

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA MEJORAR EL
TRANSPORTE DE TERMOS CRIOGÉNICOS EMPLEADOS EN LA
INSEMINACIÓN ARTIFICIAL DIRIGIDO A LA EMPRESA DISTRISEMEN
LTDA.**

PABLO URIBE BOTERO

**UNIVERSIDAD EAFIT
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO
DE PRODUCTO
MEDELLÍN
2006**

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA MEJORAR EL
TRANSPORTE DE TERMOS CRIOGÉNICOS EMPLEADOS EN LA
INSEMINACIÓN ARTIFICIAL DIRIGIDO A LA EMPRESA DISTRISEMEN
LTDA.**

PABLO URIBE BOTERO

Asesor

David Cock Botero

Ingeniero mecánico

Universidad Pontificia Bolivariana

**UNIVERSIDAD EAFIT
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO
DE PRODUCTO
MEDELLÍN
2006**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Medellín, octubre 13 de 2006

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su apoyo incondicional. A la Universidad EAFIT por la colaboración prestada y la infraestructura y personal puestos a disposición del proyecto, en especial a las personas de los laboratorios de prototipos, modelos y máquinas. Al asesor de ésta tesis Ingeniero David Cock Botero por su paciencia, comprensión y colaboración en todo el proceso, donde siempre demostró su calidad humana y las cualidades que lo convierten en un verdadero maestro

A la Empresa Distrisemen LTDA, en las personas de Mauricio Botero Botero y Nora Aristizabal Correa, por su confianza y apoyo.

A mis compañeros Sebastián Ramírez Echeverri y Julián Chica Gómez por su amistad.

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE TABLAS.	i
LISTA DE FIGURAS.	ii
LISTA DE ANEXOS.	vi
RESUMEN.	
INTRODUCCIÓN.	1
CAPÍTULO 1.	2
1.1 Descripción de la idea	2
1.2 Justificación.	2
1.3 Objetivos.	4
1.3.1 Objetivo general.	4
1.3.2 Objetivos específicos.	4
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.	6
2.1 ¿Qué es la inseminación artificial?	6
2.2 Historia.	6
2.3 Criopreservación.	9
2.4 Equipo para la inseminación artificial.	11
2.5 El nitrógeno líquido	13
2.6 El termo criogénico.	14
2.6.1 Estructura y partes del termo criogénico.	16
2.7 Tipos de termos y fabricantes.	21
2.8 Uso y manejo del termo.	36
2.8.1 Almacenamiento.	37
2.8.2 Transporte.	38
2.8.3 Cuidado en el manejo del semen.	39
2.9 Fallas del termo.	40
2.10 La empresa distrisemen y su entorno.	41

BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 2.	48
CAPÍTULO 3. PROCESO CONCEPTUAL DE DISEÑO.	51
3.1 Metodología.	51
3.1.1 Etapas de diseño.	52
3.2 Etapa 1. Clarificación de objetivos.	54
3.2.1 Sistema de traslado, carga y descarga.	55
3.2.2 Aseguramiento del termo dentro del vehículo.	55
3.3 Etapa 2. Análisis funcional	56
3.3.1 Sistema de traslado, carga y descarga.	56
3.3.1.1 Flujos de entrada.	56
3.3.1.2 Flujos de salida.	56
3.3.1.3 Función principal.	56
3.3.1.4 Flujo principal.	56
3.3.2 Aseguramiento del termo dentro del vehículo.	56
3.3.2.1 Flujos de entrada.	57
3.3.2.2 Flujos de salida.	57
3.3.2.3 Función principal.	57
3.3.2.4 Flujo principal.	57
3.3.3 Caja negra.	57
3.3.4 Estructura funcional.	58
3.4 Etapa 3. Especificaciones de diseño.	61
3.4.1 Sistema de traslado, carga y descarga.	62
3.3.2 Aseguramiento del termo dentro del vehículo.	62
3.4.1 Requerimientos para el sistema de traslado, carga y descarga.	63
3.4.1 Requerimientos para el aseguramiento del termo dentro del vehículo.	64
3.5 Etapa 4. Generación de alternativas.	65
3.5.1 Matriz morfológica.	65

3.5.2 Selección de alternativas solución.	69
3.5.2.1 Alternativas solución seleccionadas.	69
3.5.2.1.1 Alternativa solución 1.	71
3.5.2.1.2 Alternativa solución 2.	74
3.5.2.1.3 Alternativa solución 3	77
3.5.2.2 Evaluación de alternativas.	79
3.5.3 Método de objetivos ponderados.	79
BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 3.	85
CAPÍTULO 4. PROPUESTA DEFINITIVA.	86
4.1 Evolución y desarrollo de la alternativa seleccionada.	86
4.2 Propuesta definitiva.	103
4.2.1 Descripción general.	103
4.2.2 Funcionamiento.	105
4.2.3 Fuerza necesaria para levantar los termos.	106
4.2.4 Optimización.	109
4.2.5 Costos.	112
4.3 Propuesta final.	115
BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 4.	118
Conclusiones	119

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Termos tipo XC marca MVE para almacenaje de Grandes cantidades de semen.	26
Tabla 2. Termos tipo SC marca MVE para almacenaje de Semen.	27
Tabla 3. Termos tipo SC y SC vapor shipper marca MVE para envíos de semen principalmente.	28
Tabla 4. Termos tipo HC y VHC marca Taylor-Wharton para Almacenaje de grandes cantidades de semen.	29
Tabla 5. Termos tipo CX Dry Shippers y XTL marca Taylor-Wharton para envíos de semen principalmente.	30
Tabla 6. Termos tipo XT marca Taylor-Wharton para almacenaje de semen.	31
Tabla 7. Lista de termos y referencias que posee la empresa Distrisemen Ltda. para la distribución y venta de semen y nitrógeno líquido.	43
Tabla 8. Costos partes sistema traslado y sistema estructura termo	113
Tabla 9. Costos servicios sistema traslado y sistema estructura Termo	114

