricación .....	204
7.5.1.	Sub ensamblajes de segundo nivel.....	205
7.5.2.	Sub ensamblajes de primer nivel.....	220
7.5.3.	Ensamble general.....	225
7.6.	Ficha técnica del producto.....	226
7.6.1.	Características físicas.....	226
7.7.	Manual de operación y mantenimiento .....	230
7.8.	Método SLP.....	235
7.8.1.	Área planta de producción.....	235
7.8.2.	Área de administración.....	236
7.8.3.	Área de zonas comunes.....	236
7.8.4.	Cálculo de área de superficies planta de producción por método Guarchet.....	237
7.8.5.	Resultado cálculo de áreas método Guarchet.....	243
7.8.6.	Diagrama relacional.....	243
7.9.	Cálculo de capacidad instalada .....	247
7.9.1.	Diagrama pert de fabricación.....	248
7.9.2.	Línea de ruta crítica CPM.....	250
7.10.	Programa maestro de producción MPS.....	250
7.10.1.	Elaboración del plan de requerimiento de materiales MRP.....	251

7.10.1. Estimación de operarios necesarios para el proceso.....	256
8. Estudio organizacional .....	257
8.1. Estructura organizacional.....	257
8.1.1. Organigrama. ....	257
8.1.2. Descripción de los cargos.....	259
8.1.3. Remuneración salarial. ....	269
8.1.4. Diagrama de procesos organizacionales.....	273
8.2. Estructura legal.....	274
8.2.1. Cámara de Comercio y notaria. ....	274
8.2.2. Dian. ....	275
8.2.3. Alcaldía.....	275
8.2.4. EPS, ARL, fondo de pensiones y cesantías. ....	275
8.2.5. Caja de compensación familiar, ICBF y SENA. ....	275
8.2.6. Cuerpo oficial de bomberos.....	275
8.2.7. Gastos de constitución de empresa.....	275
9. Estudio financiero.....	277
9.1. Inversión inicial.....	277
9.2. Costo de operación .....	278
9.3. Costos variables.....	280
9.4. Proyección de ventas.....	281
9.5. Estado de resultados .....	282
9.6. Flujo de caja .....	282
9.7. Balance general .....	282
9.8. Evaluación financiera del proyecto.....	284
10. Estudio de impacto ambiental.....	285
10.1. Factores ambientales.....	286
10.2. Factores de riesgo en manejo de gases criogénicos (oxígeno).....	287
10.3. Precauciones ante temperaturas criogénicas .....	288
10.4. Efectos potenciales para la salud.....	288
10.5. Alto coeficiente de expansión .....	289
10.6. Afectación a la atmosfera y capa de ozono .....	289
10.7. Mecanismos de producción más limpia .....	295
Conclusiones.....	299
Referencias .....	301

Anexos.....306

## Lista de tablas

Tabla 1. Análisis de implicados.....	30
Tabla 2. Variables del estudio de mercado.....	49
Tabla 3. Variables del estudio técnico.....	50
Tabla 4. Variables del estudio administrativo.....	51
Tabla 5. Variables del estudio financiero.....	52
Tabla 6. Consumo por M <sup>3</sup> de gases medicinales en hospitales de Bogotá.....	57
Tabla 7. Proceso metodológico.....	58
Tabla 8. Código CIIU fabricación de tanques.....	61
Tabla 9. Clasificación central del producto CPC.....	62
Tabla 10. Importación de productos de fundición de hierro o acero, peso neto en kilos de los últimos cinco años.....	67
Tabla 11. Exportación de productos de fundición de hierro o acero, peso neto en kilos de los últimos cinco años.....	67
Tabla 12. Consumo aparente.....	68
Tabla 13. Consumo per cápita por peso en kilos.....	68
Tabla 14. Consumo per cápita por tanque.....	69
Tabla 15. Análisis de las cinco fuerzas de porter.....	70
Tabla 16. Principales cuentas de los estados financieros del código CIIU 2512 (valores expresados en miles de pesos).....	72
Tabla 17. Patentes de tanques o recipientes relacionados con criogenia.....	82
Tabla 18. Análisis DOFA.....	84
Tabla 19. Ficha técnica de investigación de mercados.....	85
Tabla 20. Tabla de parámetros.....	86
Tabla 21. Análisis de la competencia.....	94
Tabla 22. Marketing del producto.....	95
Tabla 23. Logística de distribución del producto.....	96
Tabla 24. Estrategias de promoción y comunicación.....	97
Tabla 25. Estrategias de servicio al cliente.....	98
Tabla 26. Numero de hospitales por ciudad.....	99
Tabla 27. Variables del cálculo de la demanda.....	100

Tabla 28. Demanda por línea de producto extrapolada .....	100
Tabla 29. Proyección de la demanda a cinco años .....	101
Tabla 30. Línea de productos a comercializar.....	103
Tabla 31. Proyección de ventas de la línea de producto de recipiente para almacenamiento de oxígeno medicinal para un año.....	104
Tabla 32. Proyección de ventas del recipiente para almacenamiento para los próximos cinco años.....	104
Tabla 33. Proyección de ventas de los mantenimientos para los tanques criogénicos a un año. .....	105
Tabla 34. Proyección de ventas a cinco años de los mantenimientos. ....	105
Tabla 35. Conexiones y tuberías del recipiente.....	124
Tabla 36. Resumen couplings, tubería y soldadura de manifold.....	152
Tabla 37. Dimensiones de gasificador.....	155
Tabla 38. Datos de entrada. ....	156
Tabla 39. Propiedades del oxígeno.....	156
Tabla 40. Propiedades del aluminio. ....	156
Tabla 41. Resumen cálculos del gasificador. ....	165
Tabla 42. Características del acero inoxidable.....	188
Tabla 43. Características steel structural.....	188
Tabla 44. Características del acero inoxidable.....	189
Tabla 45. Cargas tanque interno.....	189
Tabla 46. Restricción tanque interno.....	190
Tabla 47. Información tipo de mallado tanque interno.....	190
Tabla 48. Resultados de desplazamiento tanque interno.....	191
Tabla 49. Resultados de tensión tanque interno.....	192
Tabla 50. Resultados factor de seguridad tanque interno.....	193
Tabla 51. Cargas soporte de tanque interno.....	195
Tabla 52. Restricciones soporte tanque interno.....	195
Tabla 53. Información tipo de mallado soporte tanque interno.....	196
Tabla 54. Resultados del desplazamiento soporte tanque interno.....	196
Tabla 55. Resultados de tensión soporte tanque interno.....	197

Tabla 56. Resultados factor de seguridad soporte tanque interno. ....	198
Tabla 57. Cargas soportes verticales tanque estacionario. ....	200
Tabla 58. Restricciones soportes verticales tanque estacionario. ....	200
Tabla 59. Información de tipo de mallado soportes verticales tanque estacionario. ....	200
Tabla 60. Resultados del desplazamiento soportes verticales tanque estacionario. ....	201
Tabla 61. Resultados de Tensión soportes verticales tanque estacionario. ....	202
Tabla 62. Resultados Factor de Seguridad soportes verticales tanque estacionario. ....	203
Tabla 63. Esquema general de ensambles y sub ensambles del equipo. ....	204
Tabla 64. Características ficha técnica tanque de almacenamiento vertical para oxígeno líquido 2500 GLS. ....	226
Tabla 65. Plan de mantenimiento cuadro I. Autoría propia. ....	233
Tabla 66. Plan de mantenimiento cuadro II. ....	234
Tabla 67. Cálculo de superficies área de producción. Cuadro I. ....	238
Tabla 68. Cálculo de superficies área de producción. Cuadro II. ....	239
Tabla 69. Cálculo de superficies área de producción. Cuadro III. ....	240
Tabla 70. Calculo superficies área administrativa. ....	241
Tabla 71. Cálculo de superficies de área zonas comunes. ....	242
Tabla 72. Calculo superficie zona de parqueadero. ....	243
Tabla 73. Códigos y criterios para análisis de diagrama de relación de actividades. ....	244
Tabla 74. Resumen calculo capacidad instalada por mes. ....	247
Tabla 75. Relación de actividades. ....	248
Tabla 76. Plan maestro de producción. ....	251
Tabla 77. MPS de tanque criogénico. ....	252
Tabla 78. Plan de requerimiento de materiales. Cuadro 1. ....	253
Tabla 79. Plan de requerimiento de materiales. Cuadro 2. ....	253
Tabla 80. Plan de requerimiento de materiales. Cuadro 3. ....	253
Tabla 81. Plan de requerimiento de materiales. Cuadro 4. ....	253
Tabla 82. Plan de requerimiento de materiales. Cuadro 5. ....	254
Tabla 83. Plan de requerimiento de materiales. Cuadro 6. ....	254
Tabla 84. Plan de requerimiento de materiales. Cuadro 7. ....	254
Tabla 85. Plan de requerimiento de materiales. Cuadro 8. ....	254

Tabla 86. Plan de requerimiento de materiales. Cuadro 9.....	255
Tabla 87. Plan de requerimiento de materiales. Cuadro 10.....	255
Tabla 88. Plan de requerimiento de materiales. Cuadro 11.....	255
Tabla 89. Plan de requerimiento de materiales. Cuadro 12.....	255
Tabla 90. Plan de requerimiento de materiales. Cuadro 13.....	256
Tabla 91. Departamento, cargo, variables del cargo y descripción.....	259
Tabla 92. Asignación salarial. ....	269
Tabla 93. Parafiscales empleadores.....	270
Tabla 94. Parafiscales empleados.....	270
Tabla 95. Nomina. ....	272
Tabla 96. Gastos creación de empresa. Nota. Autoría propia, adaptado con información de (CCB, 2019). ....	275
Tabla 97. Costos fijos. ....	277
Tabla 98. Costos de operación.....	278
Tabla 99. Gastos fijos. ....	279
Tabla 100. Nómina básica. ....	279
Tabla 101. Costos Variables.....	280
Tabla 102. Costos variables para el periodo de cinco años.....	281
Tabla 103. Proyección ventas recipiente para los cinco años proyectados. ....	281
Tabla 104. Proyección ventas de mantenimiento para los cinco años proyectados. ....	281
Tabla 105. Estado de resultados. ....	282
Tabla 106. Flujo de caja. ....	282
Tabla 107. Balance general. ....	283
Tabla 108. Evaluación financiera.....	284
Tabla 109. Matriz de riesgos y medidas de control.....	287
Tabla 110. Requisitos ambientales. Cuadro I.....	291
Tabla 111. Requisitos ambientales. Cuadro II.....	292
Tabla 112. Caracterización residuos sólidos. ....	293
Tabla 113. Residuos peligrosos.....	294
Tabla 114. Tratamiento de residuos. ....	294
Tabla 115. Manual de producción de metalmecánica más limpia.....	295

Tabla 116. Posibles emisiones presentadas.....	297
Tabla 117. Planes de mitigación.....	298

## Lista de figuras

Figura 1 Tipo de gases con su uso respectivo. Aporte realizado por Ing. Romero, Luis E. 2010. (Romero I. E., 2010).....	26
Figura 2. Árbol de problemas. Autoría propia.....	28
Figura 3. Árbol de medios y fines de objetivos. Autoría propia. ....	33
Figura 4. Simulación 3D solid edge, recipiente para almacenamiento de oxígeno medicinal. Autoría propia. ....	37
Figura 5. Simulación ED solid edge, recipiente para almacenamiento de oxígeno medicinal, regulación de presión. Autoría propia. ....	39
Figura 6. Simulación 3D solid edge, recipiente para almacenamiento de oxígeno medicinal, cara posterior. Autoría propia. ....	40
Figura 7. Balanza comercial relativa de los últimos cinco años. Autoría propia, adaptado con información del (DNP, 2018).....	63
Figura 8. Exportación de los últimos cinco años para productos de fundición, de hierro o acero. Autoría propia. (adaptado con información del DANE) por (DANE, 2019).....	64
Figura 9. Exportación de los últimos cinco años por peso neto en kilos. Autoría propia, adaptado con información del (DNP, 2018).....	64
Figura 10. Porcentaje de participación en la importación de artículos para la fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo. Autoría propia, adaptado con información de (DANE, 2018).....	65
Figura 11. Importación de los últimos cinco años del producto para fundición de hierro o acero. Autoría propia, adaptado con información de (DANE, 2018).....	66
Figura 12. Importación en peso neto por kilogramos de los últimos cinco años. Autoría propia, adaptado con información de (DNP, 2018).....	66
Figura 13. Las cinco fuerzas competitivas de Porter (Riquelme Leiva, 2015) .....	69
Figura 14. Análisis de las cinco fuerzas de Porter. Autoría propia adaptado con información de la tabla 16. ....	72
Figura 15. Razón corriente. Autoría propia, adaptado con información del (DNP, 2011/2015) .....	74
Figura 16. Prueba acida. Autoría propia, adaptado con información del (DNP, 2011/2015) ...	74

Figura 17. Nivel de endeudamiento. Autoría propia, adaptado con información de (DNP, 2011/2015) .....	75
Figura 18. Concentración del endeudamiento. Autoría propia, adaptado con información de (DNP, 2011/2015).....	75
Figura 19. Apalancamiento total. Autoría propia, adaptado con información de (DNP, 2011/2015) .....	76
Figura 20. Apalancamiento a corto plazo. Autoría propia, adaptado con información de (DNP, 2011/2015) .....	76
Figura 21. Rentabilidad del activo. Autoría propia, adaptado con información de (DNP, 2011/2015) .....	77
Figura 22. Rentabilidad del patrimonio. Autoría propia, adaptado con información de (DNP, 2011/2015) .....	77
Figura 23. Margen bruto. Autoría propia, adaptado con información de (DNP, 2011/2015) ...	78
Figura 24. Margen operacional. Autoría propia, adaptado con información de (DNP, 2011/2015) .....	78
Figura 25. Margen neto. Autoría propia, adaptado con información de (DNP, 2011/2015).....	79
Figura 26. Primeros tanques en madera para almacenamiento (Nakagawa, 2013).....	79
Figura 27. Evolución de los tanques de almacenamiento. (Nakagawa, 2013) .....	80
Figura 28. Tanques estandarizados. STI.....	80
Figura 29. Tanque criogénico horizontal.....	81
Figura 30. Tanque criogénico vertical.....	81
Figura 31. Hospitales según el nivel de atención. Autoría propia, adaptado con información de (Supersalud, S.F.).....	87
Figura 32. Consumo mensual por m <sup>3</sup> de oxígeno medicinal. Autoría propia, adaptada con información de las encuestas.....	87
Figura 33. Costo anual por m <sup>3</sup> de oxígeno medicinal. Autoría propia, adaptada con información de las encuestas. ....	88
Figura 34. Nivel de satisfacción de los hospitales frente al servicio brindado por sus proveedores. Autoría propia, adaptado con información obtenida de las encuestas.....	89
Figura 35. Capacidad de almacenamiento del tanque. Autoría propia, adaptado con información obtenida de las encuestas.....	89

Figura 36. Costos de mantenimiento. Autoría propia, adaptado con información obtenida de las encuestas.....	90
Figura 37. Rango de gastos de mantenimiento. Autoría propia, adaptado con información obtenida de las encuestas.....	90
Figura 38. Interés en la propuesta de adquirir un tanque propio. Autoría propia, adaptado con información obtenida de las encuestas. ....	91
Figura 39. Preocupación en riesgos que se pueden presentar al adquirir un tanque propio. Autoría propia, adaptado con información obtenida de las encuestas. ....	91
Figura 40. Reducción en los costos por la obtención de un tanque propio. Autoría propia, adaptada con información de las encuestas.....	92
Figura 41. Variables de atracción para la adquisición del tanque. Autoría propia, adaptada con información de las encuestas.....	93
Figura 42. Disposición de adquirir el tanque. Autoría propia, adaptada con información de las encuestas.....	93
Figura 43. Participación en el mercado de la competencia. Autoría propia, adaptado con información de (Superintendencia de Industria y Comercio, 2018) .....	95
Figura 44. Proyección de la demanda. Autoría propia, adaptado con información de la tabla 30. ....	101
Figura 45. Participación en el mercado de la competencia. Autoría propia, adaptado con información de (Superintendencia de Industria y Comercio, 2018) .....	102
Figura 46. Esquema general de volumen. Autoría propia. ....	108
Figura 47. Cálculo del volumen de la tapa torisfericas. Autoría propia. ....	109
Figura 48. Ejemplo de tipo de junta a utilizar-fuente el autor.....	111
Figura 49. Mapa de categoría de juntas Fuente: Código ASME, Tomo VIII, división 1, subsección B.....	112
Figura 50. Esquema del tanque interno. Autoría propia.....	114
Figura 51. Esquema tapas torisfericas. Fuente Código ASME, tomo VIII, división 1, apéndices obligatorios 1, figura 1-4 (b) .....	117
Figura 52. Disposición de láminas tanque interno. Autoría propia.....	123
Figura 53. Esquema de Manifold y accesorios. Oxicar.....	124
Figura 54. Esquema tubería manifold CAD. Autoría propia.....	153

Figura 55. Vista inferior manifold. Oxicar.....	154
Figura 56. Cálculos y especificaciones de gasificador, aumento de presión. Autoría propia.	155
Figura 57. Espacio anular entre tanques. Autoría propia. ....	173
Figura 58. Factor A. Fuente Código ASME, Tomo IID, subparte 3, figura G.....	174
Figura 59. Factor B. Fuente: Código ASME, Tomo IID, subparte 3, figura CS-2 .....	175
Figura 60. Esquema de tanque externo. Autoría propia. ....	176
Figura 61. Método de anillo atiesado. Fuente: Código ASME, Tomo VIII, división 1. ....	177
Figura 62. Factor A. Fuente: Código ASME, Tomo IID, subparte 3, figura CS-2 .....	178
Figura 63. Esquema tapas torisfericas tanque externo. Fuente: Código ASME, Tomo VIII, división 1, apéndices obligatorios 1, figura 1-4 (b).....	180
Figura 64. Especificaciones soportes de florero. Autoría propia. ....	185
Figura 65. Solid edge 3D. Traslación total tanque interno. Autoría propia. ....	191
Figura 66. Solid edge 3D. von mises tanque interno. Autoría propia. ....	192
Figura 67. Solid edge 3D. Factor de seguridad tanque interno. Autoría propia. ....	193
Figura 68. Esquema de sujeción tanque interno con tanque externo. Autoría propia. ....	194
Figura 69. Diagrama de cuerpo libre aplicación de carga y restricciones. Autoría propia. ....	195
Figura 70. Solid edge 3D. Traslación total soporte tanque interno. Autoría propia.....	197
Figura 71. Solid edge 3D. Von mises soporte tanque interno. Autoría propia.....	198
Figura 72. Solid edge 3D. Factor seguridad soporte tanque interno. Autoría propia. ....	199
Figura 73. Solid edge 3D. Traslación total soportes verticales tanque estacionario. Autoría propia.....	201
Figura 74. Solid edge 3D. von mises soportes verticales tanque estacionario. Autoría propia. ....	202
Figura 75. Solid edge 3D. Factor de seguridad soportes verticales tanque estacionario. Autoría propia.....	203
Figura 76. Diagrama de proceso fabricación tapas. Autoría propia. ....	205
Figura 77. Tapa tanque interno. Autoría propia. ....	205
Figura 78. Diagrama de proceso fabricación de cuerpo. Autoría propia.....	206
Figura 79. Ensamble de cuerpo. Autoría propia. ....	206
Figura 80. Diagrama de proceso fabricación de tuberías de proceso. Autoría propia.....	207
Figura 81. Isométrico de tuberías de proceso. Autoría propia.....	208

Figura 82. Diagrama de proceso soporte entre tanques. Autoría propia. ....	209
Figura 83. Soporte entre tanques. Autoría propia.....	209
Figura 84. Instalación de aislamiento. Autoría propia.....	210
Figura 85. Ejemplo de instalación de aislamiento. Autoría: Chart industries Estados Unidos. .....	210
Figura 86. Diagrama de proceso tapas externas. Autoría propia.....	211
Figura 87. Perfil de tapas externas. Autoría propia. ....	211
Figura 88. Diagrama de proceso tanque externo. Autoría propia.....	212
Figura 89. Esquema tanque externo. Autoría propia. ....	212
Figura 90. Diagrama de proceso soporte entre tanques. Autoría propia. ....	213
Figura 91. Soporte entre tanques. Autoría propia.....	213
Figura 92. Diagrama de proceso patas y periféricos. Autoría propia. ....	214
Figura 93. Esquema de pata de apoyo. Autoría propia.....	214
Figura 94. Fabricación línea de llenado. Autoría propia. ....	215
Figura 95. Fabricación línea de llenado. Autoría propia. ....	215
Figura 96. Fabricación línea de venteo. Autoría propia. ....	216
Figura 97. Fabricación línea de venteo. Autoría propia. ....	216
Figura 98. Fabricación línea de consumo. Autoría propia. ....	217
Figura 99. Línea de consumo. Autoría propia.....	217
Figura 100. Fabricación línea de economizador. Autoría propia. ....	218
Figura 101. Vista línea de economizador. Autoría propia.....	219
Figura 102. Sub Ensamble de primer nivel interno. Autoría propia. ....	220
Figura 103. Total, tanque interno. Autoría propia.....	220
Figura 104. Diagrama de proceso telescopiado. Autoría propia. ....	221
Figura 105. Grafica instalación tanque interno-externo. Autoría propia.....	221
Figura 106. Diagrama de proceso patas y periféricos. Autoría propia. ....	222
Figura 107. Ensamble periférico. Autoría propia. ....	222
Figura 108. Ensamble de líneas. Autoría propia. ....	223
Figura 109. Vista inferior ensamble de líneas. Autoría propia.....	224
Figura 110. Diagrama de proceso general. Autoría propia.....	225
Figura 111. Esquema general. Autoría propia.....	225

Figura 112. Características físicas tanque criogénico 2500 GLS. Autoría propia. ....	227
Figura 113. Características físicas tanque criogénico accesorios al detalle. Autoría Propia...	227
Figura 114. Características tubería y válvulas. Línea de venteo y seguridad. Autoría propia.	228
Figura 115. Línea de líquido. Autoría propia. ....	229
Figura 116. Línea de consumo. Autoría propia. ....	229
Figura 117. Línea de economización. Autoría propia. ....	230
Figura 118. Escala de valoración visual, diagrama nodal. Fuente systematic layout planning. R Muther 1961. ....	243
Figura 119. Diagrama de relación de actividades. Autoría propia. ....	245
Figura 120. Esquema de distribución de planta. Autoría propia. ....	246
Figura 121. Diagrama de PERT proceso de fabricación. Autoría propia.....	249
Figura 122. identificación de ruta crítica. Autoría propia. ....	250
Figura 123. Árbol de producto terminado. Fuente propia. ....	252
Figura 124. Organigrama EINCO SAS. Autoría propia.....	258
Figura 125. Diagrama de procesos organizacionales. ....	273
Figura 126. Consulta empresarial.....	274

## Introducción

El proyecto de grado, se realizará mediante una investigación proyectiva que permita la viabilidad de ingeniería en el diseño, proceso y producto de un recipiente para el almacenamiento de oxígeno medicinal con base en la resolución 4410 del 2009 que funciona bajo la inspección del INVIMA, (Betancourt Palacio, 2009) como su posterior comercialización para el sector salud (hospitales de III nivel) con código CIIU 8610 (Bogotá, 2019) (actividades de hospitales y clínicas, con internación) en la ciudad de Bogotá.

Los factores que afectan el precio del recipiente (tanque criogénico) que actualmente utilizan los hospitales, son la demora en tiempo de respuesta con los mantenimientos que el tanque necesita, esto hace que el daño que tiene altere otras partes teniendo que cambiar la pieza por un repuesto nuevo que traen por importación a precios elevados, entre otros.

Una alternativa de solución a estos problemas podría presentarse en que la fabricación de los recipientes criogénicos (tanques) se pudiera realizar en nuestro país, logrando reducir los costos logísticos de entrega, mantenimiento, instalación, repuestos, etc.

Desde la metodología de la investigación científica, se desarrollará un estudio de pre factibilidad que, de inicio al estudio de materiales, procesos, herramientas, que se requieren para poder desarrollar la fabricación del producto.

Se hace necesario desarrollar una vigilancia tecnológica que nos permita identificar cual es el nivel de tecnología que se incorpora a este tipo de productos a través de un estudio detallado.

Por otra parte, a través del despliegue de la función de calidad de QFD, según Akao (1993): “el despliegue paso a paso con el mayor detalle de las funciones que conforman sistemáticamente la calidad, con procedimientos objetivos, más que subjetivos” (Akao, 2015). Se generarían los requerimientos del cliente, para convertirlos en requerimientos de diseño que después van a ser incorporados al desarrollo del diseño del producto.

A través de la ingeniería de procesos, se decide establecer cuál sería el mejor proceso para la fabricación del recipiente o tanque criogénico para el almacenamiento de oxígeno medicinal, como desarrollar el estudio tecnológico de la distribución en planta, de procesos, de materiales, de mercadeo, entre otros.

A través de un estudio financiero determinar la viabilidad financiera del proyecto, teniendo en cuenta los principios de sustentabilidad, seguridad, disponibilidad y confiabilidad del recipiente para almacenamiento de oxígeno medicinal.

## 1. Identificación del problema

### 1.1. Antecedentes del problema

Durante los últimos años, Colombia ha venido presentando un incremento en la demanda o consumo de los gases industriales y medicinales a medida que incrementa su población. Se clasifican como gases industriales a:

- Acetileno ( $C_2H_2$ )
- Dióxido de Carbono ( $CO_2$ )
- Monóxido de Carbono ( $CO$ )
- Cloro ( $Cl_2$ )
- Hidrogeno ( $H_2$ )
- Cloruro de Hidrogeno ( $HCl$ )
- Metano ( $CH_4$ )
- Oxígeno Nitroso ( $N_2O$ )
- Propano ( $C_3H_8$ )
- Dióxido de Azufre ( $SO_2$ )

Y en los que está enfocado el proyecto indirectamente, son los gases medicinales los cuales entran en contacto directo con el cuerpo humano, dentro de estos están:

- Oxígeno ( $O_2$ )
- Protóxido de Nitrógeno ( $N_2O$ )
- Helio ( $He$ )
- Nitrógeno ( $N_2$ )
- Dióxido de Carbono ( $CO_2$ )
- Aire

A continuación, se relaciona en la tabla 2, los tipos de gases y sus respectivos usos.

Uso		Tipo de Gas
Tratamiento de Paciente	Terapia Respiratoria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxígeno Medicinal</li> <li>• Aire Medicinal</li> </ul>
	Tratamiento de enfermedades pulmonares obstructivas graves	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mezcla Medicinal Oxígeno/Helio</li> </ul>
	Criocirugía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Óxido Nitroso</li> <li>• Dióxido de Carbono</li> <li>• Nitrógeno</li> </ul>
	Laser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dióxido de Carbono</li> </ul>
	Otras aplicaciones: hinchado aórtico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dióxido de Carbono</li> </ul>
Anestesiología		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protóxido de Nitrógeno Medicinal</li> </ul>
Equipos de Diagnóstico		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxígeno Medicinal</li> <li>• Dióxido de Carbono Medicinal</li> <li>• Helio Medicinal</li> <li>• Mezclas Medicinales</li> </ul>
Conservación o transporte de órganos, tejidos y células		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nitrógeno Medicinal</li> <li>• Helio Medicinal</li> </ul>

Figura 1 Tipo de gases con su uso respectivo. Aporte realizado por Ing. Romero, Luis E. 2010. (Romero I. E., 2010)

Hay empresas a nivel mundial dedicadas al diseño y fabricación para su posterior comercialización de estos recipientes y los gases, de los cuales las únicas multinacionales con presencia en Colombia son:

- Linde Colombia S.A. (Linde): con su casa matriz en Alemania, esta multinacional se ha convertido en una de las empresas líderes en fabricación y comercialización de gases medicinales y sus tanques de almacenamiento con más de 600 empresas afiliadas en 10 países del mundo con un promedio de 48.000 empleados.
- Praxair Colombia (Praxair): con su casa matriz en Danbury (Connecticut – E.E.U.U.), cuenta con su presencia en 50 países con un aproximado de 26.000 empleados.
- Cryogas\_(Cryogas): esta compañía hace parte del grupo Indura, cuenta con dos sedes en Colombia una en Sibaté (Cundinamarca) y la otra en Barbosa (Antioquia). Tiene presencia en 50 países y cuenta con un aproximado de 16.000 empleados.

Entrando en contexto, se habla de un monopolio porque son las únicas compañías que ofrecen la comercialización del gas medicinal e industrial en Colombia y prestan el servicio de renta para la adquisición del recipiente criogénico que es donde se almacenan esos gases. Esas multinacionales diseñan y fabrican los tanques criogénicos, los rentan condicionados a la compra

de suministros gaseros con la intención de prestar un servicio integral. Cada uno de estos proveedores, tienen planta aquí en Colombia que es donde fabrican todos los gases que suministran (medicinales e industriales) todos los recipientes (tanques) son importados.

## **1.2. Descripción del problema**

Las instituciones prestadoras de servicios de salud (IPS) en Bogotá, manifiestan como una de sus problemáticas, el alto costo de adquisición de gas medicinal, esto a causa de que en Colombia no se conoce una empresa que tenga los conocimientos suficientes en tecnología y medios para competir ante este mercado, como resultado existe un monopolio por parte de las empresas extranjeras líder en Colombia en el mercado de suministro de oxígeno medicinal (Linde, Praxair y Cryogas), elevando así los costos de adquisición del suministro (consumo m<sup>3</sup> oxígeno medicinal) mantenimiento (alquiler de tanque criogénico), repuestos y condiciones en contrato por la permanencia y uso de este producto.