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sistemas de refrigeración a base de nitrógeno líquido diseñado para almacenaje de muestras en laboratorios, ofrecido por la empresa MVE. Imagen tomada del catálogo de la compañía	11
Figura 2. Línea de termos XC y accesorios para el almacenamiento y manipulación de semen para la inseminación artificial ofrecida por la empresa MVE. Imagen tomada del catálogo de la compañía	15
Figura 3. Corte esquemático de un termo criogénico usado para el almacenamiento de semen en la inseminación artificial.	17
Figura 4. Tapas de dos tamaños y referencias de termos diferentes fabricadas en tecnopor	18
Figura 5. Canastillas donde se almacena el semen dentro de los termos criogénicos.	19
Figura 6. Detalle de la boca del termo y forma en que son enganchadas las canastillas.	19
Figura 7. Imagen de las pajillas de 0.55 c.c .	20
Figura 8. Imágenes de las bastones o escalerillas en las cuales van los glogets donde se almacenan las pajillas de semen.	20
Figura 9. Tubos o “goblets” donde se empacan las pajillas de semen a granel.	21
Figura 10. Corte esquemático de los termos criogénico tipo “Dry Shippers” ofrecidos por la marca MVE, en este gráfico se pueden apreciar las diferencias básicas respecto a los usados para el almacenamiento del semen, como el absorbente para evitar derrames de LN2 y el hecho de que posee una sola canastilla	23
Figura 11. Mangueras y dispositivos de transferencia de nitrógeno ofrecidos por la empresa TAYLOR-WHARTON.	32

Figura 12.	Mangueras y dispositivos de transferencia de nitrógeno ofrecidos por la empresa china SHANGKO.	33
Figura 13.	Bases para termos ofrecidos por la empresa TAYLOR-WHARTON.	33
Figura 14.	Base para termos ofrecidos por la empresa MVE.	34
Figura 15.	Cajas para el envío de termos tipo “Dry Shippers” de la empresa MVE	34
Figura 16.	Cajas para el envío de termos tipo “Vapor Shippers” de la empresa TAYLOR-WHARTON.	35
Figura 17.	Rangos de temperatura (°C) en el cuello de un termo común usado para el almacenamiento de semen.	40
Figura 18.	Forma en que son asegurados y protegidos los termos dentro de la camioneta que emplea la empresa para su transporte.	44
Figura 19.	Guacales de madera y caja para envío de termos de la marca MVE que posee la empresa Distrisemen Ltda.	45
Figura 20.	Forma en que son protegidos los termos dentro de los guacales.	46
Figura 21.	Forma en que se llenan actualmente los termos de nitrógeno líquido.	47
Figura 22.	Modelo esquemático del proceso de diseño	54
Figura 23.	Caja negra de las dos partes que componen el sistema.	58
Figura 24.	Estructuras funcionales del traslado, carga y descarga y aseguramiento del termo en el vehículo	60
Figura 25.	Diagrama morfológico del sistema de aseguramiento y protección de los termos en el vehículo	67
Figura 26.	Diagrama morfológico del sistema de carga /descarga y transporte de los termos en el vehículo.	68
Figura 27.	Bocetos iniciales	70
Figura 28.	Rickshaws: vehículos para el transporte de personas usados en algunos países orientales. Fotografías tomadas de	71
Figura 29.	Bocetos iniciales.	72

Figura 30.	Secuencia de la forma como se cargaría el termo	73
Figura 31.	Bocetos de protección del termo para su traslado.	73
Figura 32.	Sistema de brazo retráctil para levantar el termo e introducirlo al vehículo	74
Figura 33.	Boceto que integra carga/descarga y traslado.	74
Figura 34.	Boceto inspirado en los Rickshaws.	75
Figura 35.	Secuencia de la carga/descarga del vehículo	76
Figura 36.	Boceto para un sistema de protección del termo.	76
Figura 37.	Boceto de propuesta para el soporte del termo	77
Figura 38.	Boceto de propuesta de funcionamiento	78
Figura 39.	Boceto de cubierta del termo que serviría para su desplazamiento	79
Figura 40.	Evaluación de alternativas.	83
Figura 41.	Primer modelo hecho a escala en madera .	88
Figura 42.	Primer modelo con materiales reales. Ensamble con el disco.	90
Figura 43.	Ensamble de la canasta para cargar el termo	91
Figura 44.	Soportes en T para ensamble de canasta	91
Figura 45.	Aros y tubería de espuma para la canasta.	92
Figura 46.	Canasta con el termo.	92
Figura 47.	Demostración de las maniobras de levantar el termo y trasladarlo	94
Figura 48.	Simulación de carga en el vehículo	95
Figura 49.	Boceto del uso de tenedores comerciales de bicicleta	96
Figura 50.	Mazas de bicicleta utilizadas	96
Figura 51.	Bocetos de manillar y soporte del termo.	97
Figura 52.	Producto con las últimas modificaciones	98
Figura 53.	Pruebas en el terreno	99
Figura 54.	Pruebas de campo	100
Figura 55.	Pruebas de carga/descarga.	100
Figura 56.	Brazos para unir el manillar y el soporte de los termos	102

Figura 57.	Detalles fotográficos del riel de ensamble	102
Figura 58.	Vistas fotográficas del plegado	103
Figura 59.	Ruedas giratorias para la base de la canasta.	104
Figura 60.	Modelo tridimensional de la solución	105
Figura 61.	Diagrama de fuerzas 1	107
Figura 62.	Diagrama de fuerzas 2	108
Figura 63.	Enganche de la canasta del termo	110
Figura 64.	Manillar.	111
Figura 65.	Ruedas de apoyo	111
Figura 66.	Modelaciones del proyecto final	115

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Hoja de seguridad del material nitrógeno líquido.

Anexo 2. Product Design Specifications (PDS).

Anexo 3. Alternativas de solución. (Diagrama morfológico)

Anexo 4. Planos de taller y ensamble.

Anexo 5. Cartas de procesos.

Resumen

Debido a que el semen es un producto biológico, requiere un cuidado especial tanto para su transporte como para su almacenamiento el cual se realiza en termos especialmente diseñados que lo conservan a temperaturas inferiores a los -130°C . Estos termos funcionan gracias a un gas licuado conocido como nitrógeno líquido, con el cual cuando están cargados pueden alcanzar pesos de hasta 45 Kg. Buscando facilitar y hacer más seguro su manejo, específicamente para la empresa Distrisemen Ltda., surgió la idea de este proyecto basado en el diseño y construcción de un producto en donde se apliquen los conocimientos y herramientas aprendidas durante la carrera de Ingeniería de Diseño, y que además satisfaga todas las necesidades y requerimientos de la compañía.

Luego de desarrollar procesos analíticos y experimentales en el desarrollo del proyecto, se llegó a una solución simple y funcional que facilita el traslado, la carga y descarga de los termos dentro del vehículo de la compañía, evitando que las personas que lo manipulan puedan sufrir algún tipo de lesión. Además facilita el proceso de llenado de otros tanques pues la persona no tiene que cargar el termo para poder vaciarlo.

Palabras clave: Inseminación artificial, termos criogénicos, transporte de termos, sector ganadero, diseño.

INTRODUCCIÓN

Con el proyecto de grado se busca que los estudiantes desarrollen ideas y propuestas que sean útiles para la sociedad mediante la aplicación de las herramientas y conocimientos aprendidos durante la carrera.

Los proyectos deben ser congruentes con la formación del Ingeniero de Diseño buscando ofrecer soluciones viables y funcionales y que tenga tanto contenido de diseño como de ingeniería. Bajo este concepto la idea propuesta para este proyecto de grado busca el diseño y el desarrollo de un sistema que ayude a la empresa Distrisemen Ltda. a mejorar y facilitar el transporte y manipulación de termos usados para el almacenamiento de semen en la inseminación artificial de ganado bovino.

El sistema esta compuesto básicamente por tres procesos: el traslado de los termos de un lugar a otro, la carga y descarga de estos en el vehiculo empleado para su transporte y su protección y aseguramiento dentro del vehículo. La idea surge principalmente porque no existe un desarrollo en el medio que satisfaga las necesidades de la empresa, y las pocas alternativas existentes son insuficientes o muy costosas.

CAPITULO 1.

“...es la simplicidad lo que es difícil de lograr.”
Bertholdt Brecht

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA IDEA

El enfoque de este proyecto de grado se centra en la concepción y desarrollo de un producto que facilite y haga más eficiente la manipulación de los termos criogénicos empleados para el almacenamiento de semen en la inseminación artificial.

Bajo esta idea se procedió a diseñar, y posteriormente fabricar el modelo real de un producto que permitiera trasladar los termos, además de su carga y descarga del vehículo de la compañía de una forma segura y simple, sin que la persona corra riesgos de sufrir algún tipo de lesión o desgarro.

1. 2 JUSTIFICACIÓN

La idea fundamental del proyecto de grado es plantearle al estudiante el reto de aplicar todos los conocimientos y herramientas aprendidas durante su formación académica, en el desarrollo de una investigación o un producto que sea útil y tenga un propósito claro.

Partiendo de esta idea, lo que pretende este proyecto es presentar alternativas de solución reales a necesidades existentes en las empresas colombianas, mas específicamente del sector ganadero como las empresas de venta y distribución de semen para procesos de inseminación artificial. En este sector

el transporte del semen es uno de los procesos mas críticos debido a que este debe ser mantenido bajo condiciones especiales permanentemente para evitar que se deteriore o se pierda, estas condiciones consisten básicamente en congelar el semen a temperaturas muy bajas de hasta $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, en tanques especiales con la ayuda del nitrógeno liquido, estos termos requieren inversiones relativamente altas (un termo pequeño puede costar alrededor de \$1,500,000 pesos) por lo que su manipulación debe realizarse con mucho cuidado, además cuando están cargados de nitrógeno su peso puede ser de hasta 30 Kg. para un termo de tamaño medio, lo cual dificulta aun más su transporte, y hace peligrosa su manipulación para las personas, pues el constante esfuerzo que se debe realizar para poder levantar este peso puede ocasionar fácilmente a corto plazo la aparición de fatiga y a largo plazo lesiones muscoesqueléticas en los brazos, hombros, manos y espalda donde incluso se pueden presentar fracturas por el sobreesfuerzo.