Con base en la problemática manifestada, se procede a realizar la metodología del árbol del problema para facilitar el análisis de este, indicando cuales son las causas y efectos que este mismo deja a la vista:

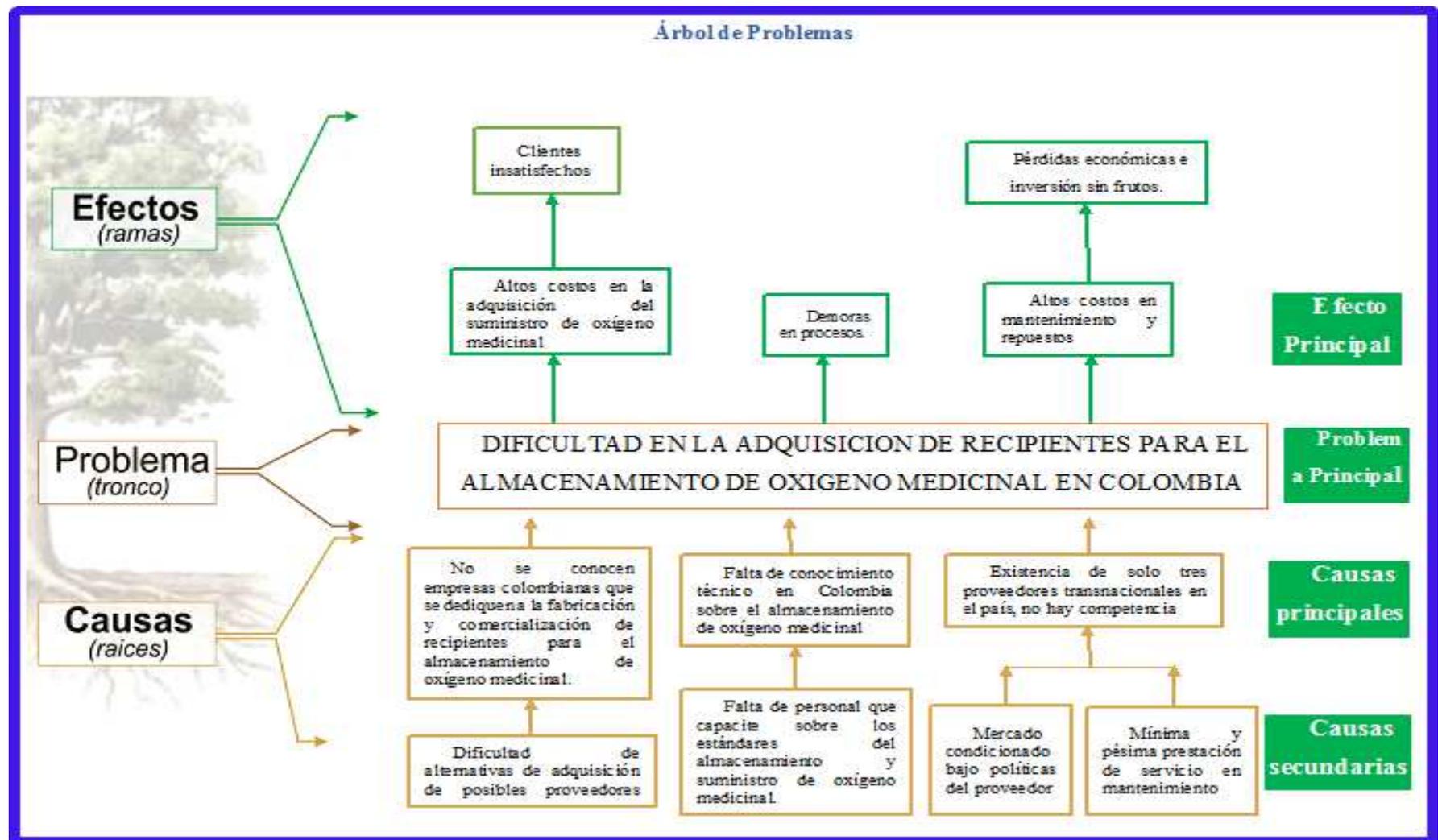


Figura 2. Árbol de problemas. Autoría propia.

### **1.3. Formulación del problema**

¿Es posible mediante un estudio de pre factibilidad determinar la viabilidad del mercado, su viabilidad organizacional, técnicas, legal, financiera y ambiental con el objetivo de disminuir los costos de adquisición y mantenimiento de los tanques criogénicos para el suministro de oxígeno medicinal, de esta manera las instituciones prestadoras de salud (IPS) solo tomen con las empresas multinacionales los suministros de oxígeno medicinal y sus derivados?

### **1.4. Sistematización**

- ¿Qué variables son las que se deben tener en cuenta para la realización de un diseño de un recipiente criogénico para el almacenamiento de oxígeno medicinal y su comercialización aquí en Bogotá?
- ¿Cuáles son los beneficios a corto y mediano plazo que obtendrían los clientes con la adquisición de un tanque criogénico para el almacenamiento de oxígeno medicinal nacional?
- ¿Qué variables se deben contemplar para llevar a cabo la parte financiera para la fabricación y comercialización de los tanques criogénicos y la rentabilidad del mismo?

### **1.5. Definición de las variables del problema**

#### **1.5.1. Variables independientes.**

- Estudio técnico.
- Estudio de mercado.
- Estudio financiero.

#### **1.5.2. Variable dependiente.**

- Presión, esfuerzo de materiales, consumo de oxígeno, gasificación de materiales, volumen del recipiente, espesor de la pared del cuerpo, espesor de cabezas, entrada de inspección, conexiones, cronograma.
- Caracterización del producto, características del consumidor, delimitación y descripción del mercado.
- Presupuesto, disponibilidad de fondos, préstamos bancarios, prestamos gubernamentales.

### 1.5.3. Variable interviniente.

- Normatividad que rige la fabricación del recipiente

### 1.6. Análisis de los implicados

Tabla 1.

*Análisis de implicados.*

<b>Análisis de implicados</b>			
<b>Involucrados</b>	<b>Intereses</b>	<b>Problemas percibidos</b>	<b>Recursos / mandatos</b>
Compañías transnacionales de oxígenos medicinales	Continuar siendo líder en el mercado colombiano de suministro de oxígenos medicinales	Insatisfacción del sector salud.	Reducir las condiciones del monopolio extranjero en la adquisición de oxígeno medicinal en Colombia.
Hospitales	Funcionalidad total del equipo, reducción de costos, mejores condiciones comerciales, alternativa de rentabilidad de inversión a largo plazo.	Mercado bajo condiciones de permanencia por parte de proveedor transnacional, demoras en mantenimiento y sobrecostos en repuestos, no existe una rentabilidad sobre la inversión presente.	Flujo comercial de oxígeno
Mercado Nacional.	Incursionar en una nueva oportunidad de negocio en el mercado nacional	Falta de capacitación en el tema de oxígeno medicinal	Minimizar costos y tiempos de despacho.
Consumidor Final/ usuario	Adquirir el oxígeno a un menor costo y con mayor facilidad	Demoras y altos costos en la adquisición de oxígeno.	Satisfacción del usuario y su calidad de vida en condición dependiente de oxígeno medicinal

*Nota.* Autoría propia.

### 1.7. Hipótesis

El estudio de prefactibilidad podrá determinar la viabilidad técnica, organizacional, financiera, de mercado, administrativo, que llevaran a cabo la realización del diseño del recipiente criogénico para el almacenamiento de oxígeno medicinal, permitiendo tener como alternativa de solución su posterior comercialización a los hospitales de I, II, III y IV nivel.

## **1.8. Delimitación**

Este proyecto se fija como fecha de trabajo 10 meses, iniciando en Julio del 2018 y como fecha de terminación se estima mayo de 2019. Tiempo que nos permitirá realizar las investigaciones, estudios y visitas pertinentes para llevarlo a cabo.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo general

Desarrollar un estudio de prefactibilidad que permita el diseño, la producción y comercialización de un tanque criogénico para el almacenamiento de oxígeno medicinal en unidades hospitalarias en la ciudad de Bogotá como mercado meta, con la finalidad de poder determinar la viabilidad financiera del proyecto.

### 2.2. Objetivos específicos

- Desarrollar un estudio de mercados, que permita identificar el consumo aparente y la demanda proyectada del producto.
- Elaborar el estudio técnico con la finalidad de determinar, la localización del proyecto, los materiales, procesos y procedimientos necesarios para su fabricación y comercialización.
- Estructurar el estudio organizacional y legal del proyecto, que permita la identificación del organigrama, funciones y responsabilidades como definición del sistema contractual y legal de la empresa.
- Establecer el estudio financiero del proyecto que permita definir los presupuestos de inversiones, operación y funcionamiento durante su vida útil con el fin de determinar la viabilidad financiera del proyecto a partir del Valor presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Periodo de Recuperación (PRI) y CAUE del proyecto.
- Identificar los riesgos de tipo ambiental que podría generar el proyecto y desarrollar el plan de mitigación.

## Árbol de medios y fines de los objetivos

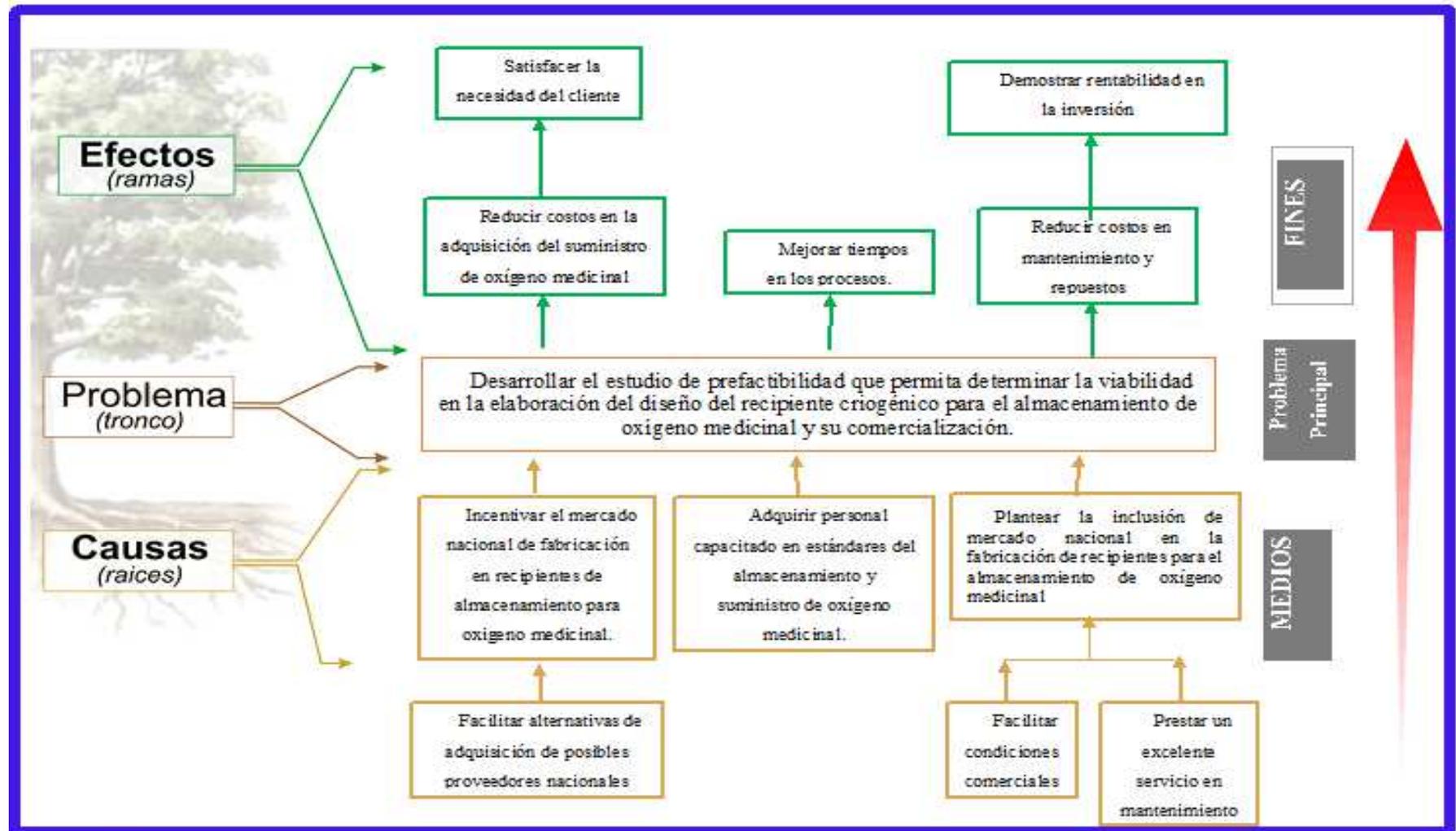


Figura 3. Árbol de medios y fines de objetivos. Autoría propia.

### 3. Justificación

A partir de la necesidad planteada en los antecedentes de la investigación, se justifica desde el aspecto técnico, realizar el estudio de pre factibilidad que nos permita obtener los datos estadísticos, técnicos, de mercado, de materiales, financieros, entre otros. Que nos permita sustentar la viabilidad de la elaboración del diseño del recipiente y su comercialización como una alternativa de solución.

De acuerdo con el plan nacional de mejoramiento de la calidad en salud (PNMCS- plan estratégico 2016-2021) “propone a las personas como centro y finalidad del sistema, calidad a partir del informe sistémico y la transformación de procesos llevándolos a la mejora continua” (Grueso Angulo, Perilla Medina, Amaya Valdivieso, & Angel Barreto, 2016). Llevándolo de esta manera a la modernización en el talento humano prestador de servicio, cumpliendo con las normas que rigen cada uno de los servicios prestados brindando seguridad al paciente. Teniendo como actividades para desarrollar “la política de atención integral y el subsistema nacional de calidad” (pág. 15)

Una alternativa de solución, es la elaboración del diseño para la fabricación de los recipientes criogénicos, también el estudio tecnológico, de materiales, financiero, de mercado, entre otros, que nos permita crear una propuesta de inserción en el mercado de la metalmecánica en cuanto a la fabricación de recipientes criogénicos, que permita al sector salud tener como beneficio la prestación de servicios, sin tener afectación en los costos a la hora de suministrar el oxígeno medicinal a sus pacientes.

La cadena de valor que se pretende sustentar a beneficio de los hospitales será: la resistencia, durabilidad, materiales que no generen contaminación al medio ambiente, ahorro con la disminución de los costos que obtendrían al adquirirlo, adicional a la pronta respuesta en cuanto a los mantenimientos preventivos y correctivos que se requieran para su óptimo y debido funcionamiento.

## 4. Marco referencial

### 4.1. Antecedentes de la investigación

Se han encontrado proyectos de grado relacionados con metalmecánica de recipientes o los llamados tanques criogénicos y también en oxígeno medicinal, pero no especializados en recipientes (tanques) para el almacenamiento de oxígeno medicinal, a continuación, se relaciona con una breve reseña los proyectos y artículos encontrados:

- En el trabajo (Morrón, Norato, 2011- cuyo título es: estudio de viabilidad para la implementación de un sistema de generación de oxígeno medicinal in situ en el hospital militar) (Morrón Caballero & Norato Wilches, 2011), obtiene como resultado la viabilidad de la implementación en el sitio, de un sistema que genere el gas medicinal para el consumo interno del hospital, aquí evidencia por medio de costos, la viabilidad del proyecto habla de conseguir el recipiente criogénico por medio de un proveedor que lo fabrique y se encargue de la instalación, mantenimiento, y demás. Pero no nombran a ninguno en ese trabajo que se especialice en la fabricación de este.
- El trabajo desarrollado por (Imbaquingo, 2016- cuyo título es: planificación del mantenimiento para tanques criogénicos de gases atmosféricos y dióxido de carbono) (Imbaquingo Yar, 2016), habla de la carencia de técnicos que realicen los mantenimientos a los recipientes que tienen distribuidos a nivel mundial, motivo por el cual proceden al outsourcing, para cubrir esta necesidad. En este proyecto, se detallan las partes y materiales de los recipientes, las quejas que han presentado los clientes de la compañía LINDE y describen el paso a paso de los mantenimientos que se le deben realizar a cada uno, buscando como solución, la contratación de ingenieros in House, que permitan realizar mantenimientos preventivos y minimizar de esta manera costos por daños o pérdidas de material.
- En el texto de (Romero, 2010- cuyo título es: gases medicinales, instalaciones hospitalarias) (Romero I. E., 2010), habla de los gases medicinales, de los suministros y la importancia de una buena instalación del recipiente. Menciona las normas que regulan los gases medicinales.
- En la presentación de (Reyes, 2018- cuyo título es: oxígeno ANDI) (Reyes Rey, 2018), nos menciona las normas que rigen a los gases medicinales y a los tanques criogénicos, también detalla la balanza comercial del recipiente criogénico, entre otros.

- En el trabajo de grado de (Gómez, 2012- cuyo título es: una mirada estratégica del sector de gases industriales para cryogas) (Gomez & Tilbes, 2012), habla de la estrategia que llevan las transnacionales posicionadas en Colombia, manifestando su comportamiento, tanto en gases industriales como los medicinales que son nuestro foco.

## 4.2. Marco teórico

### 4.2.1. Almacenamiento de gases y fluidos criogénicos.

Se define como un fluido criogénico a un líquido cuyo punto de ebullición está por debajo de  $-90^{\circ}\text{C}$  a una presión absoluta de 101.325 kPa. (Gomez A. M., 2008)

Como dice (Gomez A. M., 2008) las aplicaciones de los fluidos criogénicos son comunes en medicina, templado de metales y herramientas, investigación nuclear, electromagnetismo y variadas técnicas de laboratorio. El Nitrógeno líquido, Oxígeno líquido y Helio líquido son los criogénicos más comúnmente usados. Debido a la naturaleza de estos productos se requiere tomar las precauciones necesarias durante su almacenamiento y uso. Las temperaturas tan bajas que se manejan en estos fluidos hacen que la mayoría de los sólidos se tornen quebradizos, materiales como el acero al carbón, plásticos y caucho pueden ser fácilmente fracturados y rotos si entran en contacto con líquidos criogénicos. (p.1).

Los líquidos criogénicos que se manejan actualmente son gases comprimidos y mantenidos a temperaturas extremadamente bajas, debido a esto se presenta especial peligro durante la manipulación y almacenamiento de estos ya que una descompresión del gas haría que la expansión fuera tan rápida que ocasionaría la ruptura o posible explosión de los contenedores. Por la razón anterior los contenedores para fluidos criogénicos deben ser construidos específicamente para este propósito. La rápida expansión de un gas comprimido también puede desplazar el oxígeno disponible en un recinto cerrado, por tal razón siempre deben almacenarse los recipientes en lugares abiertos o bien ventilados. Los sistemas de aislamiento están orientados a minimizar las pérdidas de fluido criogénico y a mantener las velocidades de transferencia dentro de unos parámetros de seguridad, fiabilidad y costos. El principal riesgo a la salud es por contacto con la piel o los ojos. Pueden causar graves quemaduras por congelamiento. La piel puede quedar blanda y blanca o amarilla. Hay casos reportados de necrosis y gangrena. La piel no protegida puede pegarse a superficies metálicas enfriadas por el fluido criogénico, y puede romperse al tratar de despegarla. (Gomez A. M., 2008)(p.1).

En el artículo de (Gomez A. M., 2008) habla también que puede ocurrir congelamiento si la piel se expone por periodo prolongado a superficies frías, sin dolor inicial, pero con dolor intenso cuando la parte afectada se desprende. (p.1).

#### 4.2.2. Almacenamiento de gases criogénicos.

4.2.2.1. *Tanques estacionarios.* Los recipientes a presión de fluidos criogénicos se construyen en una gran variedad de tamaños desde frascos de laboratorio de un litro hasta Dewars de 3 millones de litros en las aplicaciones aeroespaciales. El funcionamiento de este depósito de almacenamiento varía y depende principalmente del tipo de aislamiento empleado, del tamaño y forma del depósito y del soporte estructural del mismo. Cuando las necesidades de consumo lo justifican, puede instalarse un tanque criogénico estacionario, que puede almacenar grandes cantidades de gas en forma líquida. (Gomez A. M., 2008)(p.3).



Figura 4. Simulación 3D solid edge, recipiente para almacenamiento de oxígeno medicinal. Autoría propia.

4.2.2.2. *Construcción.* Consta de un recipiente interior de acero inoxidable para soportar bajas temperaturas, y uno exterior de acero al carbono, aislados entre sí por una combinación de alto vacío y material aislante. Para el diseño y cálculo de los depósitos se utilizará un Código de diseño internacionalmente reconocido tal como dice (Gomez A. M., 2008)(p.3):

- ISO.
- ASME (USA).
- CODAP (Francia).

- AD-MERKBLATT (Alemania).
- Código Sueco de Recipientes a Presión (Suecia).
- British Standard (Inglaterra).

El Código elegido se aplicará en su totalidad en el proyecto, sin poderse efectuar mezclas de cálculo de diferentes Códigos, salvo que, por defecto de este, sea necesario recurrir a otro, previamente aceptado. La responsabilidad de la construcción del depósito corresponde al fabricante, o al importador en caso de depósitos importados. Durante la fabricación deben ensayar los materiales utilizados en la fabricación del recipiente para determinar las características exigidas por el Código de diseño a no ser que vayan acompañados del certificado del fabricante. Debe comprobarse que estos valores corresponden a los utilizados en el proyecto. Los ensayos se harán de acuerdo con lo previsto en el Código elegido. (Gomez A. M., 2008)(p.3).

Para depósitos construidos in situ y con capacidades superiores a 250.000 litros, se tendrán en cuenta los efectos sísmicos y las acciones meteorológicas. Los elementos resistentes que no estén incluidos en el Código utilizado se calcularán por métodos directos, utilizando una tensión de cálculo o inferior o igual a los límites fijados más abajo, en función de los materiales. Los materiales usados serán compatibles con el producto contenido. Si el producto contenido provoca una reducción progresiva del espesor del recipiente, éste debe aumentarse en un valor adecuado. Este sobre espesor no se tendrá en cuenta en el cálculo de los espesores mínimos. Existen múltiples sistemas para el aislamiento, la mayoría de ellos empleados en el almacenamiento: vacío con “escudo” de nitrógeno líquido, vacío+espumas, vacío+perlita y vacío+multicapas, “superaislamiento”. La elección de uno u otro para una aplicación en particular depende de factores como el coste, la rugosidad, el peso, el volumen y la fiabilidad. La propiedad más importante de los aislamientos es su conductividad térmica. Para una pérdida de calor dada el espesor de los aislamientos puede variar mucho en función del tipo escogido. El material aislante no debe ser atacado por el gas o gases contenidos. En el caso de aislante para depósitos que vayan a contener oxígeno, este material no debe ser combustible. Los tanques de almacenamiento deben ser periódicamente inspeccionados con los resultados de todas las inspecciones y las realizadas durante la construcción, se formará un expediente que contendrá según (Gomez A. M., 2008)(p.4):

- Certificado de materiales (ensayos mecánicos y químicos).
- Certificado de ensayos de las soldaduras (Procedimiento y radiografiado).
- Certificado de la prueba de presión.

- Características generales del depósito. (No es preciso indicar número de fabricación.)
- Elementos de seguridad y auxiliares con sus características.
- Plano del depósito y de la zona de ubicación de este en el que figurarán los elementos de seguridad y funcionamiento.
- Instrucciones de utilización del depósito e instalaciones auxiliares.
- Instrucciones de emergencia.
- Ficha técnica del registro de tipo si procede.
- Gradiente máximo de temperatura entre el interior y el exterior.
- Temperatura mínima interior.
- Puesta en funcionamiento.

#### 4.2.3. Regulación de presión.

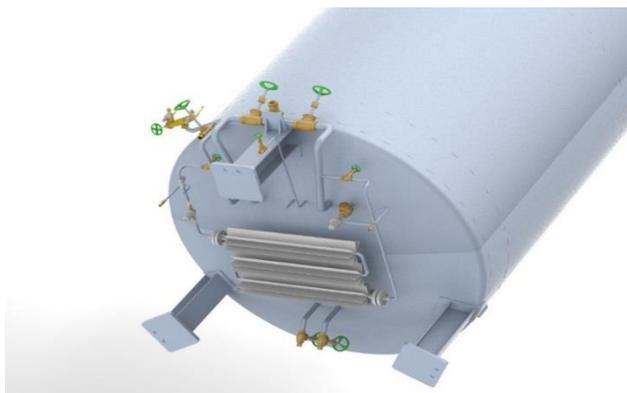


Figura 5. Simulación ED solid edge, recipiente para almacenamiento de oxígeno medicinal, regulación de presión. Autoría propia.

Los tanques tienen un sistema que vaporiza líquido para aumentar la presión cuando está baja, a medida que se descarga el estanque. En caso de presión excesiva, entrega gas a la línea de consumo, con lo que la presión baja rápidamente. Este sistema está diseñado para que el estanque trabaje a una presión constante, adecuada a las necesidades del usuario. Su presión máxima es de 18 bar (262 psi). Todos los elementos primarios del depósito, tales como tuberías, válvulas, manómetros, niveles, etc., cualquiera que sea su posición en el depósito, deben ofrecer garantías de seguridad no inferiores a las del recipiente interior y estar contruidos con materiales compatibles con los productos contenidos. Deberán soportar la presión de prueba del depósito y poder trabajar a la mínima temperatura de trabajo. (Gomez A. M., 2008)(p.4,5).

Los elementos de fijación de estos equipos al depósito serán de materiales resistentes a la corrosión y compatibles con la mínima temperatura de trabajo. Las juntas deberán ser de material

compatible con el producto contenido y con la temperatura mínima de trabajo. En el caso de depósitos destinados a contener líquidos inflamables, deberán ser de un tipo considerado como resistente al fuego durante tres horas a efectos de estanquidad. Las uniones desmontables de tuberías de diámetro superior o igual a 75 mm. se harán con brida, pudiendo utilizarse uniones roscadas o embridadas en diámetros inferiores a 75 mm. para gases no inflamables. En el caso de depósitos con aislamiento al vacío, no deben existir uniones roscadas ni embridadas en el interior de la cámara de aislamiento. Deben tenerse en cuenta las dilataciones y contracciones debidas a los cambios de temperatura, así como las vibraciones y movimientos. (Gomez A. M., 2008)(p.5).

#### 4.2.4. Ventajas del estanque estacionario.



Figura 6. Simulación 3D solid edge, recipiente para almacenamiento de oxígeno medicinal, cara posterior. Autoría propia.

- Carga: Los tanques son cargados por un trailer criogénico, que lleva el gas en estado líquido directamente desde la planta productora hasta el usuario, evitando el movimiento de cilindros.
- Pureza: El gas criogénico es de mayor pureza que el de cilindros, debido a su sistema de carga que permanece siempre aislado de cualquier posibilidad de contaminación.
- Retorno: No hay retorno de gas a la planta de llenado como sucede con los cilindros, con la consiguiente economía para el usuario.
- Mejor distribución interna: El estanque permite la instalación de una red centralizada de distribución de gases.

#### **4.2.5. Seguridad.**

Se evita el traslado de cilindros dentro del recinto, evitándose riesgos innecesarios y previniendo la introducción de infecciones e impurezas. (Gomez A. M., 2008)(p.6).

**4.2.5.1. Elementos de seguridad.** Los tanques están equipados con válvulas de alivio y discos estallantes, para dejar escapar el gas si hay un aumento excesivo de presión a causa de algún imprevisto. El recipiente interior debe estar protegido por dos válvulas de seguridad, colocadas en la fase gas y en comunicación permanente con el interior del recipiente. Una de estas válvulas puede sustituirse por un disco de rotura, excepto en depósitos que contengan gases inflamables. La salida de estos elementos debe estar dirigida de forma que no dañe los elementos estructurales del depósito o a las personas o cosas que puedan estar próximas, ni debe crear condiciones peligrosas ambientales. (Gomez A. M., 2008) (p.5).

(Gomez A. M., 2008) (p.6), habla de una de las válvulas debe estar tarada a la máxima presión de trabajo y ha de estar diseñada para evitar que la presión sobrepase el 110% de la máxima presión de trabajo, considerando la máxima aportación de calor al líquido en las siguientes condiciones:

Sistema elevador de presión (resistencias de caldeo, serpentines de calentamiento, etc.) trabajando en continuo a su máxima capacidad, a no ser que se prevea la posibilidad de fallo del mismo, con otro sistema adicional.

Elementos exteriores capaces de aumentar la presión del depósito y que estén permanentemente conectados al mismo (bombas, etc.) en servicio continuo a no ser que se prevea la posibilidad del fallo de este con otro sistema adicional. Aportación de calor a través del aislamiento. Operación de tanques criogénicos: Solamente personal autorizado por el proveedor puede manipular tanques criogénicos. (Gomez A. M., 2008) (p.6).

#### **4.2.6. Señalización del área.**

En el área deben colocarse avisos de precaución para: advertir sobre los productos que se almacenan, prohibir fumar o generar chispas o llamas, restringir el paso e indicar las salidas de evacuación.