Aunque existen accesorios vendidos por empresas extranjeras que facilitan un poco estos procesos, el costo de estos y que la mayoría de las veces no satisfacen los requerimientos del contexto colombiano (Por ejemplo: ruedas muy pequeñas para superficies no lisas como pisos de establos o fincas hechos en piedra) hacen que no sean una opción válida para la compañía Distrisemen Ltda. Por esta razón este proyecto representa una gran oportunidad para el diseño, innovación e incluso factibilidad de negocio, si se tiene en cuenta que en solo Medellín existen otras cinco empresas más, distribuidoras de semen.

De esta manera se pretende, aprovechando el apoyo de la empresa y los conocimientos y herramientas aprendidos en la carrera, aportar al desarrollo de un sector poco trabajado en Colombia, por los costos que implica traer la tecnología del exterior, siendo congruentes con la exigencia que debe tener un proyecto de grado realizado por un Ingeniero de Diseño de la universidad Eafit.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y desarrollar un sistema para el transporte y manipulación de termos criogénicos usados en la inseminación artificial, partiendo de la identificación de las necesidades y requerimientos existentes en la empresa Distrisemen Ltda. con el fin de hacerlo más eficiente y seguro.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las necesidades, requerimientos y deseos existentes en la empresa Distrisemen Ltda. para el transporte, carga / descarga y traslado de los termos criogénicos que posee.
- Aplicar una metodología de diseño que permita evaluar y generar soluciones reales y justificables a los problemas de transporte de termos en la empresa Distrisemen Ltda.
- Seleccionar las soluciones más viables para los diferentes problemas de traslado y manipulación de los termos en la empresa Distrisemen Ltda.
- Desarrollar modelos experimentales de la solución propuesta para el mejoramiento del traslado de los termos de un sitio a otro, que permitan la realización de pruebas funcionales para evaluar su comportamiento.
- Analizar los diferentes resultados obtenidos en cada una de las pruebas realizadas en los modelos experimentales, para identificar las posibles mejoras al producto final.

- Implementar los cambios que sean necesarios para el mejoramiento del producto según los resultados obtenidos en la etapa de pruebas.(rediseño)
- Realizar el modelo funcional de la solución propuesta para el mejoramiento del traslado de los termos criogénicos de un lugar a otro.

CAPITULO 2.

MARCO TEÓRICO

2.1. ¿QUÉ ES LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL?

La inseminación artificial (IA) puede definirse como la técnica a través de la cual se extrae semen de un macho y se conserva, para posteriormente llevarlo hasta el óvulo dentro del aparato reproductor de la hembra (útero), con el fin de fecundarlo en el momento adecuado.

2.2. HISTORIA

Es muy difícil conocer donde o cuando surgió por primera vez la I.A, no obstante existen documentos y textos que hablan de experimentos hechos en Italia alrededor del año de 1780, donde el científico Lazzaro Spallanzani (1729-1799) logró inseminar una perra obteniendo la primera camada de cachorros caninos.

Existen también algunos reportes no documentados, los cuales indican que a finales del siglo XIX y principios del XX los árabes emplearon también la técnica de inseminación artificial inicialmente en caballos y posteriormente a partir del año 1920 en ganado vacuno y ovino.

Otros reportes hablan de Rusia como uno de los países precursores en esta técnica, más específicamente el profesor Elias Ivanov quien a principios del siglo XX se dedicó a su investigación y desarrollo, marcando las pautas de la I.A en el mundo.

Sin embargo solo hasta 1937 la técnica de I.A se empezó a practicar de forma comercial, comenzando en los Estados Unidos, en los estados de Minnesota y Wisconsin, donde se crearon las primeras organizaciones de I.A Norteamericanas: La New Jersey Holstein Breeders Cooperative Association en 1938 y tres años más tarde la organización Vernon County Breeders. Esto amplió y fomentó el desarrollo de esta nueva técnica en todo Norteamérica llevando a Estados Unidos a ser hoy en día el mayor exportador de semen congelado en todo el mundo.

Se dieron tres descubrimientos fundamentales que permitieron la difusión y aceptación de la I.A alrededor del mundo, la primera fue el desarrollo en 1942 por la escuela americana, de un diluyente a base de citrato de sodio y yema de huevo, que permitió mantener el semen durante 72 horas entre 2 y 5°C con el uso de hielo y conservadores de poliestireno expandido evitando que este se dañara.

Diez años más tarde en 1952 ya no en los Estados Unidos sino en Inglaterra se dio el segundo hecho que ayudaría a darle el empujón final para su expansión a la I.A, los ingleses mediante la experimentación con adición de glicerol se dieron cuenta que este protegía el semen a bajas temperaturas, lo que permitía almacenarlo con vida indefinidamente sin alterar su capacidad de fecundación; finalmente fue en Francia donde el científico Cassou ideó el método de conservación actual, basado en leche en polvo descremada, la cual es el elemento base del diluyente empleado para la congelación del semen en las pajillas en las cuales se empaca actualmente, las cuales vienen en dos tamaños: de 0.55 c.c o 0.25 c.c .

En cuanto al almacenaje y congelación del semen, inicialmente era realizada en recipientes térmicos de vidrio, utilizando como refrigerante alcohol etílico y hielo seco que permitían mantener el semen a temperaturas de hasta -72°C, posteriormente con la inclusión del nitrógeno líquido y el desarrollo de nuevos

recipientes se llegó a la forma como hoy es almacenado, en tanques y termos que permiten preservar el semen por períodos largos de tiempo sin que este sufra ningún tipo de daño a una temperatura de -196°C mediante una técnica conocida como criopreservación.

Aunque desde los años 50's la I.A ya poseía un cierto desarrollo en el mundo no fue sino hasta la década de los 60 y mas en los 70 que esta se introdujo en Colombia y se empezó a implementar en su ganadería, sin embargo su crecimiento ha sido muy lento y solo hasta los últimos años se ha empezado a crear una conciencia de las ventajas reales que tiene esta práctica.

Una de las ventajas más importantes tienen relación con el mejoramiento del hato (rebaño de ganado), ya que las compañías congeladoras y distribuidoras de semen utilizan los mejores toros, los cuales deben pasar estrictas pruebas para probar su superioridad genética antes de ser utilizados comercialmente, teniendo en cuenta esto ningún ganadero común tendría la posibilidad de producir un toro de estas características o su mantenimiento le representaría unos costos muy altos; y si a esto se le suma que debido a la importancia que hoy tiene la I.A en el mundo cada vez existe un mayor y mejor número de toros entre los cuales escoger, la idea de tener solo unos pocos es cada vez menos atrayente.

Otra de las razones más importantes tiene que ver con los costos, no solo económicos sino también genéticos, debido a que los toros de monta generalmente no son probados lo que significa un riesgo para el ganadero y su inversión, pues con toros probados se pueden mejorar aspectos muy importantes como la facilidad de parto, habilidad materna, conformación de las ubres, calidad de la leche, entre otras, con costos muy inferiores a los que significaría tener un toro de monta natural.

Además de las dos razones ya mencionadas existe otra que está relacionada con la transmisión de enfermedades y que representa otro de los grandes beneficios que se pueden obtener con el uso de la I.A, pues esta reduce al máximo el riesgo de introducir una enfermedad reproductiva ya que las casas que distribuyen semen alrededor del mundo son certificadas y en cada país existen asociaciones encargadas de asegurar precisamente la producción de semen de toros libres de enfermedades.

2.3. CRIOPRESERVACIÓN

La criopreservación es el proceso mediante el cual las células, tejidos u otro tipo de material biológico son preservados indefinidamente (existen reportes de embarazos con muestras de semen almacenados por 15 años) congelándolos a temperaturas inferiores a $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esto, permite disminuir las funciones vitales de cualquier célula u organismo y mantener tanto el aspecto macroscópico como molecular del material biológico sin que sufra ningún tipo de daño.

La temperatura tiene que estar por debajo de $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$, pues esta permite que el agua sea removida, deteniendo la actividad biológica y las reacciones de degradación, además a esta temperatura la energía cinética molecular es baja y la difusión es prácticamente nula, lo que favorece la preservación de los tejidos o células sin que se deterioren.

Debido a que el congelamiento en si mismo puede afectar las muestras por quemaduras o incluso matarlas, es necesario el uso de ciertas sustancias en el proceso, estas son conocidas como criopreservantes y su principal función es impedir por interacción molecular con el agua, la labor destructiva del congelamiento. En el campo de los criopreservantes se han estudiado una gran variedad de productos los cuales son usados según el tipo de muestra que se va a trabajar; no obstante la diferencia entre estos se encuentra básicamente en su

capacidad para penetrar los tejidos con una mayor o menor velocidad, el grado de protección al cristal de hielo que le suministran al material biológico y la toxicidad que tienen sobre las células vivas; entre los criopreservantes más utilizados se encuentra el Di Metil Sulfoxido (DMSO).

La toxicidad es entonces una de las mayores dificultades que se presentan con los criopreservantes debido a que las concentraciones en que son usados son en su mayoría tóxicas para los tejidos o muestras biológicas a temperatura ambiente, por este motivo el proceso de congelamiento debe seguir ciertos parámetros y manejar muy bien los rangos de temperatura y sus variaciones, esto debe ocurrir también en el proceso de descongelamiento, donde previo al uso del material, este debe someterse a un lavado que permita la eliminación total del criopreservante, evitando sus efectos tóxicos. En el caso específico del semen destinado a la inseminación artificial los diluyentes usados no son tóxicos, por lo cual no se requiere ningún proceso posterior al descongelamiento antes de usarlo.

Las funciones principales de los criopreservantes, para el congelamiento del semen además de brindarle protección en el proceso de congelación, son las de aumentar el volúmen para poder sacar un número mayor de pajillas, aumentando el número de posibles inseminaciones, y evitar que en el semen se propaguen enfermedades, esto se logra añadiéndole antibióticos a los diferentes criopreservantes.

Las temperaturas criogénicas pueden ser alcanzadas y mantenidas mediante dos tipos de refrigeración: la mecánica o con el uso del Nitrógeno líquido (LN2), la primera es conocida como la de congeladores auto-cascada y se basa en un sistema de refrigeración que gracias a un compresor orbital y una mezcla de varios refrigerantes es capaz de alcanzar y sostener temperaturas de -130 °C, su principal diferencia con aquellos sistemas que usan nitrógeno líquido (ver Fig. 1), es que los elementos de enfriamiento de los congeladores criogénicos rodean toda

la cámara y quitan el calor en toda su extensión, en cambio aquellos que emplean nitrógeno líquido dependen de la evaporación de este para enfriar el resto del contenedor, sobre todo cuando no se encuentra completamente lleno. En otras palabras la principal diferencia entre los dos sistemas es que el mecánico genera un ambiente mucho mas uniforme que aquel que se logra con el uso del nitrógeno líquido.



Fig. 1 Sistemas de refrigeración a base de nitrógeno líquido diseñado para almacenaje de muestras en laboratorios, ofrecido por la empresa MVE.