La localización de los elementos y equipos de protección contra fuego como extintores, hidrantes y tubería de agua para incendios, debe ser de conocimiento general. Estos elementos deben estar señalizados con color rojo.

Los equipos de primeros auxilios, como botiquines, duchas, lavaojos y equipos de protección personal deben estar señalizados con color verde esmeralda.

Lógicamente, se debe tener en cuenta que las áreas de almacenamiento deben ser de acceso restringido. (Gomez A. M., 2008) (p.7).

#### **4.2.7. Manipulación.**

**4.2.7.1. Riesgos físicos.** Alto coeficiente de expansión: Una de las características más ventajosas de los fluidos criogénicos es a la vez uno de sus factores de riesgo: una pequeña cantidad de líquido criogénico puede producir, al vaporizarse, grandes cantidades de gas. Por ejemplo, 1 m<sup>3</sup> de nitrógeno en estado líquido a 1 atm., se transforma en 843.9 m<sup>3</sup> de nitrógeno gaseoso, medidos a 15°C y 1 atm. (Gomez A. M., 2008) (p.7,8).

**4.2.7.2. Precauciones.** Almacenar y utilizar el líquido criogénico solo en lugares ventilados:

- En caso contrario la evaporación gaseosa puede reducir el porcentaje de oxígeno en el ambiente a niveles peligrosamente bajos.
- Tenga en cuenta que en una sala de almacenamiento el aumento del gas en el aire puede ocurrir en la noche, cuando esta está cerrada. Si se tiene alguna duda sobre la cantidad de aire existente en una sala, ventílela bien antes de entrar a ella.
- En una instalación nunca deben quedar líquidos criogénicos atrapados entre dos puntos pues su gran capacidad de evaporación generará presiones muy altas. Este riesgo se elimina colocando válvulas de seguridad en los puntos de la red que presenten esta posibilidad.
- Se empaca a alta presión. Los cilindros pueden estallar si se calientan.
- Algunos fluidos criogénicos pueden condensar el oxígeno del aire, y presentar los mismos riesgos que el oxígeno líquido (explosión al contacto con materiales orgánicos como grasa o aceites). (Gomez A. M., 2008) (p.8).

#### **4.2.8. Riesgos para la salud.**

Según (Gomez A. M., 2008) (p.8), las precauciones para usar en el manejo de gases criogénicos son las mismas que para gases comprimidos, salvo dos factores especiales, comunes a todos los gases criogénicos:

- Su temperatura extremadamente baja.
- Su gran expansibilidad: Pequeños volúmenes de líquido se transforman en grandes volúmenes de gas.

- El principal riesgo es por contacto con la piel o los ojos. Puede causar graves quemaduras por congelamiento. Sobre los ojos, las quemaduras graves pueden ocurrir aun cuando el contacto sea corto o con muy poca cantidad de líquido.
- Por inhalación, existe el riesgo de asfixia en espacios abiertos y confinados, porque los gases desplazan al oxígeno (aplica sólo a los clasificados como asfixiantes simples). La concentración normal de oxígeno en una atmósfera respirable es entre 19.5 y 21%, cuando el nivel baja a 18% se sienten los efectos adversos de la asfixia, cuando desciende hasta el 6%, pueden ocurrir convulsiones, paro respiratorio y muerte.

En el caso del oxígeno la exposición a altas concentraciones (más del 75%), causa síntomas de hiperoxia, los cuales incluyen calambres, náusea, mareo, hipotermia, ambliopía, dificultades en la respiración, bradicardia, pérdida del conocimiento y convulsiones capaces de causar la muerte. Posteriormente la hiperoxia se convierte en pulmonía. Exposición a concentraciones entre el 25% y el 75% presentan riesgos de inflamación a la materia orgánica en el cuerpo: (Gomez A. M., 2008) (p.9).

- Algunos fluidos pueden absorberse por inhalación como es el caso del dióxido de Carbono y causar adicional a los efectos de asfixia por deficiencia de oxígeno afectar el sistema nervioso central.
- La respiración prolongada de aire muy frío puede dañar los pulmones. Los vapores pueden causar quemaduras de las vías respiratorias. Puede ocurrir edema, inflamación y ulceración de las mucosas.

#### **4.2.9. Primeros auxilios.**

Evite el contacto directo con fluidos criogénicos. Retire rápidamente a la víctima del sitio o de la fuente de contaminación. Lave la parte afectada con abundante agua tibia por 15 minutos o hasta que recupere la temperatura normal. no intente calentar la piel frotándola, no aplique aire caliente. Quite los cinturones, joyas o ropa ajustada que restringen la circulación.

Si hay prendas pegadas a la piel, corte y retire cuidadosamente las partes no pegadas. Cubra el área afectada con una venda limpia. No permita que la víctima fume ni ingiera alcohol. Llévela lo más pronto posible a un hospital. Si hubo contacto con los ojos lave con abundante agua tibia, no intente calentarlos frotándolos. Cubra ambos ojos con una venda limpia. Acuda rápidamente a un hospital. No permita que la víctima fume ni ingiera bebidas alcohólicas.

Si alguien se desmaya o da signos de debilidad mientras trabaja con gases criogénicos, llévelo de inmediato a un área bien ventilada. Si ha dejado de respirar, aplique respiración artificial. Siempre que una persona pierda el conocimiento pida ayuda médica de inmediato.

Asegúrese que el personal médico tenga conocimiento de los materiales involucrados, y tomar las precauciones para protegerse a sí mismos. (Gomez A. M., 2008) (p.9).

#### **4.2.10. Elementos de protección personal.**

- Respirador: En caso de escape o concentraciones bajas de oxígeno utilice equipo de aire auto contenido.
- Protección de ojos: gafas de seguridad o monogafas. Puede ser necesaria lámina facial en caso de posible contacto con el gas licuado, para evitar congelación. Use lámina facial en policarbonato.
- Protección de manos: El principal criterio es evitar el contacto con la piel y que la indumentaria utilizada sea resistente a temperaturas extremadamente bajas. Existen guantes especiales (Cryo-Gloves®), que protegen contra las temperaturas extremas (entre 125 y 150 grados bajo cero), son ligeros, flexibles, lavables, fabricados en olefinas y poliéster (no contienen asbesto).
- Utilice el overol de dotación; el pantalón debe ir bien ajustado a la bota y por fuera de ella para evitar escurrimientos hacia adentro. Para protección térmica se recomienda que el trabajador utilice siempre delantal para protección de atmósferas criogénicas (Cryo-Aprons®).
- Use botas de caucho butilo o nitrilo con suela antideslizante. Es necesario que el calzado cubra por completo el pie y sea fácil de quitar si ocurren salpicaduras accidentales. (Gomez A. M., 2008) (p.9,10).

#### **4.2.11. Precauciones generales en el manejo de fluidos criogénicos.**

- Nunca tocar con alguna parte desprotegida del cuerpo un recipiente o tubería que contenga gases criogénicos, especialmente si no están debidamente aislados: el metal frío puede pegarse a la piel, causando heridas profundas al tratar de despegarse.
- Proteger los ojos con pantalla facial o gafas protectoras, especialmente el operario que realice traspaso de fluidos de un recipiente a otro.

- Utilizar siempre guantes Cryo-Gloves® y Cryo-Aprons®, con un broche suelto que permita sacárselos rápidamente si cae o salpica líquido en ellos. Incluso con los guantes puestos, se puede soportar el frío sólo por tiempos cortos.
- Usar sólo envases diseñados específicamente para contener líquidos criogénicos, construidos para soportar las grandes diferencias de temperatura y presiones normales de operación. (Gomez A. M., 2008)(p.10,11).

#### **4.2.12. Emergencias por gases criogénicos.**

**4.2.12.1. Prevención (antes).** (Gomez A. M., 2008) (p.11,12), dice que únicamente llevando a cabo prácticas preventivas, es que se puede garantizar en cierta medida, que se mantiene un control sobre situaciones imprevistas y disminuye notoriamente la probabilidad de sufrir grandes pérdidas a consecuencia de un accidente. Con el fin de contribuir a la verificación de algunos aspectos importantes en lo referente a emergencias, enumera los siguientes puntos:

- Todas las personas que se encuentren en las instalaciones deben conocer de manera general, los riesgos de fugas inherentes a cada fluido criogénico almacenado; de esta manera, comprenderán porque deben protegerse y habrá mayor colaboración en caso de presentarse un accidente.
- Siendo conscientes de un peligro potencial, debe existir un plan de prevención y atención de emergencias, muy bien estructurado.
- Como parte fundamental del plan se debe contar con personal debidamente capacitado, para lo cual se debe elaborar un programa continuo de entrenamiento a todo nivel, pero especialmente dirigido hacia el personal que va a intervenir directamente en la eventualidad de una emergencia.
- Todas las personas deben tener claro el hecho de que nadie puede actuar hasta que el “Equipo de respuesta” o personal experto se haga cargo, así crea poder solucionar el problema. Una emergencia nunca debe ser atendida por una sola persona ya que aquello que puede parecer insignificante, puede salirse de las manos en cualquier momento.
- Se debe contar no sólo con el recurso humano sino también con los equipos que se requieren, ya que el éxito en la atención de emergencias depende en un 80% del equipo disponible.
- El plan de prevención debe también considerar un programa de inspección del sistema de alerta.

- Es necesario que las personas conozcan a fondo la información que contiene una hoja de seguridad o MSDS y la puedan interpretar en caso de emergencia. Esta información debe estar 100% disponible. Se sugiere colocar en un lugar de fácil acceso.
- Mantener a la mano, números telefónicos de apoyo puede ser de gran utilidad: Bomberos, Cruz Roja, etc.
- También se debe tener el equipo adecuado para atender la emergencia.

**4.2.12.2. Recursos necesarios para atender emergencias.** Cinta de demarcación del área afectada (rayada de amarillo y negro). Señales de “Peligro”:

- Equipos de respiración autónoma.
- Sistemas de comunicación entre el personal operativo y dirigente.
- Monitor de concentración de oxígeno para vigilar permanentemente la atmósfera.
- Camillas.
- Agua tibia disponible. (Gomez A. M., 2008) (p.11).

**4.2.12.3. En situación de emergencia (durante).** En una emergencia real, nunca habrá tiempo suficiente para planear lo que se debe hacer. Por esta razón, se insiste en formar expertos que puedan responder instantáneamente y en forma seria y responsable. Es posible declarar la situación de emergencia y activar las alarmas cuando se ha detectado fugas de alguno de los fluidos criogénicos almacenados o disminución de oxígeno. La detección puede ser realizada por instrumentos de medición como detectores de conductividad térmica, fotómetros infrarrojos analizadores de conductividad eléctrica o monitores de concentración de oxígeno en el aire.

No se deben guiar por el olfato. Otras señales son mareo y dolor de cabeza repentinos en el personal cercano al área. Tras la aparición de estos síntomas se debe verificar inmediatamente el nivel de oxígeno en el lugar.

Todo el personal debe tener conocimiento de que no podrá tomar ninguna acción si no está debidamente capacitado, entrenado y protegido. Por tanto, durante las operaciones que impliquen riesgo de incendio, habrá personal que supervise los procesos y esté atento a cualquier situación que requiera un apoyo o la activación del plan de emergencia. El personal asignado por el comité de emergencias, procederá bajo las siguientes instrucciones según (Gomez A. M., 2008) (p.12,13,14).

**4.2.12.4. En caso de fuga.** Reportar la fuga al coordinador o responsable del área para tomar decisiones en forma adecuada, tales como evacuación, activación del equipo de respuesta o brigada, etc. Todo ello va relacionado con la magnitud de lo ocurrido. Intentar atender una fuga bajo criterio propio, puede ser peligroso.

En caso de emergencia informar inmediatamente a los organismos de socorro (bomberos, cruz roja, defensa civil).

Aislar el área de la fuga inmediatamente a por los menos 25 a 50 metros a la redonda. Toda persona no equipada debe haber abandonado el lugar. Se acordona el área y delimitan zonas “caliente, tibia y fría” con la cinta amarilla, según se define a continuación:

- Zona caliente o de exclusión: es el área donde se presenta el vertimiento y su extensión, depende de la magnitud del derrame.
- Zona tibia o de no-exclusión: es el espacio en el cual se ubica el personal de apoyo y donde se establece contacto para el intercambio de recursos entre la zona caliente y el exterior.
- Zona fría o de protección pública: corresponde a la distancia mínima a la cual se permite el ingreso de personas ajenas a la situación. En esta área se instala el centro provisional de atención de heridos o afectados en caso de ser necesario.
- Mantener alejado al personal no autorizado.
- Permanezca en la dirección del viento.
- Manténgase alejado de las áreas bajas.
- Use el equipo de aire autónomo, un traje de bombero profesional proporcionara solamente una protección limitada. Use el equipo de protección adecuado según la cantidad, recuerde que es un gas criogénico. Para ello, se consulta la hoja de seguridad y las fuentes necesarias
- En caso de una fuga grande, considere la evacuación inicial a favor del viento de por lo menos 100 metros.
- Detenga la fuga, notifique de inmediato al proveedor para evitar accidentes por manipulación de recipientes especiales.
- Prevenga la entrada de gases hacia alcantarillas, sótanos o áreas confinadas.
- Si existen personas afectadas, se designa personal y un lugar para su atención y estabilización. Este lugar puede ser la enfermería si está cerca, o una carpa improvisada que se coloca en la zona fría.

- El personal de atención en la zona caliente procede a evacuar el lugar de personas afectadas para ser trasladadas a la zona de estabilización y primeros auxilios.
- Por último, se procede a recuperar el lugar realizando una ventilación exhaustiva del mismo. La emergencia no termina hasta tanto no se haya despejado totalmente el lugar, la concentración de oxígeno en el ambiente se encuentre entre 19 y 21%.

**4.2.12.5. En situación de emergencia (después).** El comité de emergencias se reúne para evaluar la situación y buscar las causas que desencadenaron la emergencia para tomar decisiones sobre posteriores acciones correctivas. Se recomienda elaborar un formato para registro de emergencias, con los siguientes campos de información como mínimo: Fecha, diligenciado por, descripción de lo sucedido, posibles causas, acción correctiva, impactos ambientales causados, evaluación del procedimiento y evaluación de la acción correctiva. Igualmente, se recuperarán los recursos utilizados para mantener el inventario en cantidad suficiente y disponible en caso de ser necesario. (Gomez A. M., 2008) (p.14).

#### **4.2.13. Estudio de factibilidad.**

Según (Orjuela Córdoba & Sandoval Medina, 2002), cuyo trabajo se llama guía del estudio de mercado para la elaboración de proyecto, dice que el estudio de factibilidad permite determinar la viabilidad de un proyecto de investigación para su posterior aplicación final con el menor riesgo de probabilidad de fracaso.

El resultado de dicho estudio de factibilidad es el concepto base para la buena toma de decisiones, evitar altos costos sociales, materiales, humano y tiempo con un enfoque sistémico apoyados en la GTC 184 Guía Técnica Colombiana (formalización de empresa 2009) de instituto de normas técnicas colombianas INCONTEC (INCONTEC, Guia Tecnica Colombiana 184, 2009); donde hay una breve descripción de las variables de los estudios y pasos que se deben tener en cuenta a la hora del desarrollo del proyecto.

**4.2.13.1. Estudio de mercado.** Define el medio en el que habrá de llevarse a cabo el proyecto. En este estudio se analiza el mercado o entorno del proyecto, la demanda, la oferta y la mezcla de mercadotecnia o estrategia comercial, dentro de la cual se estudian el producto, el precio, los canales de distribución y la promoción o publicidad. Pero siempre desde el punto de vista del evaluador, es decir, en cuanto al costo/beneficios que cada una de estas variables pudiesen tener sobre la rentabilidad del proyecto. Este estudio es generalmente el punto de partida para la

evaluación de proyectos, ya que, detecta situaciones que condicionan los demás estudios. (Orjuela Córdoba & Sandoval Medina, 2002) (p.9).

Tabla 2.

*Variables del estudio de mercado.*

<b>Actividad</b>	<b>Descripción básica</b>	<b>Pautas o ejemplos</b>
<b>Producto o servicio:</b>	Son las características de su producto o servicio. (Intrínsecas y extrínsecas). Teniendo en cuenta las condiciones y necesidades exigidas por: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El cliente</li> <li>✓ El mercado.</li> </ul>	<b>Producto</b> Peso, tamaño, presentación, empaque. <b>Servicio</b> Atributos del servicio (rapidez, efectividad, atención). Recreación, deporte, bienestar, belleza, entre otros.
<b>Promoción:</b>	Son los aspectos de publicidad que serán usados, tales como: Colores de impacto empaque, forma de presentación en los supermercados. Propuestas del servicio, entre otros.	Volantes Pancartas Pendones Decoración en las instalaciones donde se prestará el servicio Carteleros Folletos
<b>Precio:</b>	El precio se define con base en los costos de producción, de la competencia y del momento de mercado, según temporadas y tipo de producto.	Precio de introducción Precio promocionales Descuentos de relanzamiento Precio por temporada
<b>Plaza:</b>	Sitio específico de la venta  Nicho de mercado	Cliente al que va dirigido el producto, estrato, edad, promedio de ingresos, entre otros. Centro comercial, puesto de paso, tiendas, internet, entre otros.

*Nota.* Autoría GTC 184 (INCONTEC, Guía Técnica Colombiana 184, 2009)

**4.2.13.2. Estudio técnico.** Se entrega la información necesaria para determinar cuánto hay que invertir y los costos de operación asociados de llevar a cabo el proyecto.

Este estudio, responde las preguntas cuándo, cuánto, cómo y con qué producir el bien o servicio del proyecto.

Además, el estudio técnico permite definir el tamaño, la localización del proyecto, la tecnología que se usará y la función de producción óptima para la utilización eficiente de los recursos disponibles.

La elección de un lugar determinado dependerá de diversos factores como disponibilidad y costo de mano de obra, factores del medio ambiente, medios y costos de transporte, cercanía del mercado y de las fuentes de abastecimiento, disponibilidad de insumos, etcétera. También, es posible determinar la estructura organizacional de la empresa y los recursos a utilizar en la operación del proyecto. (Orjuela Córdoba & Sandoval Medina, 2002) (p.9).

Tabla 3.

*Variables del estudio técnico.*

<b>Actividad</b>	<b>Descripción básica</b>	<b>Pautas o ejemplos</b>
<b>Producción:</b>	Tecnología Maquinaria y equipo que requiere (especificaciones técnicas) Presupuesto y cotizaciones sobre la maquinaria y equipo Presupuesto de construcción compra y/o modificaciones, adecuación de las instalaciones, entre otros.	Maquinaria requerida para la elaboración del producto, dependiendo del proceso de fabricación o requisitos de almacenamiento. Los equipos requeridos para llevar la información y la tecnología requerida para cada caso.
<b>Macro localización</b>	Ubicación de la planta o taller Vías de acceso Proximidad a los proveedores, clientes. Legislación de la región (salud, ambiente, construcción, entre otros)	Ubicación geográfica, accesos viales, aéreos u otros. Consecución de materias primas por proximidad con los proveedores.
	Distribución dentro de las instalaciones de la empresa de: equipos y maquinaria, materiales.	Espacios requeridos, Mapa de distribución de la planta Número de

<b>Micro localización</b>	Servicio al personal Depósitos Seguridad Industrial Requisitos legales	baños Cafetería Señalización
---------------------------	---	------------------------------------

*Nota.* Autoría GTC 184 (INCONTEC, Guía Técnica Colombiana 184, 2009)

**4.2.13.3. Estudio administrativo.** Define la estructura administrativa que más se adapte a las características del negocio, definiendo además las inversiones y costos operacionales vinculados al producto administrativo.

Dentro de la estructura administrativa es necesario considerar los siguientes aspectos:

Definición del personal necesario para llevar a cabo la gestión, como es el caso de gerentes, administradoras, personal de apoyo y de producción, entre otros.

Sistemas de información a utilizar en cuanto a contabilidad, ventas, inventario, etcétera.

Sistemas de prevención de riesgos, como rutas de escape frente a posibles siniestros.

Determinación de las actividades que se realizarán dentro y fuera de la empresa, es decir, de internalización y externalización o outsourcing. (Orjuela Córdoba & Sandoval Medina, 2002) (p.9).

Tabla 4.

*Variables del estudio administrativo.*

<b>Actividad</b>	<b>Descripción básica</b>	<b>Pautas o ejemplos</b>
<b>Estructura organizacional:</b>	Establecer las áreas o procesos con los que contará la empresa y personas que lo conformarán.	Determinar: Administración, definir en primer lugar el gerente o representante legal (este se requiere como requisito dentro de la formalización del negocio) Áreas, tales como: Financiera (contabilidad, tesorería y cartera), ventas, compras, producción, recursos humanos, entre otras.
<b>Funciones y responsabilidades:</b>	Distribución de las tareas, actividades y responsabilidades por cada uno de los procesos, definiendo cargos. Nómina de personal que requerirá la empresa.	Definir los cargos de la estructura organizacional, salario asignado, condiciones de contratación (requisitos legales).

*Nota.* Autoría GTC 184 (INCONTEC, Guía Técnica Colombiana 184, 2009)

**4.2.13.4. Estudio financiero.** Cuantifica los beneficios y costos monetarios de llevarse a cabo el proyecto. Su objetivo, es sistematizar la información de carácter monetario de los estudios anteriores para así determinar la rentabilidad del proyecto. Para esto se utiliza el esquema de los flujos de caja proyectados, para el periodo de tiempo que se considere relevante para la evaluación del proyecto.

El flujo de caja debe contener los siguientes elementos: inversión inicial requerida para poner en marcha el proyecto, ingresos y egresos de la operación, momento en que ocurren dichos ingresos y egresos, monto de capital de trabajo y valor de desecho o de salvamento del proyecto. (Orjuela Córdoba & Sandoval Medina, 2002) (p.10)

Tabla 5.

*Variables del estudio financiero.*

<b>Actividad</b>	<b>Descripción básica</b>	<b>Pautas o ejemplos</b>
<b>Capital de inversión requerido:</b>	El dinero para: Funcionamiento inicial de la empresa y las fuentes de financiación como: Aportes de cada uno de los socios: el dinero requerido para el funcionamiento inicial de la empresa. Los aportes intelectuales y en especie. (Tener en cuenta los requisitos legales para cada uno de los aportes).	Adecuación (Maquinaria, edificio, refracciones y reparaciones locativas) compra de maquinaria, capital de trabajo, capital en especie (aporte en maquinaria, terrenos, materia prima, entre otros). Capital intelectual conocimientos aportados para el desarrollo o innovación del producto o metodología.
<b>Flujo de efectivo proyectado:</b>	Muestra en un periodo de tiempo determinado el movimiento del efectivo. (Proyección de ingresos y egresos).	Ingresos proyectados Egresos programados Gastos de funcionamiento Costos de producción
<b>Proyección financiera con indicadores:</b>	Proyectar si la empresa es rentable económicamente.	Ganancia sobre la inversión realizada. Cuánto gasto y cuánto me queda.
<b>Alternativas de financiamiento:</b>	Fuentes de financiamiento.	Tener en cuenta los fondos de financiamiento.

*Nota.* Autoría GTC 184 (INCONTEC, Guía Técnica Colombiana 184, 2009)

**4.2.13.5. Estudio legal.** Influye directamente sobre los desembolsos en los que debe incurrir la empresa como son:

Gastos por constitución de la sociedad, como trámites municipales, notariales o del Servicio de Impuestos Internos (SII).

Restricciones en materia de exportaciones e importaciones de materia prima y productos terminados.

Restricciones legales sobre la ubicación, traduciéndose en mayor costo de transporte.

Disposiciones generales sobre seguridad, higiene y efectos sobre el medio ambiente, entre otras.

Además, el estudio legal da recomendaciones sobre la forma jurídica que adopte la empresa, ya sea como sociedad abierta, limitada, etcétera. (Orjuela Córdoba & Sandoval Medina, 2002) (p.9).

**4.2.13.6. Estudio ambiental.** Define la evaluación social del proyecto en donde se debe tener en cuenta las implicaciones del uso del medio ambiente y el impacto del mismo referente a la actividad que se va a realizar.

### **4.3. Marco conceptual**

Como parte del proceso del desarrollo del anteproyecto nos basaremos en dos técnicas; el método Lean Startup con la finalidad de garantizar la mayor probabilidad de éxito.

#### **4.3.1. Método lean startup.**

En el artículo Método “Lean Startup” publicado por (Carazo Alcalde, 2018) habla de una metodología basada en “aprendizaje validado”, es decir, ir validando poco a poco las hipótesis antes de tener el producto final/el startup definitivo y comenzar a escalar el negocio.

Vamos definiendo y acortando los ciclos de desarrollo, lanzando distintas propuestas por un periodo de tiempo y obteniendo un feedback muy valioso de nuestros potenciales clientes o usuarios, con los que mejorar la siguiente versión final del producto.

Dentro del lean startup, distinguimos 3 técnicas: (Carazo Alcalde, 2018)

- **Desarrollo de clientes (customer development):** Comprobamos si nuestro producto satisface las necesidades del cliente. Para ello, salimos a la calle y preguntamos a los que serían nuestros clientes potenciales, les enseñamos el producto, que lo prueben y nos den sus más sinceras y constructivas opiniones. Así se va construyendo el producto final, siempre con el foco en el cliente.
- **Técnicas ágiles o Scrum:** Consiste en un conjunto de técnicas utilizadas de comunicación y desarrollo de producto dinámicas y rápidas para proponer ideas, mejoras e ir configurando

el proyecto final en un equipo de trabajo. Se pueden utilizar software de gestión de proyectos para organizar las tareas o reuniones cortas y concisas para evaluar el trabajo del día anterior y el que se va a hacer ese día, son algunos ejemplos de estas técnicas.

#### 4.3.2. Pasos fundamentales en el método lean startup.

- a) **Plantea una hipótesis:** parte de un problema a resolver y explica porque estaría dispuesto a pagar por tu oferta. Para identificar el problema/dolor, podemos realizar una serie de encuesta a los posibles clientes e identificar que les preocupa realmente. Debemos analizar si el problema es lo suficientemente doloroso para atacarlo.
- b) **Valida la hipótesis:** Desde crear un producto o servicio con las características mínimas básicas para comprobar si es lo que el mercado quiere hasta una demostración de cómo funciona, todo es posible. El objetivo es saber si la gente lo querría y lo compraría. Esta primera validación será de los “early adopters”, los primeros usuarios que lo utilizarán y los más susceptibles de probar cosas nuevas en nuestro sector.
- c) **Mide la hipótesis:** La mejor manera de saber qué métricas implementarás es identificando cuáles son los pasos a seguir para llegar hasta tu oferta y cuántas veces recurrieron a ellos para comprar.
- d) **Genera un aprendizaje validado:** Significa que habrás realizado ajustes y cambios tanto en el producto o servicio, como en el mercado, proveedores... aprendiendo del entorno al que va dirigido el producto. Es fundamental saber escuchar a todos los stakeholders (Personas implicadas directa o indirectamente en el producto/servicio) e incorporar su feedback.
- e) **Ciclo repetitivo:** Pones en marcha los pasos anteriores una vez más ya con un producto o servicio mejorado y volvemos a empezar. (Carazo Alcalde, 2018).

#### 4.4. Marco legal

(Gomez A. M., 2008) (p.15), habla de las tuberías y conexiones de los gases criogénicos deben estar permanentemente señalizadas con una tarjeta o etiqueta que indique su función Las válvulas, medidores y otras partes vulnerables del Sistema deben estar protegidas contra daños físicos.

Los tanques estacionarios deben estar ubicados en áreas abiertas a 0.3 m de edificaciones, a 15 m de lugares públicos, a 4.5 m de materiales inflamables y a 6.1 m de materiales incompatibles.

Los estanques estacionarios deben estar señalizados, por lo cual se sugiere conservar el mismo sistema de rotulación de Naciones Unidas que trae el carro tanque; sin embargo, también se pueden colocar los rombos de riesgo para casos de incendio. Estos son los rótulos de la NFPA que indican,

en una escala de 0 a 4, los riesgos en salud (fondo azul), inflamabilidad (rojo), reactividad (amarillo) y riesgos especiales (blanco), en el evento de un incendio. Es muy importante aclarar que las señales que se coloquen, deben estar elaboradas de un material y pintura especiales a fin de que sean resistentes al fuego durante al menos una hora o a la corrosión ya que en caso de emergencia estas deben mantenerse intactas por un tiempo tal que permita la identificación durante el mayor tiempo posible.