Para el almacenamiento del semen se emplea el sistema de refrigeración por nitrógeno líquido en termos diseñados para tal fin, y aunque es importante que el semen se encuentre siempre a una temperatura inferior a $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$, gracias a que el nitrógeno permite una temperatura de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, desde que el termo o tanque donde se almacena el semen se mantenga con una cantidad de líquido suficiente, este será capaz de asegurar que la temperatura no disminuya por debajo de este rango para que el semen no sufra ningún daño.

2.4. EQUIPO PARA LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

Para llevar a cabo la técnica de inseminación artificial es necesario un equipo básico compuesto por:

- Termo descongelador: Se usa para descongelar las pajillas de semen y mantenerlas a la temperatura necesaria al momento de realizar la inseminación (aprox. 30 °C), se debe realizar este descongelamiento brusco para evitar que la etapa de cristalización de los líquidos afecte los espermatozoides y disminuya su capacidad de fecundación.
- Pinzas: Se usan para sacar y manipular las pajillas para evitar tocarlas con las manos y estas puedan verse afectadas.
- Corta pajillas: Se usa para cortar uno de los extremos de la pajilla en el momento en que se va a llevar a cabo la inseminación.
- Guantes desechables de plástico para palpación.
- Termómetro: Permite controlar la temperatura del agua donde se descongela la pajilla, la cual no debe superar los 35 °C.
- Fundas para inseminación: Son fundas plásticas desechables que se usan para cubrir la pistola de inseminación y hacer mas aséptico el proceso.
- Toallas de papel higiénico: Son usadas para secar las pajillas luego de sacarlas del termo descongelador.
- Termo criogénico: Es el termo donde se almacena el semen congelado por medio del nitrógeno líquido.
- Pistola: la pistola es el elemento que se emplea para realizar la inseminación, su constitución es similar al que presenta una jeringa hipodérmica. Existen básicamente tres tipos de pistola: la Universal, la convencional y la pistola en espiral, todas pueden ser usadas bien sea con pajillas de 0.55 c.c ó 0.25 c.c.

Existen variaciones en cuanto a las formas y características de cada uno de los elementos mencionados según sus fabricantes, e incluso existen otros aditamentos y accesorios que facilitan y hacen más seguro y aséptico el proceso.

Todo este equipo es distribuido por la empresa Distrisemen Ltda. Sin embargo existe un elemento muy importante y que es parte fundamental de este trabajo de grado, se trata del termo criogénico usado para el transporte y almacenamiento de las pajillas, a continuación se pretende explicar con detalle cada uno de los factores alrededor de este y que hacen parte de la base para el desarrollo de este proyecto. Para tener un poco más de claridad sobre varios de los factores relacionados con el tanque, primero se dará una breve explicación del gas conocido como nitrógeno líquido y gracias al cual el termo logra mantener el semen congelado sin que este se dañe.

2.5. EL NITROGENO LÍQUIDO (NL2)

El nitrógeno es un gas inerte que está contenido en la atmósfera. Es incoloro e inodoro y a la misma temperatura es más liviano que el aire. Como principales características tiene las de ser un gas estable, no tóxico y no inflamable y que al evaporarse forma una columna blanca debido a la condensación de la humedad del ambiente, además se destaca que por cada litro de NL2 evaporado se produce 680 litros de nitrógeno gaseoso, esto es importante tenerlo en cuenta pues debido a esto uno de los principales peligros de este gas es que puede producir mareos y somnolencia e incluso asfixia por desplazamiento del oxígeno del aire.

Otro de los peligros a los que se puede ver expuesta una persona con su manipulación tiene que ver con el congelamiento de la piel (ya que el gas en estado líquido se encuentra a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) lo que produce quemaduras criogénicas, y aunque inicialmente no hay dolor, en el momento en que se descongela la piel es muy doloroso y propenso a las infecciones.

Para la prevención de accidentes con nitrógeno líquido se recomiendan los siguientes aspectos:

- Cuando se trabaja con nitrógeno líquido es muy importante tener una ventilación adecuada o hacerlo en un espacio abierto y los tanques que contienen el gas no deben transportarse en compartimientos cerrados como maletas de carros, además siempre deben llevarse en posición vertical para evitar derrames del líquido.
- Para la manipulación correcta del nitrógeno es necesario utilizar los elementos adecuados para tal fin como guantes, embudos, protectores en los ojos y ropa especial que proteja aquellas zonas como brazos y piernas de salpicaduras que puedan causar quemaduras criogénicas.
- Es importante no tocar con las manos elementos que estén en contacto con el nitrógeno sin la indumentaria adecuada pues se pueden pegar a la piel y causar quemaduras importantes, en caso de estas lo primero que se debe hacer es quitar cualquier ropa de la zona afectada que pueda reducir la circulación, y luego bañar con agua tibia (no debe superar los 40°C) la zona afectada mientras se le da a la persona la debida atención médica.
- En caso de asfixia lo primordial es sacar del lugar a la persona afectada hacia una zona abierta, y buscar atención médica inmediata.

2.6. EL TERMO CRIOGÉNICO

El termo o tanque empleado para el transporte y almacenamiento del semen congelado es vital en el proceso de la I.A, pues gracias a este y con la ayuda del nitrógeno líquido es posible mantener el semen congelado por tiempo indefinido sin que sufra ninguna alteración y disminuya su poder de fecundación.



Fig. 2 Línea de termos XC y accesorios para el almacenamiento y manipulación de semen para la inseminación artificial ofrecida por la empresa MVE.

Este termo está basado al igual que las botellas y recipientes que se usan normalmente para mantener el café u otras bebidas calientes en el invento del físico y científico Británico sir James Dewar, por el cual en sus inicios se conoció precisamente como el “frasco de Dewar”.