Todas las señales anteriores deben colocarse en tantos lugares como sea necesario para garantizar que serán fácilmente visibles. La presión del tanque debe indicarse. (Cubillos, 2008)

#### 4.4.1. Normatividad.

- **NTC-ISO 10083:** Oxygen concentrators for use with medical gas pipeline systems. (INCONTEC, Norma Tecnica Colombiana - ISO 10083, 2004)
- **NTC 5127:** Por la cual se establecen los sistemas masivos de oxígeno en la instalación del consumidor final. (INCONTEC N. T., 2002)
- **Normas NTC 3458** de tuberías. (INCONTEC N. t., 1992)
- **Resolución 04410 2009 – Invima** (Bentacourt, 2009)

Otra Normatividad: (Rodriguez Lezama, 2010)

- **ASME B31.5:** 1994, Refrigeration Piping
- **ASME CODE** Sección V Article 2, Radiographic Testing
- **ASME CODE** Sección V Article 9, Visual Testing
- **ASME CODE** Sección V Article 10 Apendix I, Neumatic Testing
- **ASME CODE** Sección V Article 10 Apendix IV, Mass Spectrometric Leakage Testing.
- **ASME CODE** Sección VIII División 1 Apendix IV, Radigraphic Testing
- **ASME CODE** Sección VIII División 1 UG-99 Hidrostatic Testing
- **ASME CODE** Seccion VIII Division 1 UG-100 Neumatic Testing
- **ASME CODE** Sección VIII Division 1 UW 11 (b) Radiographic Testing Spot
- **ASME CODE** Sección VIII Division 1 UW 51 Radiographic Testing Full
- **ASME CODE** Sección VIII Division 1 UW 52 Radiographic Testing Spot (ICONTEC, 2000)

## **5. Marco metodológico**

### **5.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación que se usara para este proyecto es la mixta, según (Sieber & jick, 2012) esta permite identificar a los actores del proceso, contempla los estudios descriptivos, involucrando también el diseño, al mismo tiempo que se identifican las probabilidades, posibilidades y limitaciones, aquí también se trabaja la cuantitativa, recolectando toda la información que permitirá analizar desde un estudio de mercado hasta el beneficio en reducción de costos, y la cualitativa, se realizaran encuesta para conocer a profundidad las verdaderas necesidades.

### **5.2. Variables de la investigación**

#### **5.2.1. Variables independientes.**

- Estudio técnico.
- Estudio de mercado.
- Estudio financiero.

#### **5.2.2. Variable dependiente.**

- Presión, esfuerzo de materiales, consumo de oxígeno, gasificación de materiales, volumen del recipiente, espesor de la pared del cuerpo, espesor de cabezas, entrada de inspección, conexiones, cronograma.
- Caracterización del producto, características del consumidor, delimitación y descripción del mercado.
- Presupuesto, disponibilidad de fondos, préstamos bancarios, prestamos gubernamentales.

#### **5.2.3. Variable interviniente.**

- Normatividad que rige la fabricación del recipiente

### **5.3. Población y muestra**

#### **5.3.1. Población.**

La población a la que se tiene en cuenta para esta investigación, son las instituciones prestadoras de salud (IPS) de III nivel en la ciudad de Bogotá, que tengan la capacidad de almacenamiento de un recipiente criogénico como mínimo para el suministro de oxígeno medicinal.

#### **5.3.2. Muestra.**

A continuación, nombramos el listado de los hospitales que tendrían capacidad para la instalación de un recipiente criogénico:

Tabla 6.

*Consumo por M<sup>3</sup> de gases medicinales en hospitales de Bogotá.*

<b>Consumo por m<sup>3</sup> de gases medicinales en hospitales de III nivel de Bogotá</b>			
<b>Nombre del hospital</b>	Hospital la samaritana	<b>Nombre del hospital</b>	Clínica Palermo
<b>Consumo promedio mensual m<sup>3</sup></b>	17.000 m <sup>3</sup>	<b>Consumo promedio mensual m<sup>3</sup></b>	16.000 m <sup>3</sup>
<b>Valor del m<sup>3</sup></b>	\$3.120	<b>Valor del m<sup>3</sup></b>	\$3.350
<b>Valor aproximado mensual</b>	\$53.040.000	<b>Valor aproximado mensual</b>	\$53.600.000
<b>Valor anual</b>	\$636.480.000	<b>Valor anual</b>	\$643.200.000
<b>Proveedor de oxígeno</b>	Linde	<b>Proveedor de oxígeno</b>	Praxair
<b>Nombre del hospital</b>	Clínica Méderi	<b>Nombre del hospital</b>	Clínica Saludcoop
<b>Consumo promedio mensual m<sup>3</sup></b>	45.000 m <sup>3</sup>	<b>Consumo promedio mensual m<sup>3</sup></b>	20.000 m <sup>3</sup>
<b>Valor del m<sup>3</sup></b>	\$3.350	<b>Valor del m<sup>3</sup></b>	\$3.120
<b>Valor aproximado mensual</b>	\$150.750.000	<b>Valor aproximado mensual</b>	\$62.400.000
<b>Valor anual</b>	\$1.809.000.000	<b>Valor anual</b>	\$748.800.000
<b>Proveedor de oxígeno</b>	Linde	<b>Proveedor de oxígeno</b>	Linde
<b>Nombre del hospital</b>	Hospital San Ignacio	<b>Nombre del hospital</b>	Fundación universitaria San José
<b>Consumo promedio mensual m<sup>3</sup></b>	24.000 m <sup>3</sup>	<b>Consumo promedio mensual m<sup>3</sup></b>	11.500 m <sup>3</sup>
<b>Valor del m<sup>3</sup></b>	\$3.410	<b>Valor del m<sup>3</sup></b>	\$3.490
<b>Valor aproximado mensual</b>	\$81.840.000	<b>Valor aproximado mensual</b>	\$40.135.000
<b>Valor anual</b>	\$982.080.000	<b>Valor anual</b>	\$481.620.000
<b>Proveedor de oxígeno</b>	Linde	<b>Proveedor de oxígeno</b>	Linde
<b>Nombre del hospital</b>	Hospital de Meissen	<b>Nombre del hospital</b>	Clínica Reina Sofia
<b>Consumo promedio mensual m<sup>3</sup></b>	11.000 m <sup>3</sup>	<b>Consumo promedio mensual m<sup>3</sup></b>	12.700 m <sup>3</sup>
<b>Valor del m<sup>3</sup></b>	\$3.100	<b>Valor del m<sup>3</sup></b>	\$3.210
<b>Valor aproximado mensual</b>	\$34.100.000	<b>Valor aproximado mensual</b>	\$40.767.000
<b>Valor anual</b>	\$409.200.000	<b>Valor anual</b>	\$489.204.000

<b>Proveedor de oxígeno</b>	Linde	<b>Proveedor de oxígeno</b>	Linde
<b>Nombre del hospital</b>	Hospital militar	<b>Nombre del hospital</b>	Hospital tunal
<b>Consumo promedio mensual m<sup>3</sup></b>	30.000 m <sup>3</sup>	<b>Consumo promedio mensual m<sup>3</sup></b>	27.000 m <sup>3</sup>
<b>Valor del m<sup>3</sup></b>	\$3.310	<b>Valor del m<sup>3</sup></b>	\$3.100
<b>Valor aproximado mensual</b>	\$99.300.000	<b>Valor aproximado mensual</b>	\$83.700.000
<b>Valor anual</b>	\$1.191.600.000	<b>Valor anual</b>	\$1.004.400.000
<b>Proveedor de oxígeno</b>	Linde	<b>Proveedor de oxígeno</b>	Cryogas
<b>Nombre del hospital</b>	Hospital Simón Bolívar	<b>Nombre del hospital</b>	Hospital San Rafael
<b>Consumo promedio mensual m<sup>3</sup></b>	10.000 m <sup>3</sup>	<b>Consumo promedio mensual m<sup>3</sup></b>	21.000 m <sup>3</sup>
<b>Valor del m<sup>3</sup></b>	\$3.490	<b>Valor del m<sup>3</sup></b>	\$3.250
<b>Valor aproximado mensual</b>	\$34.900.000	<b>Valor aproximado mensual</b>	\$68.250.000
<b>Valor anual</b>	\$418.800.000	<b>Valor anual</b>	\$819.000.000
<b>Proveedor de oxígeno</b>	Cryogas	<b>Proveedor de oxígeno</b>	Cryogas

*Nota.* Autoría propia. (Adaptado de información obtenida por el departamento de compras de los respectivos hospitales)

## 5.4. Diseño metodológico

### 5.4.1. Proceso metodológico.

Este proyecto tiene como metodología hacer un estudio de pre factibilidad para fabricación y comercialización de los recipientes criogénicos para el suministro de oxígeno medicinal, el cual realizaremos por medio de un estudio de mercado, un análisis de producción y un análisis financiero:

Tabla 7.

*Proceso metodológico.*

<b>Pregunta de investigación</b>	<b>Objetivo de investigación</b>	<b>Proceso metodológico</b>	<b>Instrumento de recolección de la información</b>
¿Qué variables son las que se deben tener en cuenta para la realización de un diseño	Identificar las oportunidades de mercado para la comercialización del recipiente criogénico.	se realiza una investigación que permita estructurar el estudio de	Encuesta, base de datos Icontec, base de datos DANE,

de un recipiente criogénico para el almacenamiento de oxígeno medicinal y su comercialización aquí en Bogotá?		mercado para analizar la aceptación del producto en los hospitales.	base de datos de la CCB, base de datos del SIREM.
¿Cuáles son los beneficios a corto y mediano plazo que obtendrían los clientes con la adquisición de un tanque criogénico para el almacenamiento de oxígeno medicinal?	Elaborar el estudio técnico que permite identificar materiales, procesos, estudio organizacional.	Se debe recopilar la información pertinente para elaborar una evaluación de la situación actual del mercado (estudio de mercado), analizar los materiales para la fabricación y para los respectivos mantenimientos.	Diagrama de flujo, solid Edge, cronograma de actividades.
¿Qué variables se deben contemplar para llevar a cabo la parte financiera para la fabricación y comercialización de los tanques criogénicos y la rentabilidad del mismo?	Establecer el estudio financiero del proyecto que permita determinar la rentabilidad del mismo.	Sacar los costos del producto y realizar la comparación del producto nacional vs el importado bajo políticas comerciales, posterior a este realizar un estudio financiero.	Elaboración del presupuesto para la realización del proyecto y el presupuesto de fabricación de un recipiente criogénico

*Nota:* Autoría propia.

### 5.5. Técnicas de análisis de la información

Para la elaboración de este proyecto, utilizaremos como guía para la organización y análisis de los datos recolectados, la estadística, es necesario identificar el consumo de oxígeno medicinal, así como el porcentaje de participación que tiene cada una de las 3 multinacionales con presencia aquí en Colombia. La visualización, para sacar conclusiones más concretas por medio de los gráficos.

Así como también utilizaremos bases de datos que nos permitan obtener información del producto y su comportamiento en el mercado, encuestas a las personas encargadas del área de compras, para que nos permita conocer si hay más necesidades diferentes a las ya mencionadas en

cuanto a la adquisición del recipiente criogénico y las condiciones comerciales que tienen con las multinacionales gaseras.

## 6. Resultados de la investigación

### 6.1. Estudio de mercado

Al elaborar el estudio de mercado, se pretende identificar la existencia de un consumo aparente del producto “Recipiente para almacenamiento de oxígeno medicinal”, el cual se identifica con partida arancelaria 7311.00.10.90 (Manufactura de fundición hierro y acero. Recipiente para gas comprimido o licuado, de fundición, hierro o acero sin soldadura. los demás”. Inicialmente partiendo de un mercado meta como Bogotá y posteriormente a un mercado objetivo como las cinco principales ciudades de Colombia (Bogotá, Medellín, Cali, Cartagena, Bucaramanga), y como referencia para cinco años poder llegar a los diferentes Departamentos a nivel nacional.

#### 6.1.1. Análisis sectorial.

Para desarrollar el estudio de mercado, se dará inicio con el Estudio Sectorial, que permite identificar cómo se encuentra en la actualidad el sector económico donde participa la industria. El cuál corresponde al código de identificación Industrial Unificado CIU (2512).

Tabla 8.

*Código CIU fabricación de tanques.*

CIU Rev. 4 A.C. dane			
Sección C/ Industrias manufactureras			
División	Grupo	Clase	Descripción
25			Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo.
	251		Fabricación de productos metálicos para uso estructural, tanques, depósitos y generadores de vapor.
		2512	Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de metal, excepto los utilizados para el envase o transporte de mercancías.

*Nota.* Autoría propia (adaptación realizada con información del DANE) por (DANE, 2012) archivo en excel.

Para realizar una radiografía de cómo se encuentra el sector, el estudio se apoya del análisis del macroentorno y microentorno de la organización.

Otro elemento importante a tener presente, es la identificación del consumo aparente del producto, para ello, se hace necesario identificar el código arancelario del bien, que de acuerdo al código Arancelario de la DIAN (2005), se identifica en la sección 15, metales comunes y manufactureras de estos metales. Capítulo 73: manufacturas de fundición, hierro o acero. Partida 7311: recipientes para gas comprimido o licuado, hierro o acero.

Otro descriptor es la identificación CPC (*Clasificación central de productos*), Este código permite identificar las estadísticas de comercio internacional, permitiendo analizar el mercado de manera más efectiva. Código CPC.

Tabla 9.

*Clasificación central del producto CPC.*

Clasificación central de productos CPC					
Sección 4		Productos metálicos, maquinaria y equipo			
División	Grupo	Clase	Subclase	Código	Descripción
42					Productos metálicos elaborados (excepto maquinaria y equipo).
	422				Depósitos, cisternas y recipientes de hierro, acero o aluminio.
		4222	42220		Recipientes para gases comprimidos o licuados, de hierro, acero o aluminio.
				4222001	Recipientes metálicos para gases comprimidos.

*Nota.* Autoría propia (adaptación realizada con información del DANE) por (DANE CPC, 2013)

**6.1.1.1. Estudio macroeconómico.** El estudio macroeconómico, permite identificar las variables de competitividad del sector en el mercado colombiano, estos están representados por el indicador de la balanza Comercial Relativa, Tasa de penetración de las importaciones, tasa de apertura exportadora, participación del PIB, Consumo aparente y consumo per cápita. Los cuales se definen a continuación.

**6.1.1.2. Balanza comercial relativa.** En la figura 9. Se analiza el déficit que se ha manifestado en los últimos cinco años en la industria metalmecánica según el (DNP, 2018) en productos cuyo código CIIU inicia por el número 251 (fabricación de productos metálicos para uso

estructural, tanques, depósitos y generadores de vapor) a excepción del año 2016, que tuvo un balance positivo con un cierre del 26,5%.

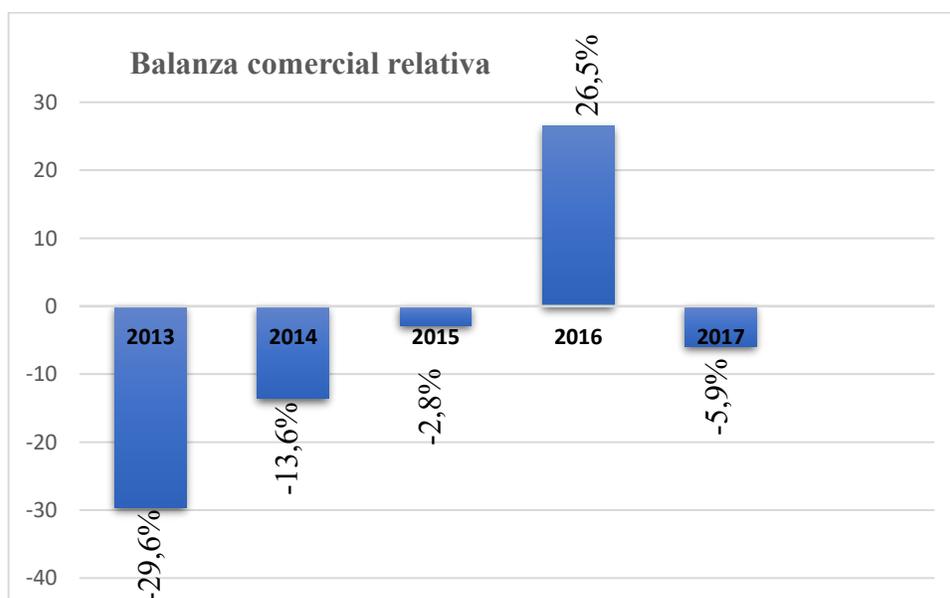


Figura 7. Balanza comercial relativa de los últimos cinco años. Autoría propia, adaptado con información del (DNP, 2018)

**6.1.1.3. Tasa de apertura exportadora.** Según el (DANE, 2018), en diciembre de 2018, las ventas externas del país, presentaron un descenso del 14,6% en comparación a diciembre del 2017. Se manifiesta con las cifras que la decaída estuvo en el grupo de combustibles y las industrias extractivas, mientras que la industria manufacturera, tuvo una participación del 19,7%. A continuación, el comportamiento de los últimos cinco años, de la apertura exportadora del producto según el capítulo del código arancelario, para los productos de manufactura de fundición, hierro o acero.

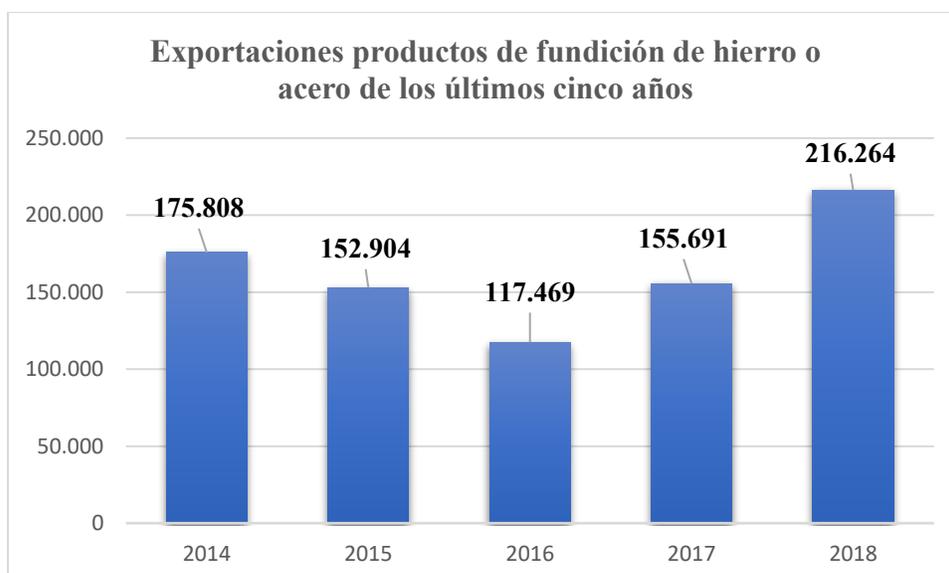


Figura 8. Exportación de los últimos cinco años para productos de fundición, de hierro o acero. Autoría propia. (adaptado con información del DANE) por (DANE, 2019)

En cuanto a exportaciones por peso neto en kilogramos, clasificación CIU (2512- fabricación de tanques, depósitos y recipientes de metal, excepto los utilizados para el envase o transporte de mercancías) según (DNP, 2018), muestra una tendencia variable con el pico más alto en exportación para el año 2013.

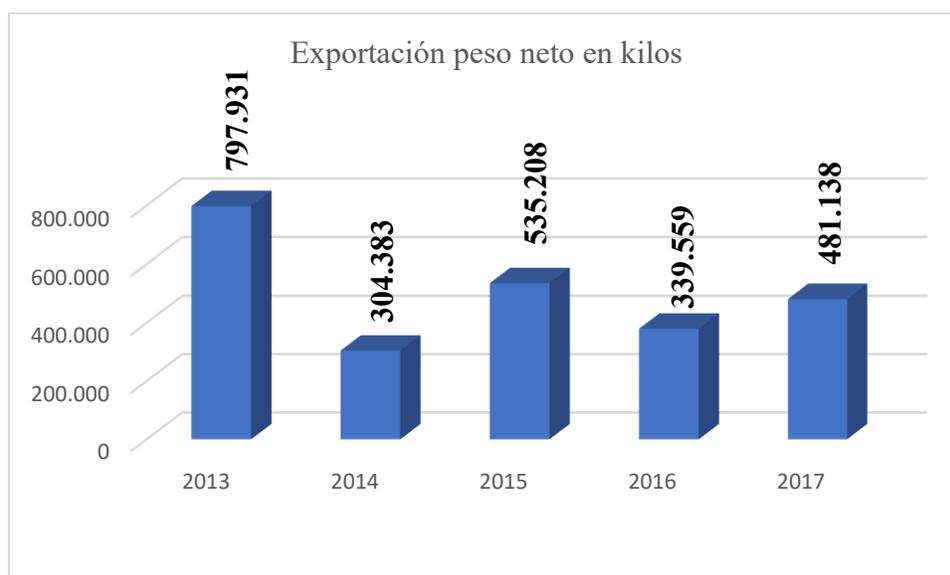


Figura 9. Exportación de los últimos cinco años por peso neto en kilos. Autoría propia, adaptado con información del (DNP, 2018)

**6.1.1.4. Tasa de penetración de importación.** De acuerdo a con la información que suministra él (DANE, 2018), dice que las importaciones tuvieron un aumento del 15,1% con relación al mismo mes (diciembre) del 2017, su crecimiento se debe a las importaciones de la industria manufacturera, la cual tuvo un incremento del 15,3%. El año en que se generó mayor participación de importaciones del mercado para fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo fue en el 2017, con el 2,3% de participación.

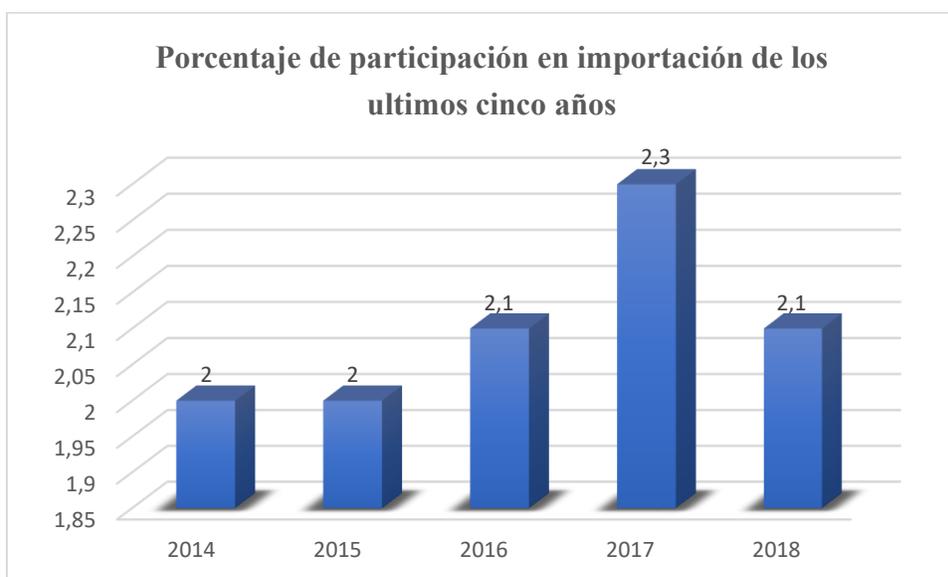


Figura 10. Porcentaje de participación en la importación de artículos para la fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo. Autoría propia, adaptado con información de (DANE, 2018)

En la siguiente figura. Se muestra la tendencia que tuvo la importación de fundición de hierro y acero según el capítulo arancelario en los últimos cinco años y se observa que para el año 2018, las importaciones repuntaron significativamente, con un CIF de USD\$1.805.727, pero el mayor pico estuvo en el año 2014 con un CIF de USD\$2.012.369



Figura 11. Importación de los últimos cinco años del producto para fundición de hierro o acero. Autoría propia, adaptado con información de (DANE, 2018)

De acuerdo con el DNP (2018), clasificación CIU, (2512- fabricación de tanques, depósitos y recipientes de metal, excepto los utilizados para el envase o transporte de mercancías). Se muestra la importación por peso neto en kilos para el año 2013 al 2017, mostrando una variabilidad con picos altos de importación para los años 2013 y 2014 y una caída para el año 2016, importando solo para ese año 4.182.816 kilos.

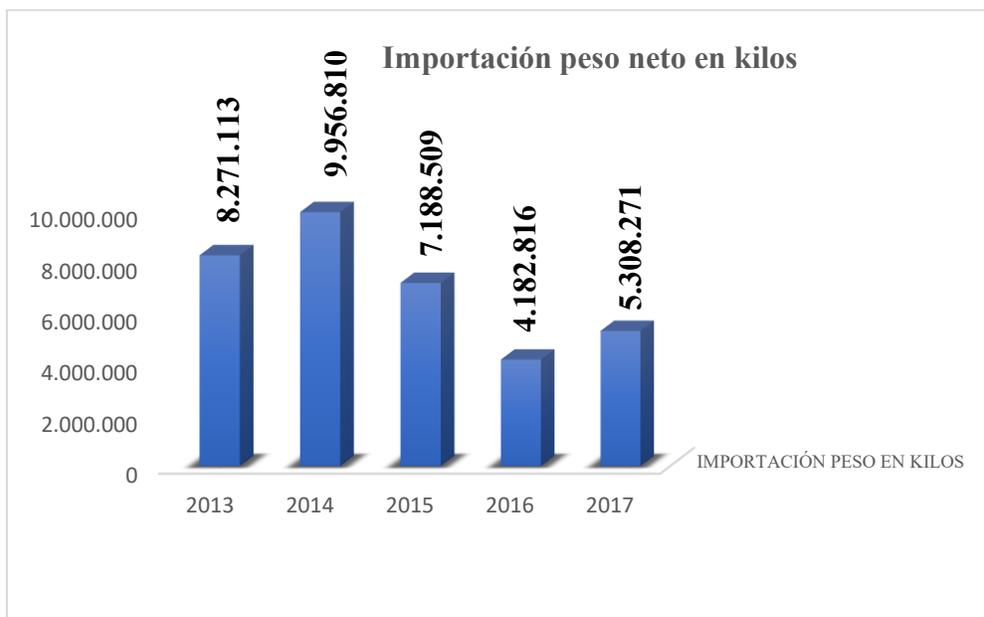


Figura 12. Importación en peso neto por kilogramos de los últimos cinco años. Autoría propia, adaptado con información de (DNP, 2018)

**6.1.1.5. Consumo aparente.** Para determinar el consumo aparente, se emplea la fórmula indicador:

Consumo aparente = Producción + Importaciones – Exportaciones.

- Producción= cero (0), el recipiente o tanque para almacenamiento de oxígeno medicinal, no se produce ni se ensambla en Colombia. Este artículo es 100% importado.
- Importaciones de productos de fundición de hierro o acero

Tabla 10.

*Importación de productos de fundición de hierro o acero, peso neto en kilos de los últimos cinco años.*

Periodo	Importación peso neto en kilos
2014	8.271.113
2015	9.956.810
2016	7.188.509
2017	4.182.816
2018	5.308.271

*Nota.* Autoría propia. Adaptado con información de la figura 15 (DANE, 2018)

A continuación, se relacionan las exportaciones de productos de fundición de hierro o acero en kilogramos presentados en los últimos cinco años:

Tabla 11.

*Exportación de productos de fundición de hierro o acero, peso neto en kilos de los últimos cinco años.*

Periodo	Exportación peso neto en kilos
2014	797.931
2015	304.383
2016	535.208
2017	339.559
2018	481.138

*Nota.* Autoría propia. Adaptado con información de la figura 12 (DANE, 2018)

En la siguiente tabla, se relacionan todos los datos de los últimos cinco años que se necesitan para el cálculo del consumo aparente, esta información está en kilogramos:

Tabla 12.

*Consumo aparente.*

Periodo	Producción	Importación k.	Exportación k.	Consumo aparente k.
2014	0	8,271.113	797.931	7.473.182
2015	0	9.956.810	304.383	9.652.427
2016	0	7.188.509	535.208	6.653.301
2017	0	4.182.816	339.559	3.843.257
2018	0	5.308.271	481.138	4.827.133

*Nota.* Autoría propia. Adaptado con información de las tablas 12 y 15.

**6.1.1.6. Consumo per cápita.** este análisis se realiza para verificar cuanto es el consumo de productos de fundición de hierro o acero en los 53 hospitales de I, II, III y IV nivel en la ciudad de Bogotá, según (Supersalud, S.F.).

Tabla 13.

*Consumo per cápita por peso en kilos.*

Periodo	Consumo aparente peso en kilos	Población (hospitales y clínicas de I, II y III nivel)	Consumo per-cápita peso en kilos
2014	7.473.182	53	141,003
2015	9.652.427	53	182,121
2016	6.653.301	53	125,534
2017	3.843.257	53	72,514
2018	4.827.133	53	91,078

*Nota.* Autoría propia, adaptado con información de la tabla 13.

Para calcular el consumo per-cápita por tanques, se debe calcular el consumo en kilos y dividirlo por el peso del mismo. Ver tabla 16, con información de los últimos cinco años:

Tabla 14.

*Consumo per cápita por tanque.*

Periodo	Peso tanque	Consumo per-cápita peso en kilos	Consumo per-cápita por tanque
2014	4.000 kilos	141,003	35 tanques
2015	4.000 kilos	182,121	46 tanques
2016	4.000 kilos	125,534	31 tanques
2017	4.000 kilos	72,514	18 tanques
2018	4.000 kilos	91,078	23 tanques

Nota. Autoría propia, adaptado con información de la tabla 14.