Inicialmente el diseño surgió a partir de los descubrimientos del físico italiano Evangelista Torricelli quien descubrió las propiedades aislantes del vacío, Dewar aprovechando estos conocimientos empezó a experimentar para poder encontrar un material térmicamente no conductor que permitiera lograr un cierre hermético para mantener el vacío una vez conseguido.

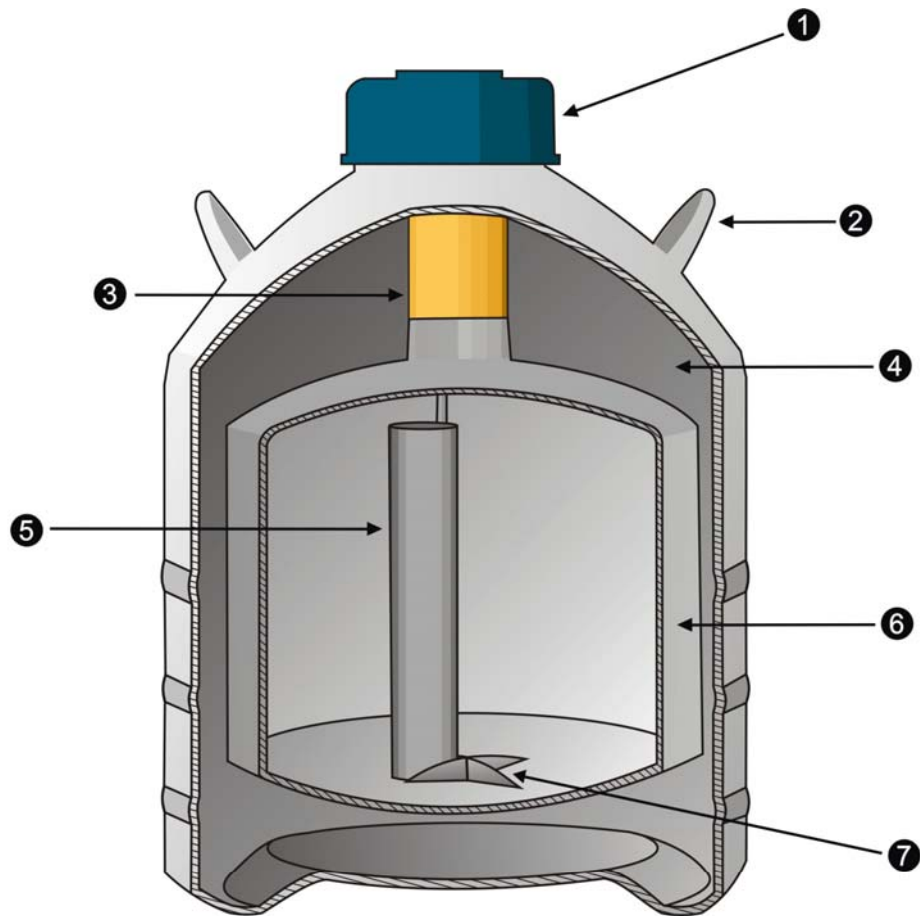
Para el año de 1892 logró construir un recipiente fabricado con cristal en el cual se creaba un vacío entre las paredes interior y exterior. Y para mejorar aun más la eficiencia de este primer termo recubrió con plata la pared interior de cristal con el fin de reducir la transferencia de calor generada por la radiación.

Inicialmente el termo fue un aparato de uso científico, principalmente usado para guardar vacunas y sueros a temperaturas estables; hasta que en el siglo XX se empezó a explotar también para otros usos menos especializados después de que Reinhold Burguer quien era soplador profesional y el encargado de la fabricación de los frascos para Dewar al ver el potencial de este nuevo invento decidió crear una versión para el hogar agregándole una protección metálica que le brindara una mayor resistencia, este nuevo producto fue patentado por el mismo Burguer quien fue además el que le dio su nombre de termo, proveniente de la palabra griega thermos que quiere decir “calor”.

2.6.1. ESTRUCTURA Y PARTES DEL TERMO CRIOGÉNICO

En la actualidad los desarrollos y avances en el diseño y construcción de tanques y otros sistemas criogénicos es cada vez mayor, la creciente necesidad y demanda de productos que permitan preservar material biológico como células y tejidos sin que se vea alterada su integridad para realizar experimentos o investigaciones científicas, han llevado a que estos sean cada vez mas seguros y eficientes y que las empresas que los fabriquen ofrezcan productos cada vez mas especializados e innovadores.

Aunque actualmente la oferta de termos es realmente significativa a nivel mundial y se pueden encontrar de muchos tamaños y formas, los principios de diseño y funcionamiento son los mismos, el tanque usado en la inseminación artificial está básicamente compuesto por dos contenedores uno dentro del otro entre los cuales existe un espacio vacío, la parte interior es una pieza vaciada y extruída que carece de soldaduras para permitir una temperatura mas uniforme y su fabricación es de una aleación especial para soportar las temperaturas extremas, en cuanto a la parte exterior esta debe resistir las oscilaciones térmicas ambientales.



- | | |
|----------|-----------------------------|
| ① Tapa | ⑤ Canastillas |
| ② Asas | ⑥ Tanque de nitrógeno |
| ③ Cuello | ⑦ Posicionadores interiores |
| ④ Vacío | |

Fig. 3. Corte esquemático de un termo criogénico usado para el almacenamiento de semen en la inseminación artificial.