**6.1.1.7. Análisis de competitividad de porter.** Las cinco fuerzas (Porter, 2001) que se tienen en cuenta para analizar la competencia del mercado que se está trabajando y el éxito del mismo, son:

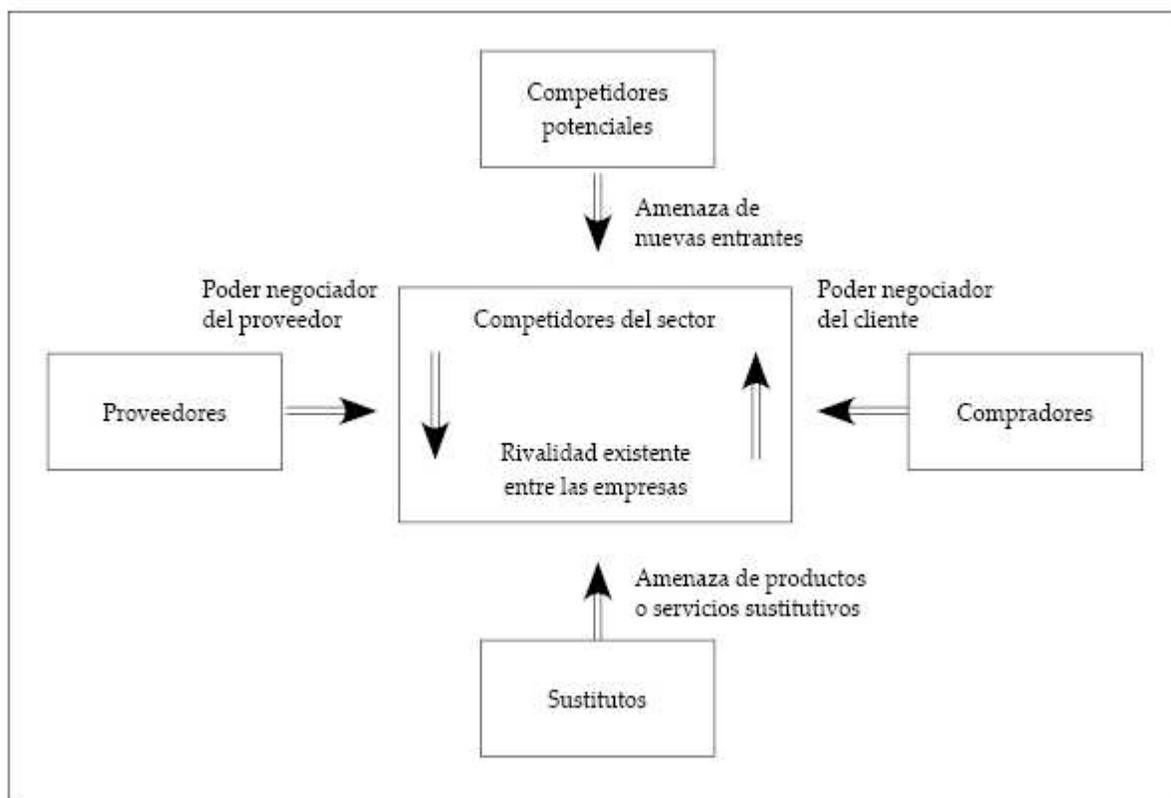


Figura 13. Las cinco fuerzas competitivas de Porter (Riquelme Leiva, 2015)

Teniendo en cuenta la figura 9, se procede a definir cada una de las 5 variables:

- **Amenaza de entrada de nuevos competidores:** se hace el análisis con una calificación de alto, medio y bajo; de esta manera se detectará la amenaza que representan las industrias que pretenden ingresar a la industria ofreciendo el mismo producto o servicio para cubrir una misma necesidad.
- **Poder de negociación de los Compradores:** se identifican las variables que nos permiten identificar el poder de negociación que tienen los compradores sobre el tanque criogénico.
- **Amenaza de productos sustitutos:** producto que se puede reemplazar y presenta las mismas cualidades del producto original.
- **Poder de negociación de los proveedores:** son las empresas que suministran los materiales para poder producir el producto final o llevar a cabo la prestación del servicio.
- **Rivalidad existente entre empresas:** es el enfrentamiento que tienen las compañías del mismo sector de mercado por mantenerse en posicionamiento constante. Todo lo anterior son conceptos propios.

Una vez definidas cada una de las variables se procede a realizar el análisis de las amenazas y poderes de negociación de cada una:

Tabla 15.

*Análisis de las cinco fuerzas de porter.*

Variable	Factor a evaluar	Alto	Medio	Bajo
Amenaza de entrada de nuevos competidores	Nivel de Tecnología			x
	Nivel de economía en escala			x
	Acceso privilegiado a materias primas			x
	Curva de aprendizaje		x	
	Curva de experiencia y conocimiento del producto			x
	Tiempos de respuesta			x
	Niveles de inversión		x	
	Producto diferente			x
	Posicionamiento de marca	x		
	<b>Total</b>		1	2

Poder de negociación de los compradores	Importancia del proveedor para el comprador		x	
	Conocimiento del producto			x
	Costos en los cambios de proveedor			x
	Varios proveedores			x
	Conocimiento del proveedor		x	
	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
Amenaza de productos sustitutos	En el momento no hay una empresa colombiana que maneje este producto o uno sustituto.			
	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Poder de negociación de los proveedores	Competencia con productos sustitutos			x
	Industria monopolizada – presencia extranjera	x		
	Identificación del cliente potencial			x
	Costos al cambiar de proveedor			x
	<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
Rivalidad entre competidores	Posicionamiento en el sector	x		
	Presencia extranjera	x		
	Número de empresas dedicadas a este tipo de producción en la ciudad			x
	Producto diferenciado			x
	Costos al cambiarse de proveedor			x
	<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3</b>

*Nota.* Autoría propia (adaptado con información de las cinco fuerzas de Porter) por (Porter , 2001)

De los totales de cada fuerza de Porter, se evidencia que el nivel de amenaza es muy bajo, teniendo en cuenta que no hay productos sustitutos en Colombia, motivo por el que el comprador no tiene el poder de negociación, sino que, todo lo contrario, el poder lo tiene el proveedor. Se

demuestra que el cambio de proveedor podría venir beneficioso a los compradores al disminuir los costos de adquisición.

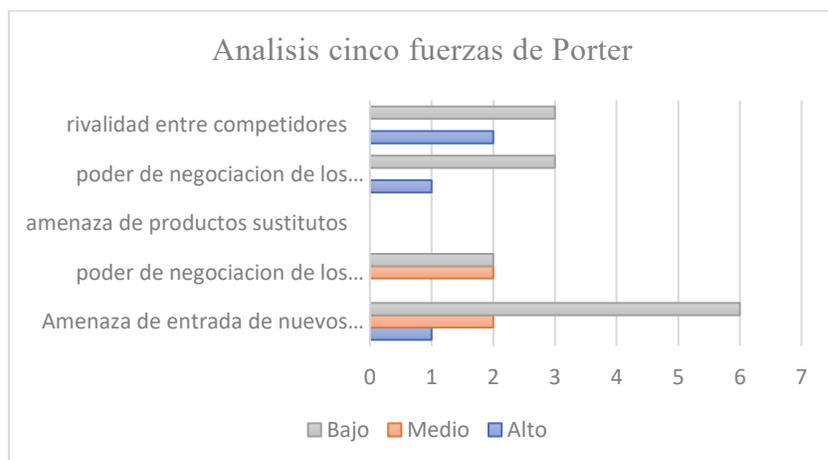


Figura 14. Análisis de las cinco fuerzas de Porter. Autoría propia adaptado con información de la tabla 16.

## 6.1.2. Estudio del microentorno.

**6.1.2.1. Indicadores del comportamiento financiero de solvencia correspondiente a CIIU 2512.** El departamento nacional de planeación (DNP, 2011/2015), ha reportado estados financieros para los años 2011 a 2015 correspondiente al CIIU 2512 “Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de metal, excepto los utilizados para el envase o transporte de mercancías”, los siguientes valores en miles de pesos, en donde se relacionan las principales cuentas e indicadores financieros, donde sus resultados se analizan en la comuna de porcentaje evidenciando la variación de cada uno:

Tabla 16.

*Principales cuentas de los estados financieros del código CIIU 2512 (valores expresados en miles de pesos).*

Cuenta	2011-2013	2014-2015	Porcentaje
<b>Activo corriente</b>	551.511.162	896.931.904	63,40%
<b>Activo no corriente</b>	415.655.075	745.838.702	55,73%
<b>Activo total</b>	967.166.247	1.642.770.606	58,87%
<b>Pasivo corriente</b>	370.865.521	631.955.764	58,68%
<b>Pasivo no corriente</b>	110.889.467	385.722.298	28,75%

<b>Pasivo total</b>	481.754.988	1.017.678.062	47,33%
<b>Patrimonio</b>	485.411.259	625.092.544	77,65%
<b>Ingresos operacionales</b>	905.885.315	1.454.000.366	62,30%
<b>Utilidad bruta</b>	206.938.174	338.406.895	61,15%
<b>Gastos operacionales de administración</b>	86.499.564	140.119.462	61,73%
<b>Gastos operacionales de ventas</b>	67.356.744	90.729.182	74,24%
<b>Utilidad operacional</b>	53.081.866	107.558.251	49,35%
<b>Ingresos no operacionales</b>	49.628.875	98.832.124	50,21%
<b>Gastos no operacionales</b>	59.043.797	95.149.219	62,05%
<b>Ganancias y pérdidas</b>	38.552.271	55.709.872	69,20%

*Nota.* Adaptado con información del Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2011/2015)

**6.1.2.2. Liquidez.** Con este indicador “se muestra la relación que hay entre los recursos disponibles y las obligaciones que se deben cancelar a corto plazo”. A continuación, se mostrará la razón corriente y la prueba acida de los años 2014, 2015, información obtenida por el (DNP, 2011/2015)

- **Razón corriente:** Este indicador refleja que por cada (\$1) peso que esta deba a corto plazo cuenta con un promedio de 1,32 pesos para respaldar las deudas. Se puede analizar en la figura 17, que para el año 2015 disminuyo considerablemente la razón que se tiene a corto plazo para las industrias que se dedican a la fabricación de productos metálicos para uso estructural, tanques, depósitos y generadores de vapor. Esto indica que disminuye el nivel de solvencia para tener un comportamiento de pago adecuado a sus obligaciones.

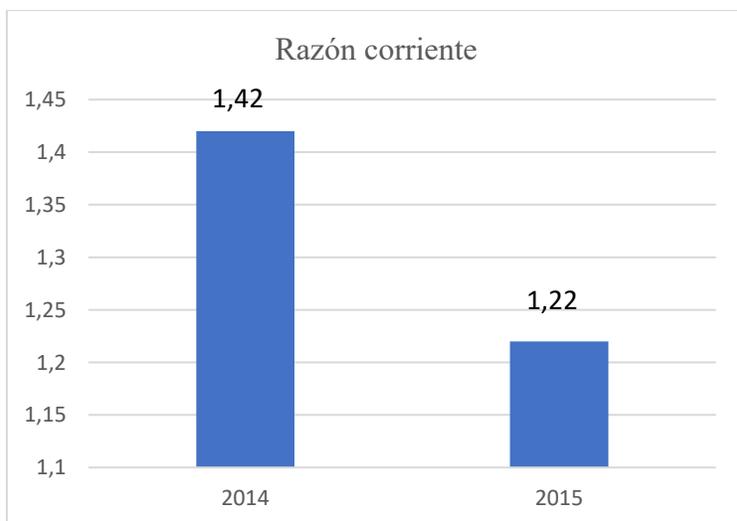


Figura 15. Razón corriente. Autoría propia, adaptado con información del (DNP, 2011/2015)

- **Prueba acida:** con este indicador, se dictamina que por cada (\$1) peso que se debe a corto plazo, cuenta que en promedio tiene 0,89 para su cancelación en activos corrientes (dinero en efectivo, recuperación de cartera, etc.) esto con el objetivo de no tener que prescindir activos valiosos para la compañía. En comparación con la razón corriente, se evidencia una disminución de este indicador para el mismo año 2015:

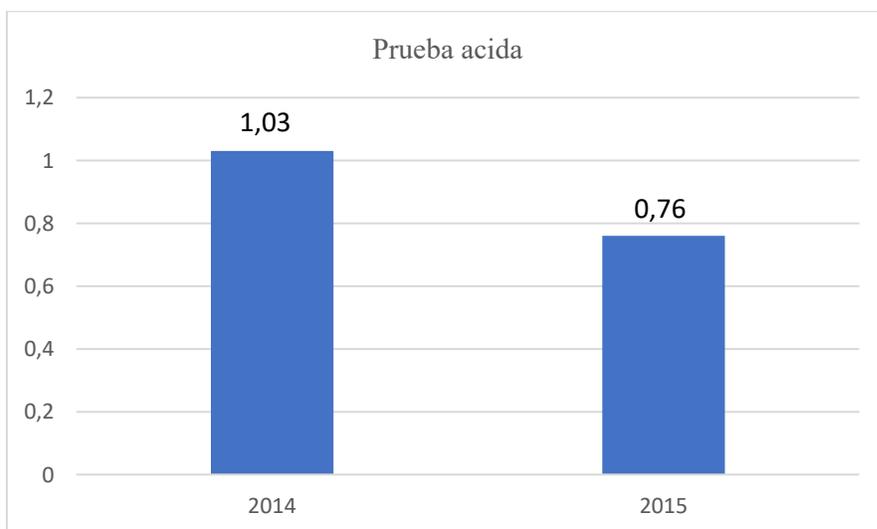


Figura 16. Prueba acida. Autoría propia, adaptado con información del (DNP, 2011/2015)

**6.1.2.3. Apalancamiento.** Con este indicador “se puede medir el grado y la forma de participación de los acreedores dentro del financiamiento de la misma empresa”. (DNP, 2011/2015).

- **Nivel de Endeudamiento.** Este indicador nos define que por cada (\$100) pesos que se invierten en activos, los acreedores invierten en promedio 59,74. El nivel de endeudamiento para el 2015 bajo a 57,53% en comparación al 2014.

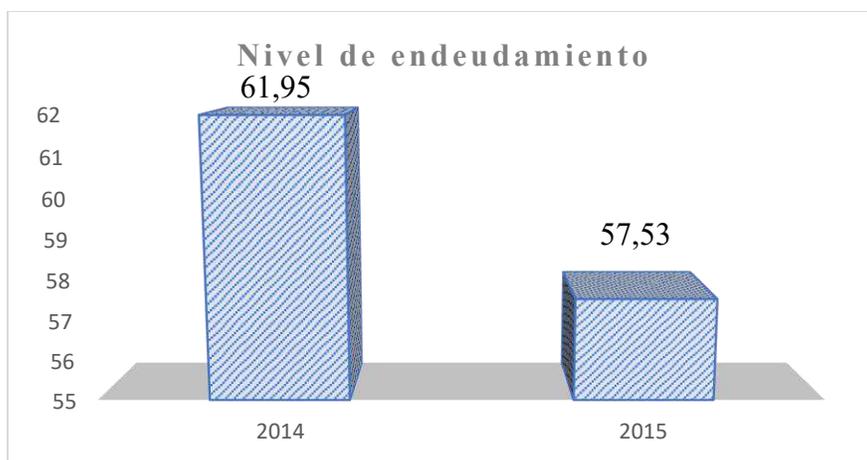


Figura 17. Nivel de endeudamiento. Autoría propia, adaptado con información de (DNP, 2011/2015)

- **Concentración del endeudamiento:** con este indicador se establece el porcentaje de los pasivos que tiene la industria metalmecánica que se dedica a la fabricación de productos metálicos para uso estructural, tanques, depósitos generadores de vapor; a un plazo no mayor a un año. En la figura 20, se evidencia el incremento en la concentración del endeudamiento para el año 2015.

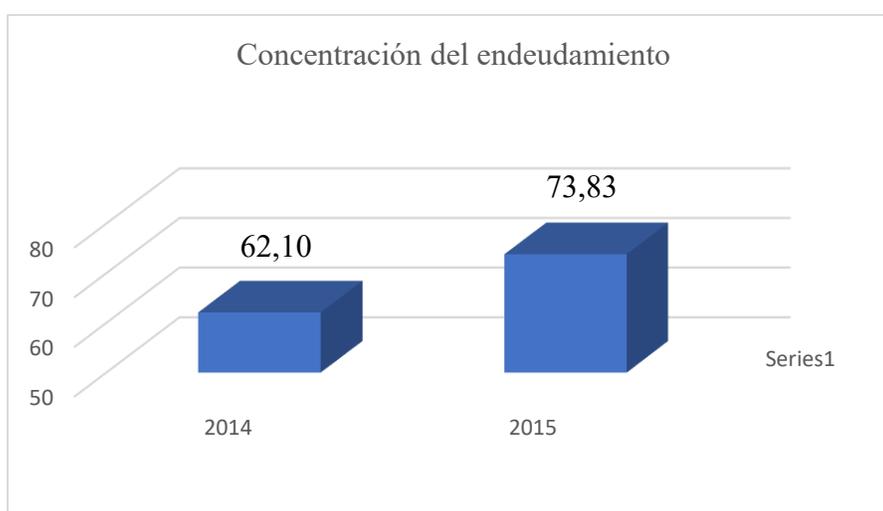


Figura 18. Concentración del endeudamiento. Autoría propia, adaptado con información de (DNP, 2011/2015)

- **Apalancamiento total:** con este indicador se puede analizar “el grado de compromiso del patrimonio de los accionistas para los acreedores” (DNP, 2011/2015) Por cada (\$1) peso de patrimonio, se tienen en promedio 1,49 en deudas. En la figura 21, se evidencia que el nivel de apalancamiento disminuyo para el año 2015.

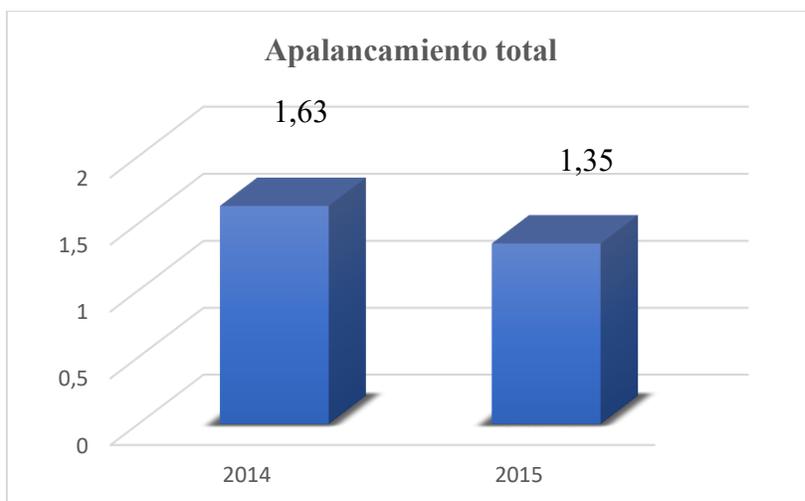


Figura 19. Apalancamiento total. Autoría propia, adaptado con información de (DNP, 2011/2015)

- **Apalancamiento a corto plazo:** con este indicador se define que para las industrias que fabriquen productos metálicos para uso estructural, tanques, depósitos generadores de vapor, por cada (\$1) peso de patrimonio, tienen un promedio de 1,005 de deudas a corto plazo. El apalancamiento a corto plazo disminuyo para el 2015.

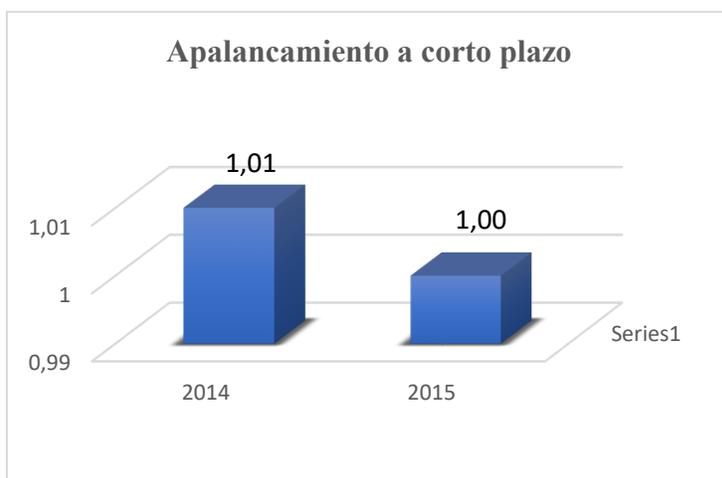


Figura 20. Apalancamiento a corto plazo. Autoría propia, adaptado con información de (DNP, 2011/2015)

**6.1.2.4. Rentabilidad.** Este indicador “sirve para medir la efectividad de la administración de la empresa para controlar los costos y gastos, además de convertir las ventas en utilidades” (DNP, 2011/2015).

- **Rentabilidad del activo:** en este indicador se refleja en las industrias que fabrican productos metálicos para uso estructural, tanques, depósitos generadores de vapor, tienen un promedio de 1,67 en los activos que generaron rentabilidad, esto debido a que, en el 2015, este sector no presentó ninguna rentabilidad.

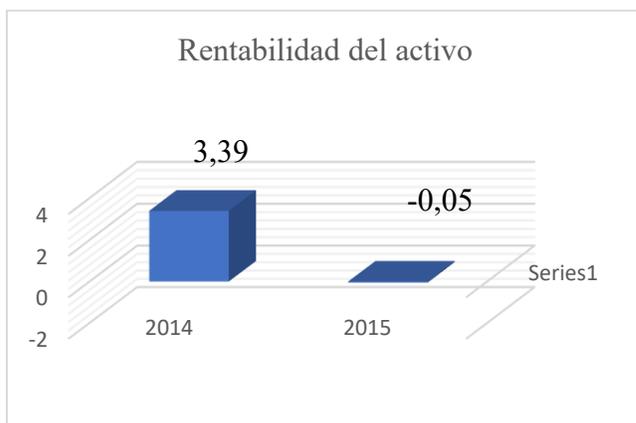


Figura 21. Rentabilidad del activo. Autoría propia, adaptado con información de (DNP, 2011/2015)

- **Rentabilidad del patrimonio:** la rentabilidad para los socios fue mayor en el 2014 con el 8,91; mientras que para el 2015, el déficit fue bastante desfavorable ya que no presento rentabilidad.

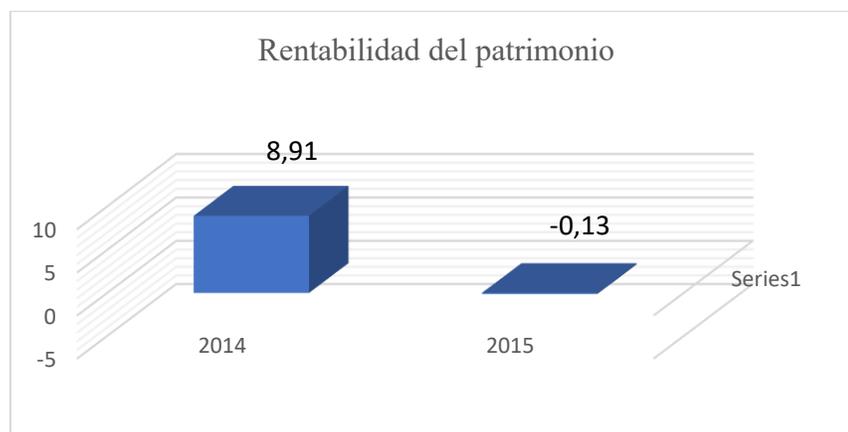


Figura 22. Rentabilidad del patrimonio. Autoría propia, adaptado con información de (DNP, 2011/2015)

- **Margen bruto:** el promedio de la utilidad que se generó por las ventas de la fabricación de productos metálicos para uso estructural, tanques, depósitos generadores de vapor, fue de 23,125, teniendo en cuenta que esta disminuyó en el 2015.

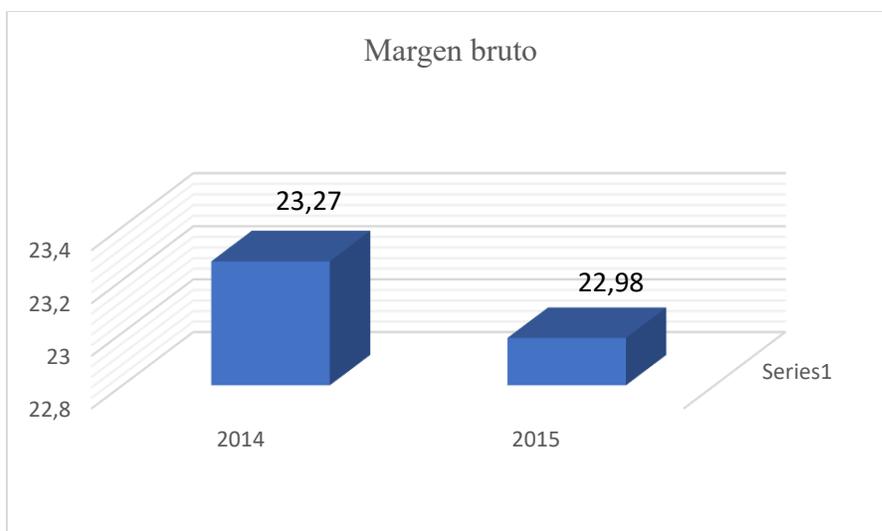


Figura 23. Margen bruto. Autoría propia, adaptado con información de (DNP, 2011/2015)

- **Margen operacional:** este indicador muestra la utilidad promedio del margen operacional que generaron las ventas de la fabricación de productos metálicos para uso estructural, tanques, depósitos generadores de vapor, la cual está en 6,97.

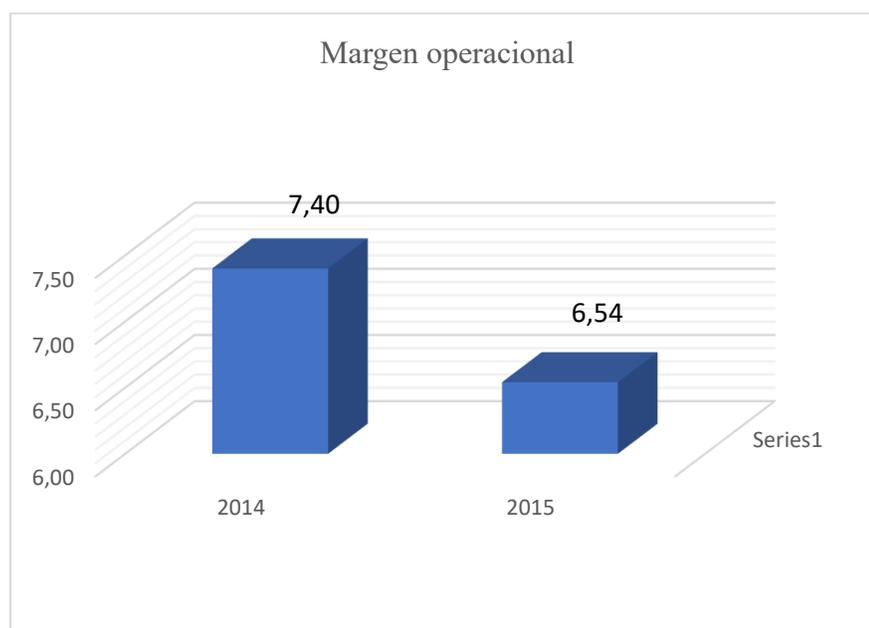


Figura 24. Margen operacional. Autoría propia, adaptado con información de (DNP, 2011/2015)

- **Margen neto:** este indicador refleja las utilidades que se generaron por las ventas de este sector, con un promedio de 1,885, para los periodos analizados. Esto indica que para el año 2015, se presentó un déficit que no permitió la obtención de utilidades, quedando en -0,06. Lo opuesto al año 2014, que fue el año más favorable para el sector según las estadísticas.

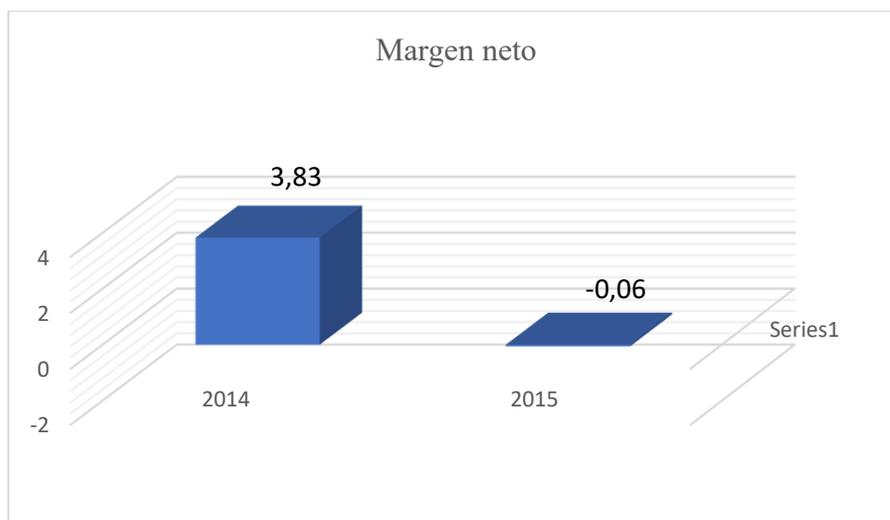


Figura 25. Margen neto. Autoría propia, adaptado con información de (DNP, 2011/2015)

### 6.1.3. Balance tecnológico.

**6.1.3.1. Estudio de vigilancia tecnológica del producto.** El recipiente para almacenamiento de oxígeno medicinal, contiene una forma cilíndrica y un aislamiento térmico. El interior está hecho de acero inoxidable. En el exterior se encuentran las válvulas de seguridad, los indicadores de presión y nivel. La capacidad de almacenamiento, depende del diseño del tanque. (Gonzalez Perez, 2013) (Pág. 261-626).

**6.1.3.2. Avances científicos.** Los recipientes para almacenamiento de líquidos peligrosos presentaron un cambio significativo desde agosto de 1859, se reemplazaron los tanques de madera para almacenamiento de petróleo por tanques de acero remachados para almacenar petróleo y productos químicos.



Figura 26. Primeros tanques en madera para almacenamiento (Nakagawa, 2013)

“Para los años 1900 surge una estandarización en los códigos para regular líquidos inflamables y combustibles, esto hizo un llamado a los propietarios de tanques, fabricantes, bomberos y aseguradores en el país, viéndose afectadas algunas organizaciones por abordar problemas relacionados con la seguridad del almacenamiento de aceite”. (Nakagawa, 2013).

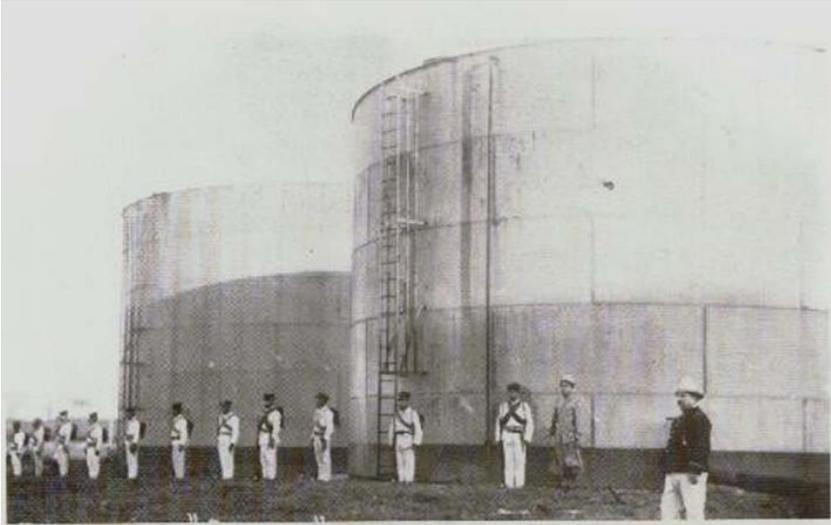


Figura 27. Evolución de los tanques de almacenamiento. (Nakagawa, 2013)

“En 1916, se establece una asociación de fabricantes de calderas, convirtiéndose más adelante en el instituto de tanques de acero (STI) al mismo tiempo que Underwriters Laboratories desarrollara los primeros estándares de seguridad para la atmosfera en tanques de almacenamiento de acero”. (Nakagawa, 2013)



Figura 28. Tanques estandarizados. STI.

Existen varios tipos de tanques criogénicos, esto depende del diseño y del campo de aplicación, que serían estacionarios, cisterna o móviles. Hay tanques verticales y horizontales.

- Tanques criogénicos estacionarios: son instalados sobre una base fija a la tierra, los tanques horizontales se utilizan para almacenar en cantidades grandes de  $m^3$  los productos para los que fueron diseñados. (lapesa.es, S.F.)



Figura 29. Tanque criogénico horizontal.

- Los tanques criogénicos verticales, se utilizan para industrias que tienen un espacio reducido. La capacidad de almacenamiento es menor a la del tanque horizontal.

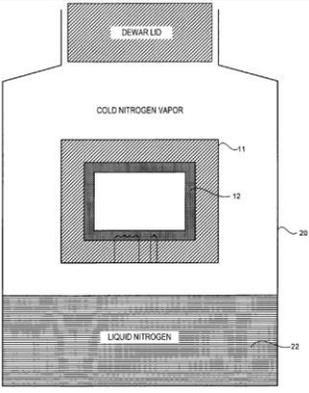
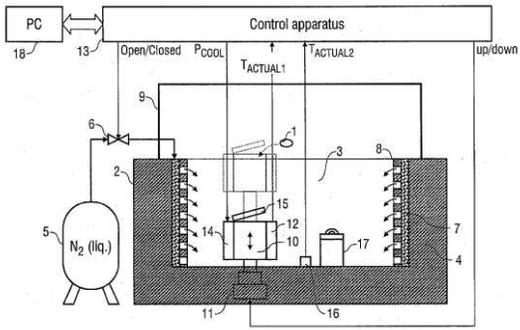
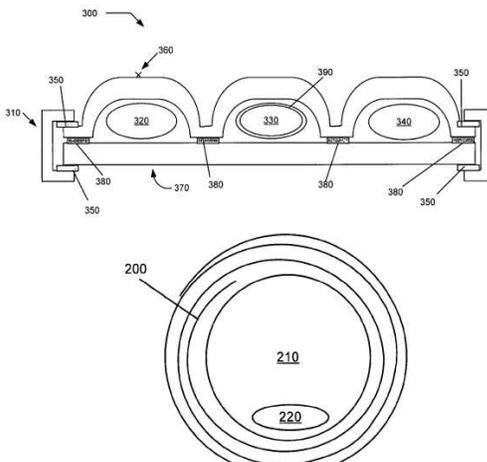


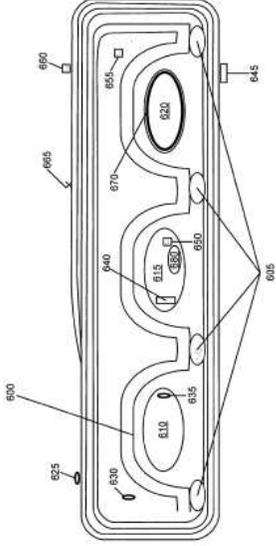
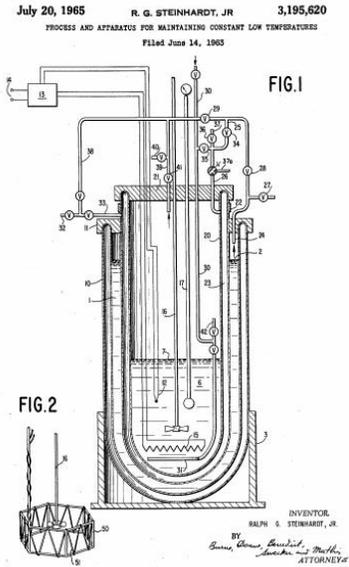
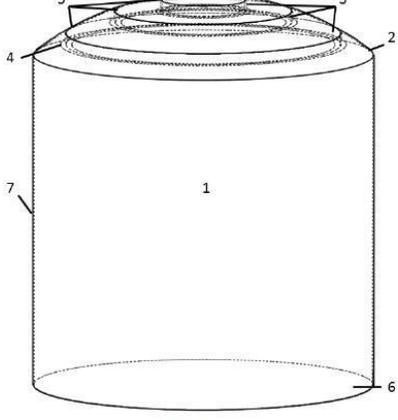
Figura 30. Tanque criogénico vertical.

**6.1.3.3. Patentes.** Se relacionan las patentes que existen a nivel mundial sobre tanques criogénicos:

Tabla 17.

## Patentes de tanques o recipientes relacionados con criogenia.

Descripción	Ilustración
<p><b>Patente No. US 7,278,278 B2</b> sistema de almacenamiento criogénico, inventado por Brian Wowk. Corona, CA (US); Michael Iarocci, Patchogue, NY (US). 9 junio de 2004. “almacenamiento criogénico de material biológico. El dispositivo incluye una cámara de temperatura F25D 3/08 (200601) definida por un contenedor térmicamente y al menos una capa de aislamiento que rodea el aire acondicionado. (Rancho Cucamonga (US) Patente n° US 7,278,278 B2, 2005)</p>	 <p>The diagram shows a cross-section of a cryogenic storage container. At the top is a 'DEWAR LID'. Below it is a layer of 'COLD NITROGEN VAPOR' (11) surrounding a central chamber (12). At the bottom is a layer of 'LIQUID NITROGEN' (22). The entire assembly is contained within a larger vessel (20).</p>
<p><b>Patente No. US2007/0267419 A1</b> Criodispositivo y método operacional asociado, inventado por: Günter Fuhr, Heiko Zimmermman, Young-Joo Oh, Uwe Shön. Inventaron un criopatico para congelación, con un espacio de enfriamiento coolable. contemplando un método operativo asociado. (Munchen (DE) Patente n° US 2007/02677419 A1, 2005)</p>	 <p>The diagram illustrates a control apparatus (13) connected to a PC (18). The apparatus includes a control unit (9) and a cooling chamber (2). A nitrogen source (5, N<sub>2</sub> (liq.)) is connected to the chamber via a valve (6). The chamber contains a sample (15) and a cooling element (12). The apparatus also includes a temperature sensor (10) and a control valve (14). The chamber is surrounded by insulation (7) and has a base (11). The apparatus is connected to a 'up/down' control (17).</p>
<p><b>Patente No. US2009/0145163 A1</b> Métodos de fabricación de contenedores de almacenamiento estabilizado por temperatura, inventado por: Roderick Hyde, Edward Jung, Nathan Myhvold, Clarence Tegreene, William Cates. Incluye métodos de fabricación integral de recipientes de almacenamiento sellado térmicamente. Incluye una sangría en la primera capa de la primer lamina, creando un sello térmico entre al menos dos capas de lámina de barrera térmica para sellar el material y almacenar. (Patente n° US2009/0145163 A1, 2008)</p>	 <p>The diagram shows a cross-sectional view (300) and a top view (200) of a thermally sealed container. The cross-section shows three layers (320, 330, 340) with a central chamber (310). The layers are joined at the edges by a thermal seal (350). The top view shows a circular container (210) with a central chamber (220).</p>

<p><b>Patente No. US2009/0145911 A1</b> Almacenamiento estabilizado por temperatura para contenedores medicinales, inventado por: Roderick Hyde, Edward Jung, Nathan Myhvoid, Clarence Tegreene, William Cates. Este sistema tiene un sellado integral que permite el almacenamiento medicinal. (Patente n° US2009/0145911 A1, 2008)</p>	 <p>The diagram shows a rectangular container with three internal chambers. Each chamber has a circular opening at the top, likely for a vial. The chambers are separated by vertical dividers. There are several ports and seals indicated by reference numerals: 600, 605, 610, 615, 620, 625, 630, 635, 640, 645, 650, 655, 660, 665, 670, 675, 680, 685, 690, 695, 700, 705, 710, 715, 720, 725, 730, 735, 740, 745, 750, 755, 760, 765, 770, 775, 780, 785, 790, 795, 800, 805, 810, 815, 820, 825, 830, 835, 840, 845, 850, 855, 860, 865, 870, 875, 880, 885, 890, 895, 900, 905, 910, 915, 920, 925, 930, 935, 940, 945, 950, 955, 960, 965, 970, 975, 980, 985, 990, 995.</p>
<p><b>Patente No. US3195620A</b> procesos y aparatos para mantener bajas temperaturas constantes. Inventado por: Ralph G. Steinhardt. Proceso para producir y mantener una baja temperatura a una gama de -100C. se refiere a un proceso y aparato adaptados para proporcionar un control preciso de la temperatura en un amplio rango de temperaturas. (Virginia Patente n° US3195620A, 1965)</p>	<p>July 20, 1965 R. G. STEINHARDT, JR. 3,195,620 PROCESS AND APPARATUS FOR MAINTAINING CONSTANT LOW TEMPERATURES Filed June 14, 1963</p>  <p>FIG. 1 shows a vertical apparatus with a central chamber and various ports and sensors. FIG. 2 shows a cross-section of a similar apparatus with a heating element at the bottom. The drawing includes reference numerals for various components and is signed by the inventor, Ralph G. Steinhardt, Jr., and his attorney.</p>
<p><b>Patente No. ES 2599077 B2</b> Dispositivo para reducción de pérdidas frigoríficas en tanques criogénicos. Inventor: Universidad politécnica de Madrid. Recipiente para contener o almacenar gases comprimidos, licuados o solidificados; gasómetros de capacidad fija. (Madrid Patente n° ES 2599077 B2, 2017)</p>	 <p>The diagram shows a cylindrical tank with a top flange and a bottom flange. Various components are labeled with reference numerals: 1 (the main body), 2 (top flange), 3 (top cover), 4 (top seal), 5 (top ring), 6 (bottom flange), 7 (bottom seal).</p> <p>Figura 1a</p>

Nota. Autoría propia con información adaptada por cada una de las patentes citadas en la tabla.

#### 6.1.4. Análisis DOFA.

El análisis DOFA, es una herramienta que se utiliza para evaluar el entorno de una empresa o de un proyecto. Con los impactos positivos o negativos que arroja esta herramienta, se pueden tomar decisiones que están enlazadas con los objetivos planteados. Este análisis también es conocido como: foda, dafo, finalmente su significado es el mismo. A continuación, se relaciona la matriz DOFA para este proyecto.

Tabla 18.

*Análisis DOFA.*

Debilidades	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja penetración al Mercado en un 2%.</li> <li>• Presencia del monopolio extranjero con 3 proveedores.</li> <li>• Para el 2015 se manifiesta un decrecimiento en la rentabilidad al patrimonio de la industria manufacturera al -0,13%.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecimiento en apalancamiento financiero, para el 2015, tuvo un incremento del 1,35%.</li> <li>• Mejorar el tiempo de respuesta en mantenimientos.</li> <li>• Minimizar tiempo y costos en la adquisición de repuestos.</li> <li>• Incursionar en la industria.</li> <li>• Pocos competidores en el mercado.</li> <li>• Se promedia un consumo aparente para el 2018 de 25 tanques, presento un incremento del 12,5% en comparación al año 2017.</li> </ul>
Fortalezas	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento del producto y su fabricación.</li> <li>• Conocimiento de proveedores de materiales.</li> <li>• Tecnología moderna</li> <li>• Realización de adecuados mantenimientos.</li> <li>• Precios competitivos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posicionamiento de la competencia (transnacionales) en el país.</li> <li>• Reacción de la competencia.</li> </ul>

*Nota.* Autoría propia.

#### 6.2. Estudio de la demanda

Se procede a cuantificar la cantidad necesaria para aprovisionar según las necesidades del consumo actual y el proyectado, se analizan las encuestas realizadas a los hospitales como obtención de datos de fuente primaria.

Se hace un estudio de los hospitales y clínicas, públicos y privados de la ciudad de Bogotá, que tengan la capacidad inicial de instalación de un tanque criogénico. Para este producto aplican los hospitales de segundo, tercer y cuarto nivel. En el caso de los hospitales de primer nivel, se contemplarían para productos más pequeños al alcance de su complejidad y su capacidad instalada.

#### **Ficha técnica de investigación de mercados.**

Aquí se relaciona la ficha técnica de investigación de mercados, donde se consta la metodología y los procesos realizados para la realización de esta investigación de mercados:

Tabla 19.

*Ficha técnica de investigación de mercados.*

<b>Ficha técnica de investigación de mercados</b>	
Nombre del proyecto de investigación	Estudio de prefactibilidad para el diseño y comercialización de recipientes de almacenamiento para oxígeno medicinal en hospitales en la ciudad de Bogotá
Firma de quien realizó la encuesta	Paola Daza – Laura Ospina
Fecha de realización de campo	22 de enero 2019 – 27 de marzo de 2019
Tipo de persona que realizó la encuesta	Natural
Fuente de financiación	Propio
Grupo Objetivo	Clínicas y hospitales públicos y privados de I, II, III y IV nivel de la ciudad de Bogotá
Nivel de personas encuestadas	Jefes de compras y asistentes de compras
Diseño muestral	Muestreo aleatorio de conglomerados
Marco muestral	Visitas y bases de datos de los directorios telefónicos de los hospitales encuestados
Tamaño de la muestra	44 encuestas
Técnica de recolección	Visitas y vía telefónica
Cobertura geográfica	Bogotá D.C.
Margen de error y confiabilidad	0,1 y nivel de confianza del 1,96
Fecha de entrega del proyecto	22 al 26 de abril del 2019
Anexo	Encuesta en anexos

*Nota.* Autoría propia.

### 6.2.1. Determinación del tamaño de la muestra para realizar la encuesta.

Se definen los parámetros para calcular la muestra: ver tabla 21.

- n: muestra
- z: factor probabilístico definido por el nivel de confianza
- p: varianza
- q: probabilidad de que ocurra un evento
- e: error de estimación

Tabla 20.

*Tabla de parámetros.*

Parámetro	Valores
n	53
z	1,96
p	0,5
q	0,5
e	0,1

*Nota.* Autoría propia.

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2 \cdot (N - 1) + z^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

$$n = \frac{(1,96)^2 \cdot (0,50) \cdot (0,50) \cdot 53}{(0,1)^2 \cdot 52 + (1,96)^2 \cdot (0,50) \cdot (0,50)} = 39.58$$

**6.2.1.1. Resultado de la investigación de mercado.** Se analizan los datos obtenidos por las encuestas realizadas:

El análisis de los resultados con la muestra de 44 hospitales entre I, II, III y IV nivel, interpretadas en las gráficas.

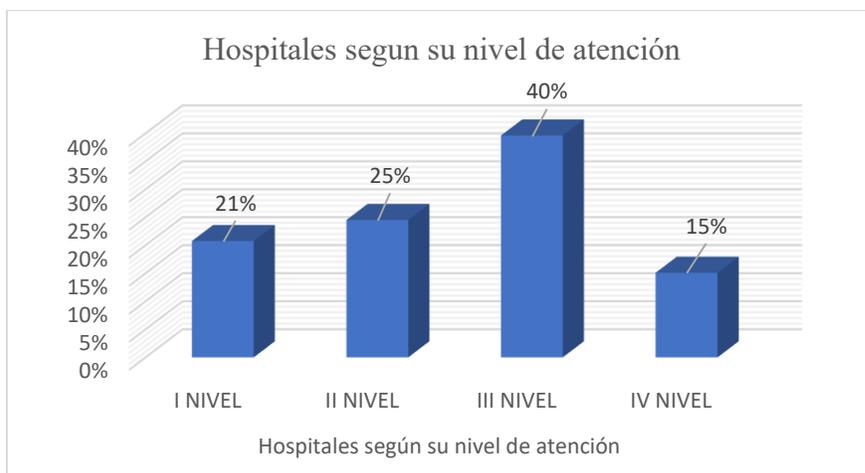


Figura 31. Hospitales según el nivel de atención. Autoría propia, adaptado con información de (Supersalud, S.F.)

- En los hospitales según su nivel, se relaciona su respectivo consumo por  $m^3$  de oxígeno medicinal mensual, siendo así que los hospitales de primer nivel tienen un consumo mensual promedio de oxígeno medicinal del 12%, los de segundo nivel el 16%, los de III nivel el 44% contando en esta estadística uno de IV nivel, demostrando que esta categoría es la que tiene mayor consumo con los parámetros entre los  $8.100 m^3 - 15.000 m^3$  mensuales, por último el 28% el restante de IV nivel.

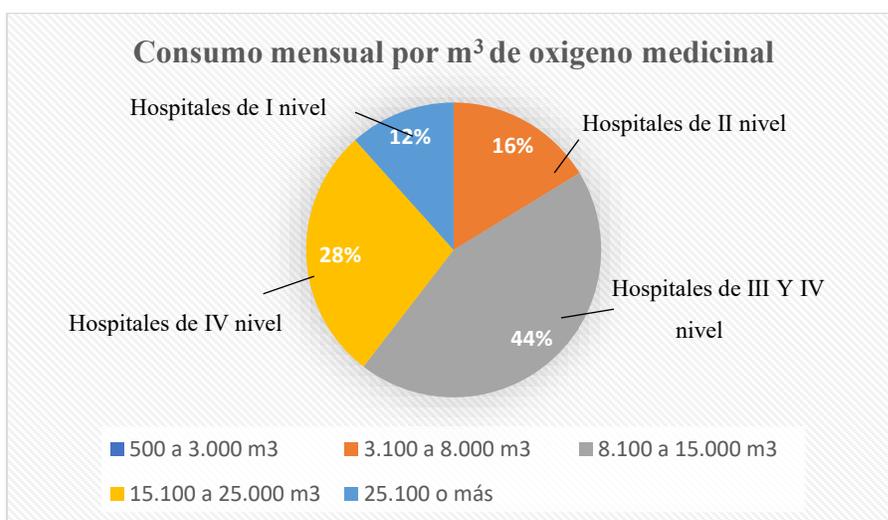


Figura 32. Consumo mensual por  $m^3$  de oxígeno medicinal. Autoría propia, adaptada con información de las encuestas.

- En la siguiente figura, se analiza que algunos de los hospitales de II y III tienen un costo promedio por consumo de oxígeno medicinal anual entre \$300.000.000 hasta \$600.000.000 de pesos con una participación porcentual del 50% promediando un consumo anual de

97.200 m<sup>3</sup> – 180.000m<sup>3</sup>, para algunos otros hospitales de III y IV nivel este costo aumenta significativamente de acuerdo a su consumo pero con una participación inferior equivalente al 9 y 11% respectivamente, los hospitales que tienen el menor costo anual son los de I nivel y esto se debe al consumo promedio anual que manejan.

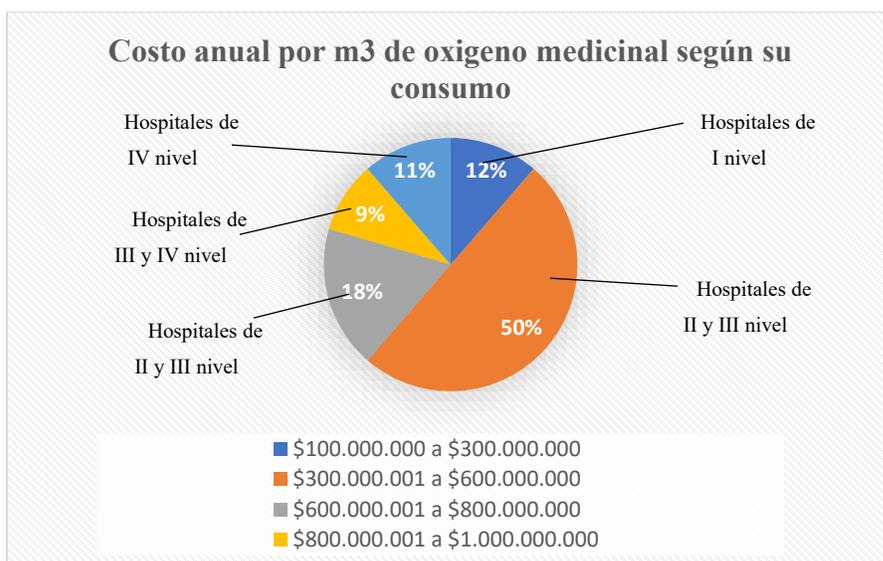


Figura 33. Costo anual por m<sup>3</sup> de oxígeno medicinal. Autoría propia, adaptada con información de las encuestas.

- En esta figura se analiza el nivel de satisfacción que tienen los hospitales frente al servicio que prestan sus proveedores, el cual está a la par entre satisfechos e insatisfechos, cada uno con una participación del 50%, no hay una sola que diga que se encuentra muy satisfecha con el servicio, por esto se le calcula este parámetro con un 0%. La no satisfacción del servicio obedece a las demoras que se presentan a la hora de hacer los mantenimientos y en la compra de los repuestos, y en los sobrecostos que esto conlleva.

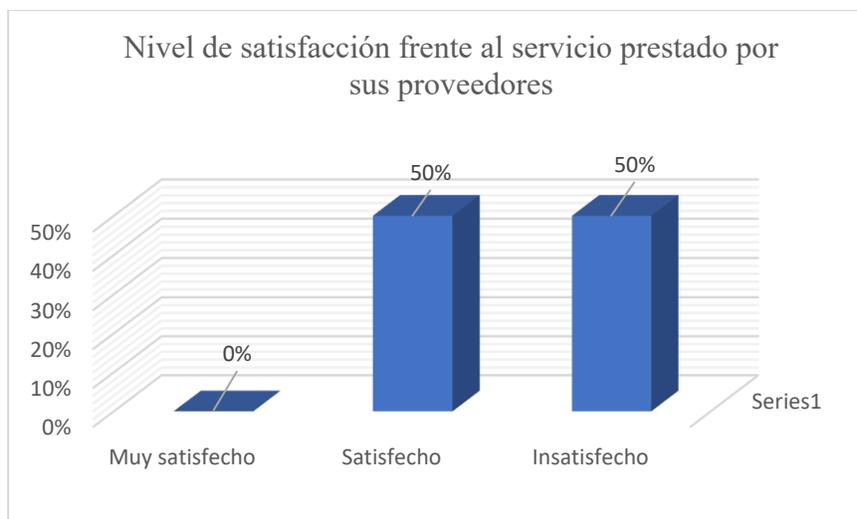


Figura 34. Nivel de satisfacción de los hospitales frente al servicio brindado por sus proveedores. Autoría propia, adaptado con información obtenida de las encuestas

- Podemos enfocarnos en la capacidad del tanque de acuerdo a su almacenamiento, este se calcula de acuerdo al consumo mensual de oxígeno medicinal. El tanque más común es el que está entre los 2.000 y 3.000 galones de capacidad con una participación del 57%.

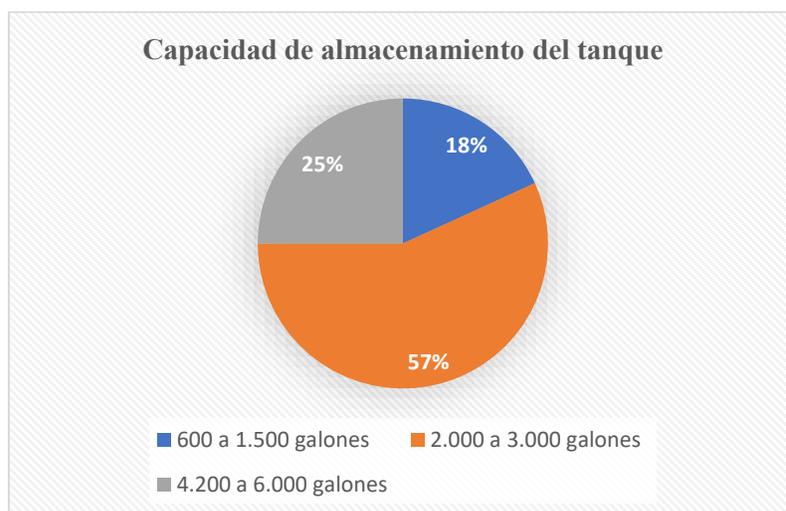


Figura 35. Capacidad de almacenamiento del tanque. Autoría propia, adaptado con información obtenida de las encuestas

- En esta figura, se analiza el comportamiento frente a los altos costos de mantenimiento al recipiente, donde se hace evidente que, si son elevados con un 89%, siendo uno de los motivos por el cual se sienten insatisfechos en el servicio prestado por parte de su proveedor para los hospitales de II, III y IV nivel. Los hospitales que manifiestan que los costos no son elevados son los de I nivel que tienen un consumo mínimo de oxígeno medicinal.

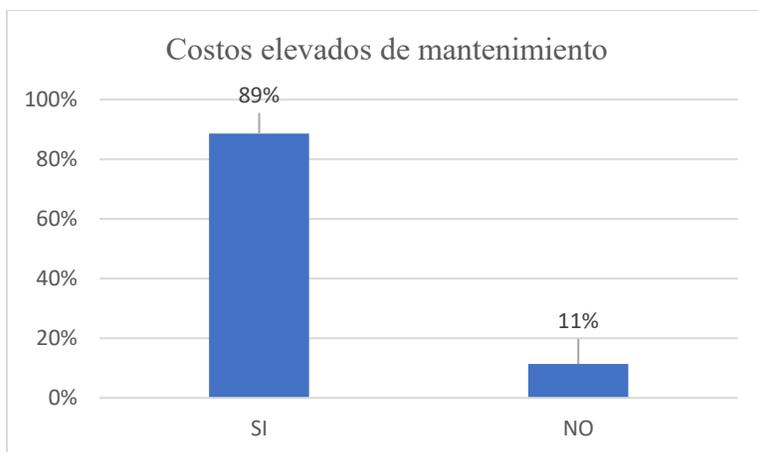


Figura 36. Costos de mantenimiento. Autoría propia, adaptado con información obtenida de las encuestas.

- En la siguiente figura. Se analiza los costos promedio de los mantenimientos, la mayoría está entre los \$2.500.000 - \$5.000.000 con una participación del 57%, se habla del mantenimiento preventivo, si se detecta una anomalía entraría el mantenimiento correctivo lo cual incrementaría los costos, estos valores varían dependiendo de lo que se tenga que hacer en el mantenimiento y la pieza a cambiar.



Figura 37. Rango de gastos de mantenimiento. Autoría propia, adaptado con información obtenida de las encuestas.

- En esta figura, se analiza en porcentaje la cantidad de empresas a las que les interesa la propuesta de adquirir un tanque propio, la cual se ve favorable con un 84% y con un 16% a los que no les llama la atención la propuesta.

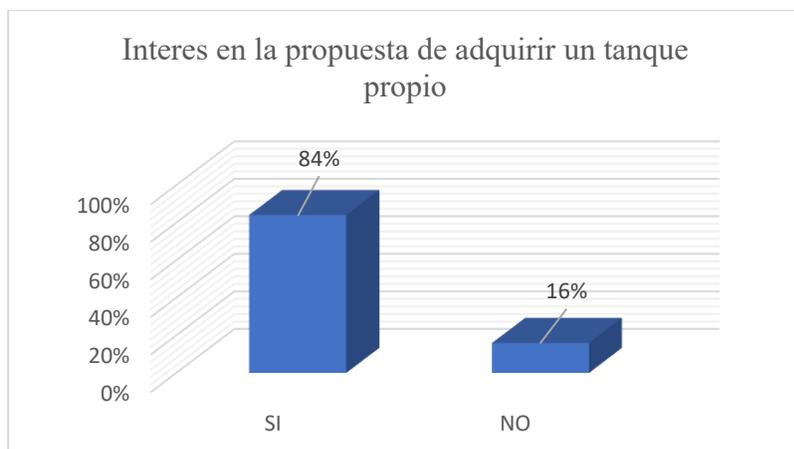


Figura 38. Interés en la propuesta de adquirir un tanque propio. Autoría propia, adaptado con información obtenida de las encuestas.

- En la siguiente figura. Se muestran unas de las variables que preocupan al personal de compras a la hora de adquirir un tanque propio lo cual lo ven como un riesgo, el cual el 21% de la población encuestada dice que temen a que los costos de mantenimientos se incrementen, el 18% de la población temen a las demoras en los mantenimientos y el 61% restante manifiesta que temen verse afectados por las dos variables.

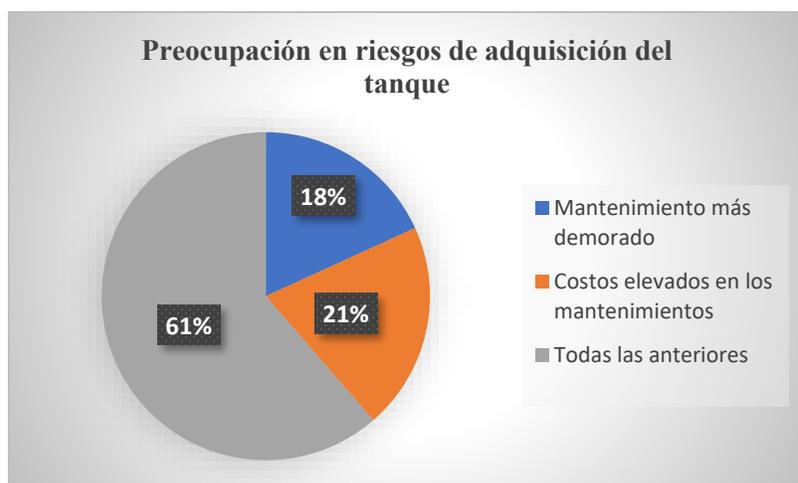


Figura 39. Preocupación en riesgos que se pueden presentar al adquirir un tanque propio. Autoría propia, adaptado con información obtenida de las encuestas.

Una vez realizada la pregunta anterior, se procede a explicarle los beneficios que se tendrían al adquirir el recipiente de almacenamiento por un proveedor nacional, enfocándonos en esas dos variables, se les manifestó que el mantenimiento es directo, no subcontratado; por ende no presentaría demoras y el costo no aumentaría teniendo en cuenta que hay muchas piezas utilizadas dentro del mantenimiento que se pueden conseguir aquí mismo en Colombia, en caso de que una

pieza tenga que ser importada, se demorara solamente el tiempo que dure el trámite de compra y aduanero, esto teniendo en cuenta como se nombró anteriormente que no se realizaran subcontrataciones a empresas para el mantenimiento de estos.

- aclarada la incertidumbre anterior, se procede a preguntar si ven como beneficio una reducción de costos al adquirir un tanque propio y se obtiene una respuesta favorable con un 84% al SI, que, aunque no ha sido analizada a profundidad y basándose en la problemática que viven al día de hoy con sus proveedores ven esos beneficios.

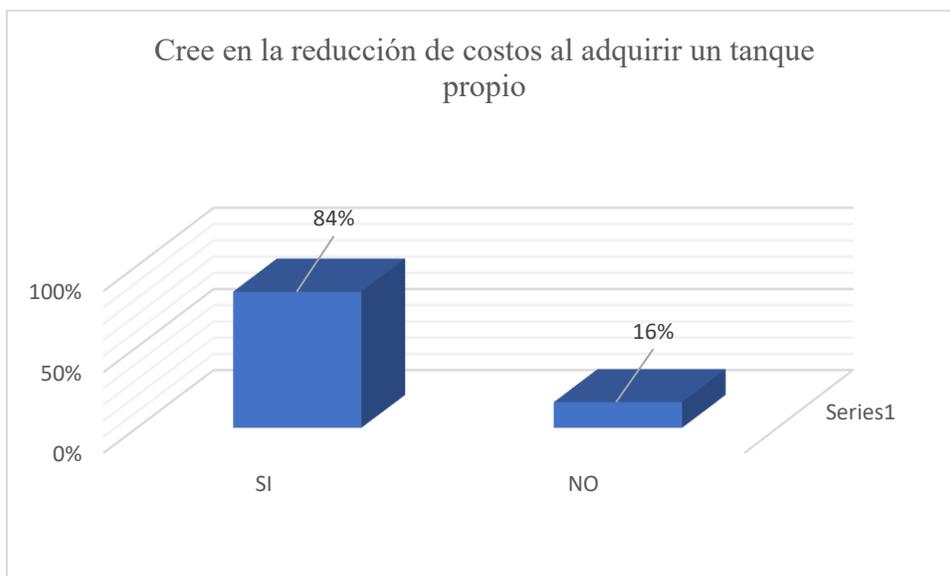


Figura 40. Reducción en los costos por la obtención de un tanque propio. Autoría propia, adaptada con información de las encuestas.

- A nivel general escogieron aspectos que les atraen al adquirir un tanque propio, todas las alternativas fueron las escogidas por la mayoría de los encuestados con un 55%, para el 11% de la población les pareció más importante la calidad del producto, mientras que para otros era la confiabilidad, reducción de costos en mantenimientos, tiempo de respuesta en mantenimientos incluso la fácil adquisición de los repuestos con un porcentaje del 9%.

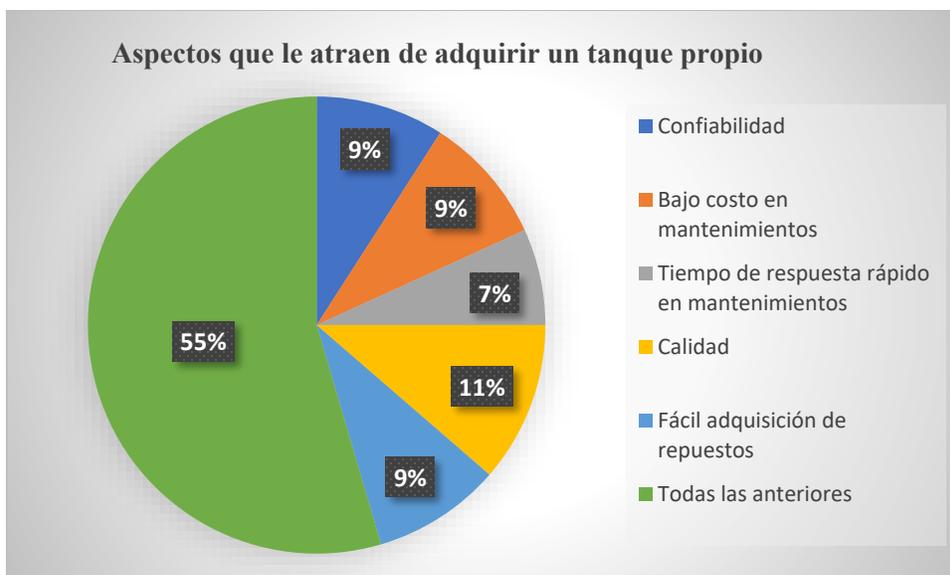


Figura 41. Variables de atracción para la adquisición del tanque. Autoría propia, adaptada con información de las encuestas.

- Por último, se pregunta si están interesados en comprar el recipiente, un 80% dice que si la comprarían y un 20% dicen que no lo comprarían, prefiriendo seguir con el alquiler de la misma.

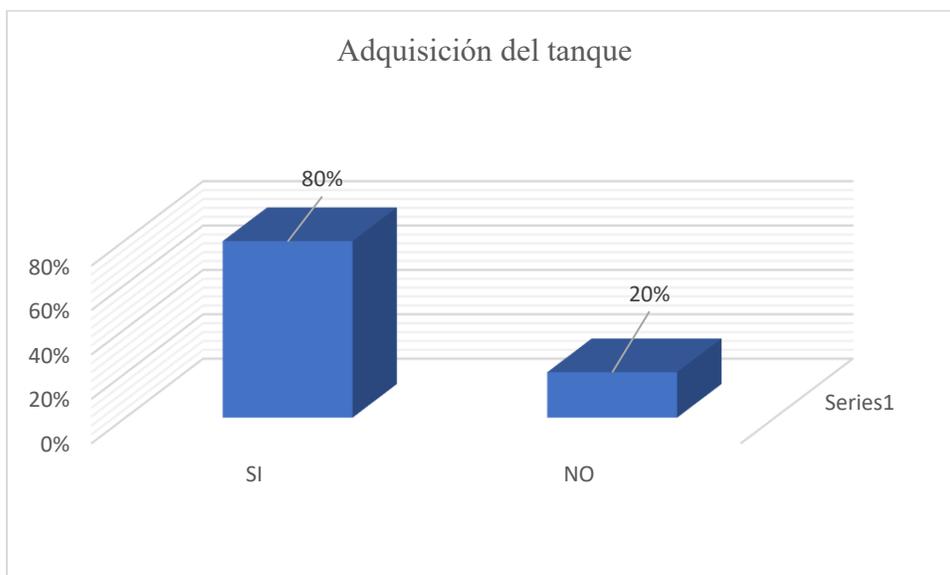


Figura 42. Disposición de adquirir el tanque. Autoría propia, adaptada con información de las encuestas.

**6.2.1.2. Análisis de la competencia.** Se hace el estudio de las empresas que venden recipientes o tanques criogénicos en Colombia y se encuentra el monopolio de empresas

transnacionales, que aparte de hacer metalmecánica, también hacen los gases industriales y medicinales. No hay empresas que incursionen en este nicho de mercado a nivel nacional.

Tabla 21.

*Análisis de la competencia.*

<b>Variable/competidor</b>	<b>Competidor 1</b>	<b>Competidor 2</b>	<b>Competidor 3</b>
<b>Nombre</b>	Linde Colombia S.A.	Praxair Colombia	Cryogas – grupo air products – indura
<b>Principal fortaleza</b>	Fabricación de tanques	Fabricación de tanques	Fabricación de tanques
<b>Principal debilidad</b>	Demora y sobrecostos en los mantenimientos	Demora y sobrecostos en los mantenimientos	Demora y sobrecostos en los mantenimientos
<b>Clase de producto o servicio</b>	Elaboración de gases medicinales, industriales, fabricación de tanques y mantenimientos.	Elaboración de gases medicinales, industriales, fabricación de tanques y mantenimientos.	Elaboración de gases medicinales, industriales, fabricación de tanques y mantenimientos.
<b>Prestigio</b>	Bueno	Bueno	Bueno
<b>Propiedad financiera</b>	Tienen buen musculo financiero	Tienen buen musculo financiero	Tienen buen musculo financiero
<b>Tecnología</b>	Actualizada	Actualizada	Actualizada
<b>Participación en el mercado</b>	Alta	Media	Media
<b>Zonas de cubrimiento en Colombia</b>	Bogotá, Medellín, Cali, Bucaramanga, Cartagena, Barranquilla, Montería, Pereira, Neiva, Duitama, Santa Marta	Bogotá, Tocancipá, Medellín, Barranquilla, Bucaramanga, Cali, Cartagena, Ibagué, Pereira, Sogamoso, Villavicencio, Yopal.	Bogotá, Sibaté, Antioquia, Barbosa, Villavicencio, Cartagena, Bucaramanga, Barranquilla, Montería, Ibagué.

*Nota.* Autoría propia, adaptado con información de cada uno de los competidores.

En la siguiente figura. Se puede analizar el porcentaje de participación que tienen las industrias extranjeras en el mercado para Colombia.

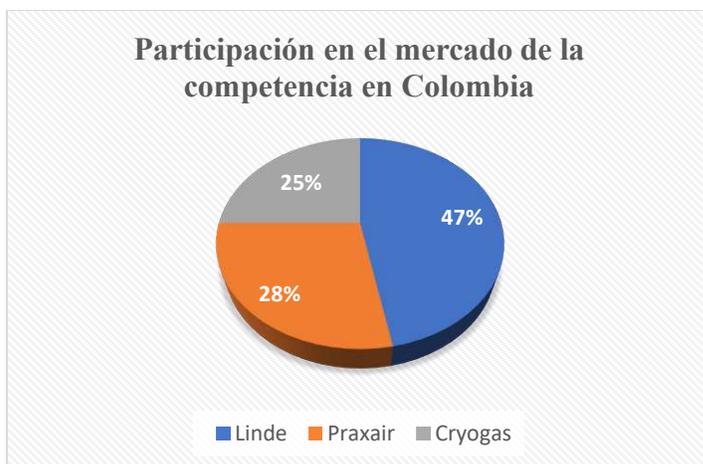


Figura 43. Participación en el mercado de la competencia. Autoría propia, adaptado con información de (Superintendencia de Industria y Comercio, 2018)

**6.2.1.3. Marketing del producto.** Se elabora una ficha con toda la información del producto y la empresa.

Tabla 22.

*Marketing del producto.*

<b>Marketing</b>	
Producto principal	Recipiente para almacenamiento de oxígeno medicinal
Público Objetivo	Hospitales de la ciudad de Bogotá, que deseen obtener un recipiente propio para almacenamiento de oxígeno medicinal.
Público objetivo secundario.	El mercado que se tiene previsto como futuros clientes son: Industria alimentaria, industrias siderúrgicas, industrias química y farmacéutica, industria electrónica, entre otras.
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colombia tenga la oportunidad de incursionar en la industria metalmecánica con fabricación de tanques criogénicos.</li> <li>• Generar oportunidad de empleo.</li> <li>• Desactivar el monopolio extranjero.</li> </ul>
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de costos en mantenimientos.</li> <li>• Tiempos de respuesta eficientes para los mantenimientos.</li> <li>• Generación de empleo.</li> </ul>
Perfil	Recipiente o tanque para almacenamiento criogénico, su estructura cilíndrica, tiene un

	aislamiento de perlita. En el diseño se contemplan la presión interna, esfuerzo de flexión y el peso del fluido, la parte interior está hecha de acero inoxidable y su parte exterior está hecha de acero de carbono. Este tanque sirve para almacenar oxígeno, nitrógeno
Posicionamiento	La estrategia que se tiene para lograr la aceptación del producto y el posicionamiento de la marca es: fabricar tanques personalizados (todos los requerimientos son diferentes dependiendo del consumo y el producto a almacenar), mantenimientos, repuestos y accesorios a un precio justo y en el tiempo que se requiera sin presentar demoras en los mismos.
Competencia directa	Linde, Praxair, Cryogas.
Competencia indirecta	No hay
Logo	
Publicidad	Pautar en Google, utilizar rastreadores, realizar visitas comerciales, folletos de los productos.

Nota. Autoría propia

**6.2.1.4. política de comercialización.** Analizando las características del producto y del mercado, se concluye que el producto se comercializará con la venta directa a los hospitales, inicialmente hospitales de la ciudad de Bogotá. Contemplando las variables que se atan para prestar un servicio completo de venta, tales como: comercialización del producto, comercialización de repuestos y servicio de mantenimiento.

Tabla 23.

*Logística de distribución del producto.*

Producto/variables	Conducto	Método	Ventajas
Recipiente o tanque para almacenamiento de gas medicinal	Venta directa a los hospitales	Se entrega instalado directamente en los hospitales. Su transporte es vía terrestre	Tiempos de entrega rápidos, asegurando la confiabilidad del producto.
Repuestos del tanque criogénico.	Venta directa a los hospitales.	Se entrega instalado directamente al	Reducción de costos y de tiempos en las

		momento de realizar los respectivos mantenimientos.	entregas de los repuestos.
Servicio técnico (instalación, inspección, mantenimientos preventivos y correctivos)	Venta directa a los hospitales.	Operarios in house, que permiten dar tiempo de respuesta oportuna y eficaz.	Tiempo de respuesta y garantías oportunas mejorando el sistema de comunicación.

*Nota.* autoría propia.

6.2.1.4.1. *Transporte y entrega de la mercancía.* Los tanques se recogen en la planta de fabricación para ser distribuidos al cliente (hospitales), cumpliendo las labores de revisión, cargue, descargue del producto, seguros, fletes, adecuación, embalaje, entre otros.

Los vehículos de carga en el que se transportarán los tanques, tendrán una adecuación para asegurar que no se golpee o se averíe y soporte tanto el tamaño como el peso.

Para los tanques criogénicos, no es necesario manejar un inventario de productos terminados teniendo en cuenta que estos se fabrican según la necesidad de cada uno de los clientes, este puede variar en los tamaños y la cabina de manejo.

6.2.1.4.2. *Estrategias de promoción y comunicación.* Para la comercialización del producto, se requiere buscar estrategias que permitan la consecución de los clientes en este caso los hospitales. Una vez realizadas las encuestas, se analizó que hay grandes probabilidades de adquisición del producto, con base en estos resultados las estrategias de comunicación son:

Tabla 24.

*Estrategias de promoción y comunicación.*

Método	Objetivo	Medición	Inversión
Página web	Dar a conocer la marca, el producto, por medio de una herramienta tecnológica como la internet, permitiendo un contacto rápido entre el cliente con la empresa.	Con herramientas digitales, que permiten cuantificar el tráfico de la página web.	\$1.000.000 COP

Visitas comerciales	Buscar clientes potenciales, visitarlos para dar a conocer la empresa, escuchar sus necesidades y posterior a este proponer por medio de cotizaciones.	Se programa un número de visitas comerciales a la semana, para evaluar resultados mensuales.	Tiempo y transporte \$400.000 COP mensuales promedio.
Tarjetas de presentación	Dejar la información de la persona contacto al alcance, como método de reconocimiento y recordación.	Inicialmente se realiza el millar de tarjetas.	\$50.000 COP
Brochure y material pop.	Dar a conocer la línea de productos, la empresa y dejar un recordatorio con el logotipo de la misma.	Se realiza el millar de brochure y material publicitario (bolígrafos)	\$1.000.000 COP

Nota. Autoría propia.

6.2.1.4.3. *Estrategias de servicio.* Los servicios que van asociados a la venta del recipiente, son los que ayudan a que el cliente llegue y se fidelice con la empresa, logrando con esta estrategia el incremento de las ventas. Ver en la tabla 26 las estrategias de servicio al cliente.

Tabla 25.

*Estrategias de servicio al cliente.*

Estrategia	Definición de la estrategia
Entrega del producto a domicilio	Debido al tamaño del tanque, la entrega debe hacerse en el área a instalar, así mismo el personal calificado de la empresa procede a instalarlo y adecuarlo para su respectivo uso.
Garantías del producto	Se cuenta con garantía del producto durante el primer año de entrega, después de este ya se toma como servicio adicional.
Servicios adicionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Venta de repuestos.</li> <li>• Servicio de mantenimiento anual preventivo y correctivo.</li> </ul>

Nota. Autoría propia.

## 6.2.2. Pronósticos de ventas.

6.2.2.1. *Cálculos de proyección de la demanda.* Estos cálculos se realizan con la extrapolación a nivel nacional de las clínicas y hospitales públicos y privados de Colombia, para obtener una base de producción rentable. Entonces:

Tabla 26.

*Numero de hospitales por ciudad.*

<b>Numero de clínicas y hospitales por ciudad</b>	
Bogotá	53 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Leticia	1 hospital publico
Medellín	27 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Barranquilla	30 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Cartagena	12 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Tunja	4 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Sogamoso	7 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Manizales	5 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Florencia	5 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Popayán	17 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Quibdó	2 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Chía	4 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Neiva	14 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Santa Marta	7 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Ipiales	3 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Pasto	20 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Tumaco	2 hospitales públicos
Cúcuta	20 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Pamplona	2 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Mocoa	1 hospital publico
Armenia	25 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Pereira	10 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Bucaramanga	16 clínicas y hospitales, públicos y privados.

Sincelejo	7 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Majagual	3 hospitales públicos
Ibagué	17 clínicas y hospitales, públicos y privados.
Cali	18 clínicas y hospitales, públicos y privados.

*Nota.* Autoría propia adaptado con información de (Wikipedia, 2018)

Para un total de 332 clínicas y hospitales de I, II, III y IV nivel en Colombia.

Según el estudio de mercado realizado, el porcentaje de clientes que comprarían el recipiente está en 80%. Variables para hallar la demanda.

Tabla 27.

*Variables del cálculo de la demanda.*

<b>Variables para calcular la demanda del recipiente</b>	
N= número de clientes	$332 \times 0.30 = 99,6$ redondeado a =100
V= Volumen de compra promedio	1 recipiente por hospital
F= Frecuencia de compra	1 recipiente cada 50 años ( $1/50 = 2\%$ )
P= precio promedio de cada compra	\$111.963.302 COP, promedio por tanque
Demanda efectiva	$N \times V \times F \times P$ (1)
Demanda efectiva anual	$100 \times 1 \times 0.2 \times \$111.963.302$
Demanda efectiva anual	\$2,239,266,040.

*Nota.* Autoría propia

A continuación, se relaciona la proyección de la demanda por línea de producto (recipientes y mantenimientos).

Tabla 28.

*Demanda por línea de producto extrapolada.*

<b>Demanda por línea de producto (recipiente y mantenimiento)</b>			
<b>Producto</b>	<b>Precio</b>	<b>Calculo demanda</b>	<b>Demanda (millones)</b>
Recipiente	\$111.963.302	$N \times V \times F \times P$ (1) $100 \times 1 \times 0.2 \times \$111.963.302$	\$2,239,266,040.
Mantenimientos	\$4,850,000.	$N \times V \times F \times P$ (1) $100 \times 1 \times 8,3 \times \$4,850,000$	\$4,025.500.000.
Total			\$6,264,766,040.

*Nota.* Autoría propia.

Con estos cálculos se identifica que la demanda proyectada está en \$6,264.766.040 millones. Con base en esta información se calcula la proyección de la demanda para los siguientes cinco años.

Tabla 29.

*Proyección de la demanda a cinco años*

Año	Recipientes	Mantenimiento
1	\$ 2.239.266.040	\$ 4.025.500.000
2	\$ 2.687.119.248	\$ 4.830.600.000
3	\$ 3.224.543.098	\$ 5.796.720.000
4	\$ 3.869.451.717	\$ 6.956.064.000
5	\$ 4.643.342.061	\$ 8.347.276.800

Nota. Autoría propia

A continuación, se relaciona la figura con la que se puede tener una apreciación de dicha proyección:

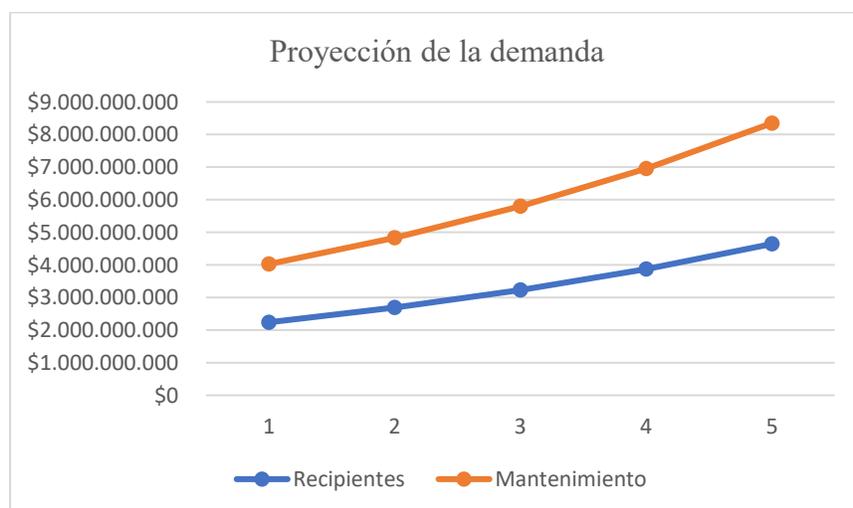


Figura 44. Proyección de la demanda. Autoría propia, adaptado con información de la tabla 30.

### 6.2.3. Estudio de la oferta.

Con este estudio se identificará la forma en la que se atenderán los futuros clientes, según su necesidad.

**6.2.3.1. Principales competidores.** Este Mercado está conformado por un monopolio de industrias transnacionales que atienden el sector salud, no solo con la fabricación e importación de los recipientes criogénicos sino con la distribución y comercialización de los gases industriales y medicinales que también fabrican. A continuación, el porcentaje de participación en operaciones que tienen estas industrias en Colombia, relacionados anteriormente.

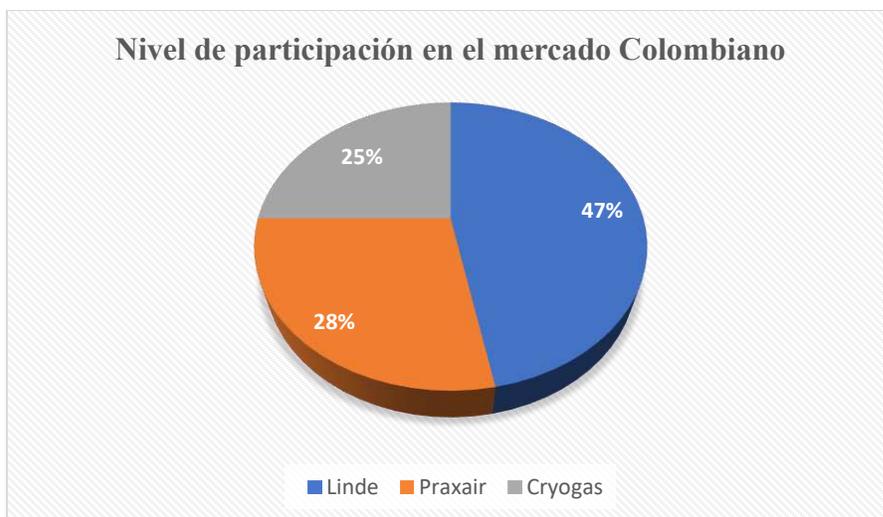


Figura 45. Participación en el mercado de la competencia. Autoría propia, adaptado con información de (Superintendencia de Industria y Comercio, 2018)

*6.2.3.1.1. Características generales de los competidores.* Las tres empresas multinacionales que conforman el monopolio, cuentan con una infraestructura que les permite tener un músculo financiero, que les permite manejar adecuadamente sus obligaciones financieras, afrontar los cambios que se presentan cuando no se lleva a cabo la proyección de las ventas. Estas compañías se dedican a fabricar los gases industriales y medicinales y como otra referencia de producto, también fabrican los tanques criogénicos donde se almacenan dichos gases.

Cuentan con una amplia trayectoria en la industria gasera y metalmecánica.

Son empresas estructuradas organizacionalmente, que cuentan con un sistema de seguridad industrial perfeccionado, de la misma manera la gestión de calidad que realizan para la fabricación de sus productos.

*6.2.3.1.2. Características individuales de los competidores.* A continuación, relacionamos las características para Linde, Praxair y Cryogas:

- Linde Colombia S.A. (Linde): con su casa matriz en Alemania, esta multinacional se ha convertido en una de las empresas líderes en fabricación y comercialización de gases medicinales y sus tanques de almacenamiento con más de 600 empresas afiliadas en 10 países del mundo con un promedio de 48.000 empleados.
- Praxair Colombia (Praxair): con su casa matriz en Danbury (Connecticut – E.E.U.U.), cuenta con su presencia en 50 países con un aproximado de 26.000 empleados.

- Cryogas\_(Cryogas): esta compañía hace parte del grupo Indura, cuenta con dos sedes en Colombia una en Sibaté (Cundinamarca) y la otra en Barbosa (Antioquia). Tiene presencia en 50 países y cuenta con un aproximado de 16.000 empleados.

**6.2.3.2. Clientes potenciales.** El mercado potencial está fijado a los hospitales de I, II, III y IV nivel de la ciudad de Bogotá y posteriormente a los hospitales a nivel nacional. Una vez abarcado el segundo mercado objetivo son la industria alimentaria, la industria siderúrgica, las industrias química y farmacéutica, la industria electrónica, entre otras.

**6.2.3.3. Líneas de productos.** Einco S.A.S (Empresa de ingeniería colombiana). Ofrece la línea de recipientes de almacenamiento para gases medicinales e industriales, como también se tiene la línea de mantenimientos para los mismos, a continuación, se enlista la línea de productos:

Tabla 30.

*Línea de productos a comercializar.*

<b>Línea de productos</b>
Línea de recipientes para almacenamiento de gases medicinales
Línea de recipientes para almacenamiento de gases industriales
Línea de mantenimiento a los recipientes

*Nota.* Autoría propia.

- Línea de recipientes para almacenamiento de gases medicinales: son los tanques para almacenamiento de oxígeno medicinal, donde los clientes potenciales son los hospitales de I, II, III y IV nivel de la ciudad de Bogotá inicialmente. Estos recipientes son personalizados, de esto depende la capacidad instalada y el consumo promedio anual.
- Línea de mantenimientos a los recipientes: son los mantenimientos preventivos y correctivos que se le deben practicar a los recipientes, estos se realizan anualmente.

A continuación, se relaciona la proyección de ventas de un año y cinco años, para los recipientes de acuerdo a la capacidad instalada que se ve en el estudio técnico:

Tabla 31.

*Proyección de ventas de la línea de producto de recipiente para almacenamiento de oxígeno medicinal para un año.*

Producto	Precio	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Recipiente para almacenamiento de oxígeno	\$ 111.963.302	\$ 335.889.906	\$ 335.889.906	\$ 335.889.906	\$ 335.889.906	\$ 335.889.906	\$ 335.889.906	\$ 335.889.906	\$ 335.889.906	\$ 335.889.906	\$ 335.889.906	\$ 335.889.906	\$ 335.889.906	\$ 4.030.678.872
Unidades	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36

*Nota.* Autoría propia.

Tabla 32.

*Proyección de ventas del recipiente para almacenamiento para los próximos cinco años.*

Producto	Precio	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
Recipiente para almacenamiento de oxígeno medicinal	\$ 111.963.302	\$ 134.355.962	\$ 161.227.155	\$ 193.472.586	\$ 232.167.103	\$ 278.600.524	\$ 999.823.330
Unidades		36	43	52	62	75	268

*Nota.* Autoría propia.

En la siguiente tabla, se encuentra la proyección de ventas de un año y de cinco años, para los mantenimientos de los recipientes de almacenamiento de oxígeno medicinal:

Tabla 33.

*Proyección de ventas de los mantenimientos para los tanques criogénicos a un año.*

Producto	Precio	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Mantenimiento para tanques criogénicos	\$ 4.850.000	\$ 14.550.000	\$ 14.550.000	\$ 14.550.000	\$ 14.550.000	\$ 14.550.000	\$ 14.550.000	\$ 14.550.000	\$ 14.550.000	\$ 14.550.000	\$ 14.550.000	\$ 14.550.000	\$ 14.550.000	\$ 174.600.000
Unidades		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36

*Nota.* Autoría propia.

Tabla 34.

*Proyección de ventas a cinco años de los mantenimientos.*

Producto	Precio	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
Mantenimiento para tanques criogénicos	\$ 4.850.000	\$ 5.820.000	\$ 6.984.000	\$ 8.380.800	\$ 10.056.960	\$ 12.068.352	\$ 43.310.112
Unidades		36	43	52	62	75	268

*Nota.* Autoría propia.

## 7. Estudio técnico

### 7.1. Diseño de tanque para almacenamiento de oxígeno medicinal

El diseño del tanque de almacenamiento de oxígeno medicinal se hará por completo, bajo el código internacional para calderas y recipientes a presión emitido por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) , creado por la necesidad de proteger a la sociedad de las continuas explosiones de calderas que se tuvieron antes de reglamentar su diseño y fabricación.

#### 7.1.1. Parámetros de diseño.

- Disponibilidad de espacio: El espacio total estándar que disponen los hospitales para la instalación del tanque de almacenamiento es de 4 X 4 metros de ancho y 10 metros de altura.
- Presión de Diseño (P): 256 psi (presión de saturación del oxígeno).
- Temperatura de Diseño (T): -320 °F (-195,96 °C), se considera criogénico ya que supera los -126°C.
- Consumo de oxígeno medicinal promedio en hospitales: 8m<sup>3</sup> diario.

#### 7.1.2. Conceptualización.

- Ubicación. Las pautas de la OSHA (La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional) para el almacenamiento de tanques sugiere colocarlos en un lugar al aire libre, no deberá ser construido en áreas pantanosas o fácilmente inundables y debe ser fácilmente accesible a vehículos pesados para posibilitar el llenado de producto. Cuando se almacenan bajo techo, deben estar ubicados en un lugar seco y bien ventilado, por lo menos a 20 pies (6 m) de distancia de otros materiales combustibles y áreas de alto tráfico. Deben ser almacenados lejos de radiadores y otras Fuentes de calor.
- Se deben tomar algunas medidas de seguridad operativas y de precaución como el rombo de colores del producto almacenado, en este caso Oxígeno líquido y sus características principales. En cuanto a la seguridad del tanque llevará un manifold de servicio con válvulas de seguridad que trabajarán como la seguridad del sistema y se activan en caso de una sobrepresión y la otra parte es de alivio para la liberación de producto.

## 7.2. Cálculos

En consideración con el código (ASME), las unidades de medida utilizadas para este equipo serán en Sistema Inglés, por ser el sistema principal de unidades de la norma que rige para la fabricación de recipientes a presión y la distribución de los líquidos sometidos a presión.

Al ser una guía de fabricación, el código (ASME), no especifica de qué dimensiones debe ser los tanques diseñados siguiendo sus parámetros en cuanto a diámetro y longitud, por lo cual las principales variables a considerar son el aprovechamiento del material, la disponibilidad que tiene el cliente para la instalación y la necesidad de almacenamiento de producto para posterior consumo, tomando estas variables el diseñador asignará las dimensiones del tanque, es criterio generalizado basar el dimensionamiento a la máxima utilización de la materia prima, para esta aplicación se asume D para una lámina de consecución local con las siguientes especificaciones y medidas, SA/A 240 Tp 304 3.050 mm X 1.520 mm.

El proceso de cálculo del recipiente inicia definiendo el volumen requerido para el proyecto, con base en el análisis realizado en el estudio de mercado del capítulo 6, obtenemos que el volumen que se ajusta a las necesidades del cliente corresponde a 2500 GLS, utilizando esta información calculamos las dimensiones finales del tanque.

### 7.2.1. Dimensionamiento del recipiente.

#### 7.2.1.1. *Calculo volumen cilindro.*

$$V = \frac{\pi x D^2}{4} x L \quad (2)$$

Donde;

$V =$  Volumen del tanque.

$\pi =$  Constante Pi (3,1416)

$D =$  Diámetro externo del tanque

$L =$  Longitud del tanque

Diámetro asumido

1,7 m = (66,93 in)

Longitud asumida

$$3.734 \text{ m} = (147 \text{ in})$$

$$V = \frac{\pi * (1,70\text{m})^2}{4} L$$

$$V = \frac{3,1416 * (1,70\text{m})^2}{4} * 3.734\text{m}$$

$$V = \frac{3,1416 * (1,70\text{m})^2}{4} * 3.734\text{m}$$

$$V = 8.47 \text{ m}^3 (2.238 \text{ gal}) \approx 8475 \text{ lt}$$

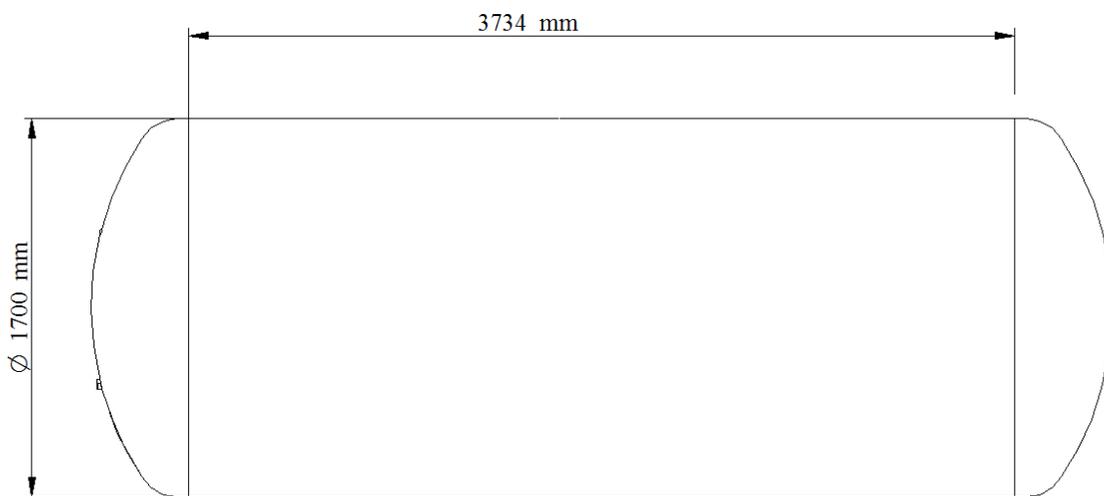


Figura 46. Esquema general de volumen. Autoría propia.

**7.2.1.2. Cálculo volumen tapas torisfericas.** Para calcular el volumen de una tapa torisfericas se modela utilizando herramientas CAD, en esta oportunidad se modela utilizando el software de diseño asistido por computador solid edge en su versión ST 9, en la siguiente figura se muestra el modelo del volumen.

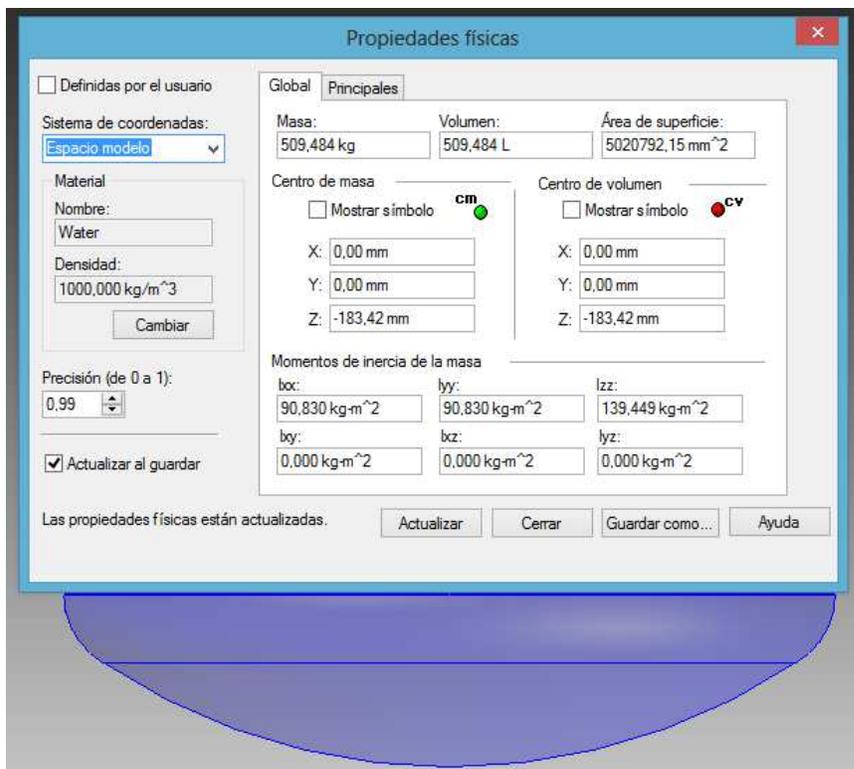


Figura 47. Cálculo del volumen de la tapa torisfericas. Autoría propia.

Como se puede observar cada tapa tiene la capacidad de almacenar 509 Litros para un total de almacenamiento de las dos tapas de 1018 litro equivalentes 269 Galones

En resumen, si se suma el volumen del cilindro con el volumen de las dos tapas torisfericas el volumen total del recipiente 100% lleno equivale a 2507 Galones, que cumple con la demanda de producto a almacenar analizada en el capítulo 6.

### 7.2.2. Cálculo de espesor de tanque interno.

Para el cálculo del espesor del tanque interno se tendrán en cuenta los siguientes datos de diseño y fórmulas según el código ASME sección VIII, división 1, subsección A, parte UG-27.

- Presión de Diseño (P): 256 psi (Tomo VIII, división 1, subsección A, parte UG-22 del código ASME).
- Temperatura de Diseño (T): -320 °F (-195,96 °C) (Tomo VIII, división 1, subsección A, parte UG-20 del código ASME).
- Material de cuerpo: Acero Inoxidable SA-240-304 (Tomo VIII, división 1, subsección C, parte UHA-12, tabla UHA-23, del código ASME)

- Esfuerzo máximo a temperatura de diseño del recipiente (S): 23.600 psi (Tomo VIII, división 1, subsección C, parte ULT-30, tabla ULT-23 del código ASME).
- Esfuerzo máximo a temperatura ambiente del recipiente (S): 20.000 psi (Tomo VIII, división 1, subsección C, parte ULT-30, tabla ULT-23 del código ASME).
- Tolerancia corrosión del recipiente (C): 0 (Tomo VIII, división 1, subsección A, parte UG-25 del código ASME).
- Tipo de junta longitudinal: Categoría “A” Tipo 1 (Tomo VIII, división 1, subsección B, parte UW-11 (a) del código ASME).
- Eficiencia de junta longitudinal (E): 1,0 (Tomo VIII, división 1, subsección B, parte UW-12 del código ASME).
- Tipo de junta circunferencial: Categoría “B” Tipo 1 (Tomo VIII, división 1, subsección B, parte UW-11 (a) del código ASME).
- Eficiencia de junta circunferencial (E): 1,0 (Tomo VIII, división 1, subsección B, parte UW-12 del código ASME)

**7.2.2.1. Verificación de eficiencia de las juntas soldadas.** El proceso de la soldadura es uno de los procedimientos más delicados y críticos en la fabricación de recipientes a presión por la ruptura de los tanques en las uniones soldadas.

Todas las soldaduras deberán ser aplicadas mediante el proceso de arco eléctrico de la forma “a tope”, donde se presenta una penetración completa y se deberá eliminar la escoria que genera un cordón de soldadura, antes de ser aplicado el siguiente cordón.

Una de las prácticas más comunes para soldadura de ambos lados es, con bisel en X (2/3 exterior y 1/3 interior), realizando desde la cara interna la soldadura que hará de respaldo.

Este respaldo, se realizará mediante procedimiento manual con electrodo revestido (S.M.A.W.), efectuando las pasadas necesarias s/espesor (s) o bien con Semiautomática de alambre macizo (G.M.A.W.) o tubular (F.C.A.W), en ambos casos con el modo de transferencia globular.

En caso que no sea posible acceder al interior del tanque, se utilizará bisel del tipo “V”, para soldar totalmente desde el exterior. En este tipo de soldadura, es muy importante utilizar el procedimiento adecuado que asegure la penetración completa; para este caso, la raíz se debe efectuar preferiblemente con el procedimiento TIG (G.T.A.W.), o con electrodo revestido (S.M.A.W.).

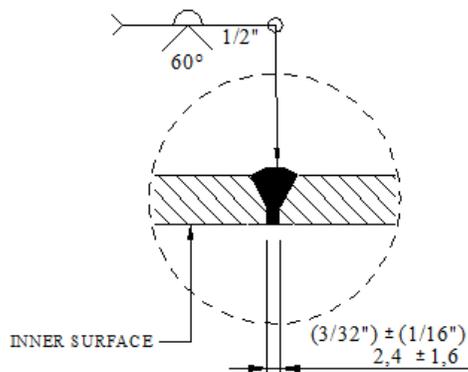


Figura 48. Ejemplo de tipo de junta a utilizar-fuente el autor.

En todos los casos, los procedimientos, siempre deberán estar calificados bajo el Tomo IX del código ASME. Las restantes uniones menores (conexiones, refuerzos, etc.) podrán realizarse con electrodo revestido (S.M.A.W), o de alambre macizo (G.M.A.W.), utilizando material de aporte acorde a lo especificado.

Para cada forma y tipo de junta que se escoja y según sea el grado de control radiográfico que se vaya a efectuar, el Tomo VIII, división 1, subsección B, parte UW-12 del 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  $E$  permitiendo como resultado menor espesor mínimo requerido.

Para el diseño de este recipiente se utilizó la sub sección ULT del código ASME Secc VIII Div I, lo que permite utilizar valores de esfuerzos admisibles mayores para los materiales que están sometidos a temperaturas criogénicas, en comparación de los esfuerzos de los mismos materiales a temperaturas ambiente, al aumentar el esfuerzo admisible del material, se tiene la posibilidad de utilizar espesores de material más bajos, que se ven reflejados en costos de fabricación, sin embargo, por requerimiento de código se hace necesario que todas las juntas soldadas de categoría A y B sean radiografiadas 100%, y limitando las juntas soldadas de categoría C y D para que no se puedan utilizar en este tipo de aplicaciones, para ver la referencia se encuentra la sub sección ULT-57 Examinación, del código ASME Sección VIII división I edición 2017.

Teniendo que las juntas soldadas de categorías A y B debe realizarse examinación radiográfica 100% de acuerdo con la tabla UW-12 del código ASME Sección VIII Div I, para las formulaciones del cálculo de cuerpo y cabezas la eficiencia de la junta que se tomara es  $e = 1$



formadas que no sean hemisféricas al tanque, a las transiciones de diámetro, a las boquillas, o para comunicarse cámaras. Circunferencial, juntas soldadas son las juntas a tope, si el ángulo medio es igual o inferior a 30 grados y las articulaciones angulares es mayor que 30 grados.

Categoría C. Las juntas soldadas que conectan las bridas, vueltas Van Stone, placas tubulares, o cabezas planas a la carcasa principal, a las cabezas formadas, a las transiciones de diámetro, a las boquillas, o para comunicar cualquier conexión de cámaras de placa de un lado a otro.

Categoría D. Articulaciones soldadas que conectan cámaras o boquillas de comunicación a recipientes principales, a las esferas, a las transiciones de diámetro, a las cabezas, o a los lados planos, y las articulaciones de conexión boquillas a las cámaras que se comunican.

El espesor mínimo o máximo requerido para presión de trabajo permisible en recipientes cilíndricos se calcula teniendo en cuenta los esfuerzos circunferenciales y los esfuerzos longitudinales, una vez realizado el análisis se escoge el mayor espesor o menor presión en las dos ecuaciones. Cuando el espesor no exceda la mitad del radio interno, o P no exceda 0.385SE, se aplicará la fórmula de esfuerzo circunferencial despejada en términos de espesor, donde el esfuerzo circunferencial actúa sobre la junta longitudinal, y el esfuerzo longitudinal actúa sobre las juntas circunferenciales (ASME);

$$t_{min.req} = \frac{P \cdot R}{[S_{ult} \cdot E - (0,6 \cdot P)]} \quad \text{o} \quad P = \frac{S \cdot E \cdot t_n}{R + (0,6 \cdot t_n)} \quad (3)$$

*Donde;*

$t_{min.req}$  = Espesor mínimo requerido del recipiente (esfuerzo circunferencial)

$P$  = Presión del diseño

$R$  = Radio del recipiente

$E$  = Eficiencia de la junta longitudinal

$S_{ult}$  = Esfuerzo Admisible máximo del recipiente

$t_{nom}$  = Espesor nominal del recipiente

$$t_{min.req} = \frac{256 \text{psi} \cdot 33,465 \text{in}}{[23.600 \text{psi} \cdot 1,0 - (0,6 \cdot 256 \text{psi})]}$$

$$t_{\min.\text{req}} = 0,3654 \text{ in (9,28mm)}$$

Para los esfuerzos longitudinales, cuando el espesor no exceda la mitad del radio interno, o P no exceda 1.25SE, se aplicará la fórmula de esfuerzo longitudinal despejada en términos de espesor, donde el esfuerzo longitudinal actúa sobre la junta circunferencial, según el Tomo VIII, división 1, subsección A, parte UG-27 (c) (2) del código (ASME).

$$t_{\min.\text{req}} = \frac{P \cdot R}{2(S_{\text{ult}} \cdot E) - (0,4 \cdot P)} \quad \text{o} \quad P = \frac{2 \cdot S \cdot E \cdot t_n}{R - (0,4 \cdot t_n)} \quad (4)$$

Donde;

$t_{\min.\text{req}}$  = Espesor mínimo requerido del recipiente (esfuerzo longitudinal)

$P$  = Presión del diseño

$R$  = Radio del recipiente

$E$  = Eficiencia de la junta circunferencial

$S_{\text{ult}}$  = Esfuerzo Admisible máximo del recipiente

$t_{\text{nom}}$  = Espesor nominal del recipiente

$$t_{\min.\text{req}} = \frac{256 \text{ psi} \cdot 33,465 \text{ in}}{2(23.600 \text{ psi} \cdot 1,0) + (0,4 \cdot 256 \text{ psi})}$$

$$t_{\min.\text{req}} = 0,1812 \text{ in (4,6 mm)}$$

Si  $t_n$  es mayor o igual el valor máximo entre  $t_{\text{circunferencial}}$  y  $t_{\text{longitudinal}}$ , el espesor seleccionado es el correcto.

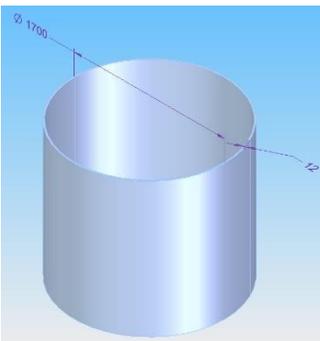


Figura 50. Esquema del tanque interno. Autoría propia.

Realizados los cálculos de esfuerzos longitudinales y circunferenciales, se toma como espesor mínimo requerido 9,28 mm, ajustando el espesor a espesores de lámina de consecución local, se toma 12mm como espesor final del cuerpo después de rolado y formado.

Con base en los cálculos realizados y una vez escogidos los materiales que se van a utilizar, es necesario realizar el cálculo de las presiones máximas de operación del recipiente y las presiones máximas de prueba del recipiente a temperatura ambiente, tomando como base un espesor mínimo de 12 mm para el cuerpo.

$$P_{MAWP} = \frac{S_{ult} * E * t_n}{R + (0,6 * t_n)} \quad (5)$$

Donde;

$t_n$  = Espesor nominal del recipiente.

$P_{MAWP}$  = Presión de trabajo máxima admisible.

$R$  = Radio del recipiente

$E$  = Eficiencia de la junta

$S_{ult}$  = Esfuerzo Admisible máximo del recipiente

$H$  = Cabeza de presión entre la tapa superior e inferior del tanque.

$S_{adm}$  = Esfuerzo admisible del recipiente.

El  $P_{MAWP}$  es el calculado para el tanque terminado, en condiciones de operación, donde se tiene en cuenta el factor de corrosión que por ser acero inoxidable es 0.

Presión de trabajo máxima admisible (MAWP). A temperatura ambiente  $T = 68^\circ\text{F}$  ( $20^\circ\text{C}$ ), según el Tomo VIII, división 1, subsección A, parte UG-27 (c) (1) del código (ASME).

$$P_{MAWP} = \frac{23.600 \text{ psi} * 1,0 * 0,4724 \text{ in}}{33,4752 \text{ in} + (0,6 * 0,4704 \text{ in})}$$

$$P_{MAWP} = 330,48 \text{ psi} \approx 330 \text{ psi}$$

$$MAWP = P - H$$

$$MAWP = 330,48 \text{ psi} - 6 \text{ psi}$$

$$MAWP = 324,48 \text{ psi} \approx 324 \text{ psi}$$

El  $P_{MAWP}$  es el calculado para el tanque terminado, en condiciones de nuevo y a la temperatura ambiente, donde se tiene en cuenta el factor de corrosión que por ser acero inoxidable es 0.

$$P_{MAWP} = \frac{S_{adm} * E * t_n}{R + (0,6 * t_n)} \quad (6)$$

$$P_{MAWP} = \frac{20.000 \text{ psi} * 1,0 * 0,4724 \text{ in}}{33,4752 \text{ in} + (0,6 * 0,4704 \text{ in})}$$

$$P_{MAWP} = 279,87 \text{ psi} \approx 280 \text{ psi}$$

$$MAWP = P - H$$

$$MAWP = 279,87 \text{ psi} - 6 \text{ psi}$$

$$MAWP = 273,87 \text{ psi} \approx 274 \text{ psi}$$

### 7.2.3. Cálculo espesor de tapas torisfericas.

Cálculo de tapas torisfericas para tanque interno. Las tapas del tanque interno son diseñadas y calculadas bajo los siguientes datos de diseño y ecuaciones, según el Tomo VIII, división 1, subsección A, parte UG-32 (e) del código (ASME);

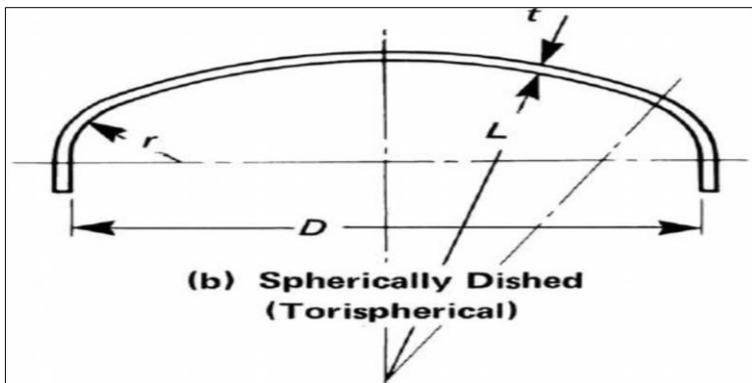


Figura 51. Esquema tapas torisfericas. Fuente Código ASME, tomo VIII, división 1, apéndices obligatorios 1, figura 1-4 (b)

- Presión de Diseño (P): 256 psi (Tomo VIII, división 1, subsección A, parte UG- 22 del código ASME).
- Temperatura de Diseño (T): -320 °F (-195,96 °C) (Tomo VIII, división 1, subsección A, parte UG-20 del código ASME).
- Diámetro externo de tapas torisfericas (Do): 66,93 in
- Material de las tapas torisfericas: Acero Inoxidable SA-240-TP304 (Tomo VIII, división 1, subsección C, parte ULT-30, tabla ULT-23 del código ASME).
- *Esfuerzo a temperatura de diseño de las tapas torisfericas (S):* 23.600 psi (Tomo VIII, división 1, subsección C, parte ULT-30, tabla ULT-23 del código ASME).
- Esfuerzo a temperatura ambiente de las tapas torisfericas (S): 20.000 psi (Tomo VIII, división 1, subsección C, parte ULT-30, tabla ULT-23 del código ASME).
- Tolerancia corrosión de las tapas torisfericas (C): 0 (Tomo VIII, división 1, subsección A, parte UG-25 del código ASME).
- *Tipo de soldadura:* Categoría “A” Costura (Tomo VIII, división 1, subsección B, parte UW-11 del código ASME).
- Tipo de soldadura: Categoría “B/C” Tipo 1 (Tomo VIII, división 1, subsección B, parte UW-11 (a) del código ASME).
- Eficiencia de las tapas torisfericas (E): 1,0 (Tomo VIII, división 1, subsección B, parte UW-12 del código ASME).

La letra M es un valor constante, expresado como factor dependiente de  $L/r$ , se calcula según la fórmula especificada en el Tomo VIII, división 1, apéndices obligatorios 1, fórmulas de diseño complementarias 1-4 (d) del código (ASME);

$$M = \frac{1}{4} \left[ 3 + \left( \sqrt{\frac{L + C}{r + C}} \right) \right] \quad (7)$$

Donde;

*M* = Factor dependiente de *L/r*

*L* = Radio de bombeo de las tapas torisfericas.

*r* = Radio de pestañeo de las tapas torisfericas.

*C* = Tolerancia de corrosión de las tapas torisfericas.

Radio de bombeo (*L*). Según el Tomo VIII, división 1, subsección A, parte UG-32 (e) del código (ASME), se calcula mediante la siguiente ecuación teniendo en cuenta que el radio de bombeo debe estar entre el 80 y 85% del diámetro externo de la tapa.

$$L = \text{Del 80 al 85\% del diametro externo de la tapa} \quad (8)$$

$$L = 66,93 \text{ in} * 80\%$$

$$L = 53,6 \text{ in} (1.360 \text{ mm})$$

Radio de pestañeo (*r*). Según el Tomo VIII, división 1, subsección A, parte UG-32 (e) del código (ASME), se calcula mediante la siguiente ecuación teniendo en cuenta que el radio de pestañeo debe ser como mínimo el 6% del diámetro externo de la tapa.

$$r \geq 6\% \text{ del diametro externo de la tapa} \quad (9)$$

$$r = 66,93 \text{ in} * 6\%$$

$$r = 4,01 \text{ in} (102 \text{ mm})$$

Como es de libre selección del diseñador, se empleará un radio de pestañeo de;

$$r = 6,70 \text{ in} (170 \text{ mm})$$

Pestaña recta (*R*). Según el Tomo VIII, división 1, subsección A, parte UG-32 (e) del código (ASME) se calcula mediante la siguiente ecuación teniendo en cuenta que la longitud de la pestaña recta debe ser como mínimo 3 veces el espesor de la tapa torisfericas.

$$R \geq 3 * t \quad (10)$$

$$R = 3 * 0,5906 \text{ in}$$

$$r = 1,77 \text{ in (45 mm)}$$

Como es de libre selección del diseñador, se empleará una longitud de pestaña recta de;

$$r = 2 \text{ in (50,8 mm)}$$

Por lo tanto,

$$M = \frac{1}{4} \left[ 3 + \left( \sqrt{\frac{53,6 \text{ in} + 0}{6,7 \text{ in} + 0}} \right) \right]$$

$$M = 1,4571$$

$$t_{min. req} = \frac{P \times L \times M}{2 (S_{adm} \times E) + (M - 0,2)} \quad (11)$$

Donde;

$t_{min. req}$  = *Espesor mínimo requerido de las tapas torisféricas*

$P$  = *Presión de diseño*

$S_{adm}$  = *Esfuerzo admisible de las tapas torisféricas*

$E$  = *Eficiencia de las tapas torisféricas*

$$t_{min. req} = \frac{256 \text{ psi} \times 53,6 \text{ in} \times 1,4571}{2 (23.600 \text{ psi} \times 1,0) + (1,4571 - 0,2)}$$

$$t_{min. req} = 0,4236 \text{ in (10,76 mm)}$$

Presión de trabajo máxima admisible (MAWP). Las láminas comerciales inoxidables vienen de 9, 12, 15 mm, el espesor mínimo calculado es 10,76 mm, se selecciona un espesor mayor que el del recipiente por concentración de presiones mayores en las tapas y que corresponda a una lámina comercial así;