El recipiente donde se encuentra el nitrógeno líquido está conectado de la pared exterior por el cuello de este (ver Fig. 3), este punto es tal vez el más crítico y frágil del termo ya que dicha unión es una soldadura no metálica, por lo que un



Fig. 4 Tapas de dos tamaños y referencias de termos diferentes fabricadas en tecnopor

movimiento brusco o golpe puede ocasionar una fractura y producir que se pierda el vacío y por ende la capacidad del termo de mantener el semen congelado.

El termo consta además de un tapón o tapa fabricada con materiales aislantes tales como tecnopor, corcho o plástico; Esta evita que el nitrógeno líquido se evapore rápido. Sin embargo también debe permitir que éste tenga una vía de escape para que la presión dentro del termo no aumente de forma peligrosa y lo dañe o ocasione un accidente grave por derramamiento del líquido. La tapa tiene un diseño especial con surcos (ver Fig. 4) que permiten alojar los brazos de las canastillas, estas son los elementos en los cuales se almacenan las pajillas que contienen el semen, están compuestas por un cilindro de una aleación metálica y su tamaño varía dependiendo del termo y el tamaño de su cuello. Estas canastillas deben tener un segmento aislante en los brazos (ver Fig. 5) para evitar que haya continuidad metálica y se aumente el gasto de nitrógeno del termo.

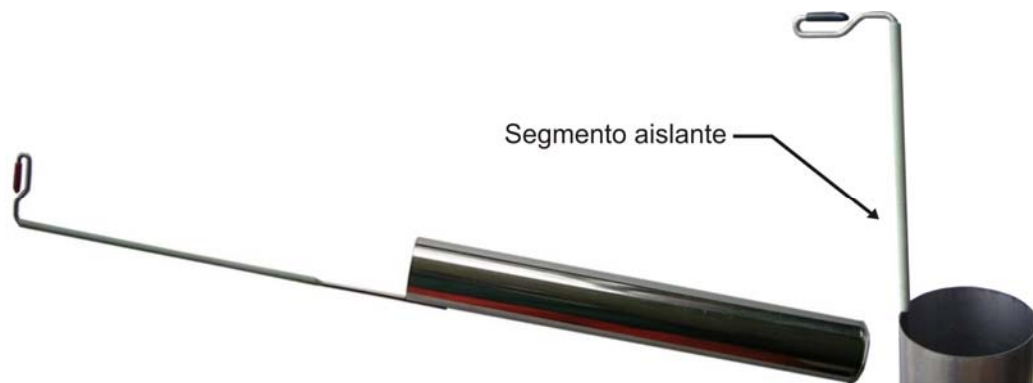


Fig. 5 Canastillas donde se almacena el semen dentro de los termos criogénicos.

Las canastillas van enganchadas al cuello del termo (ver Fig. 6), y una guía en el fondo del compartimiento interior en forma de estrella es la encargada de asegurarlas.

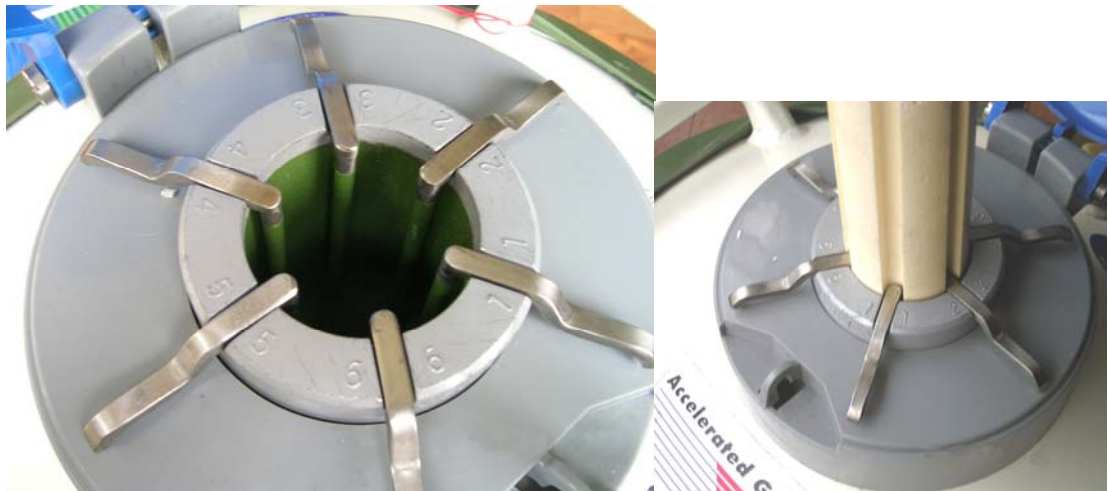


Fig. 6 Detalle de la boca del termo y forma en que son enganchadas las canastillas.

El semen es empacado en pequeños pitillos plásticos, conocidos como pajillas, que vienen en dos tamaños, de 0.55 c.c o 0.25 c.c y son marcadas con el código del toro, su número de registro y su nombre, además de fecha en que fue colectado. La impresión se realiza con impresoras de tinta "ink jet" especiales que aseguran que la información no se borre fácil.



Fig. 7 Imagen de las pajillas de 0.55 c.c .

Las pajillas por lo general son almacenadas dentro de las canastillas en pequeños tubos de plásticos conocidos como “goblets” con capacidad para cinco pajillas, estos a su vez son empacados en unos bastones de aluminio comúnmente llamados escalerillas, con capacidad para dos “goblets” (ver Fig. 8), estos bastones llevan marcado el código o nombre del toro en una pequeña aleta de colores variados que permiten identificar el semen requerido sin tener que sacar la pajilla.

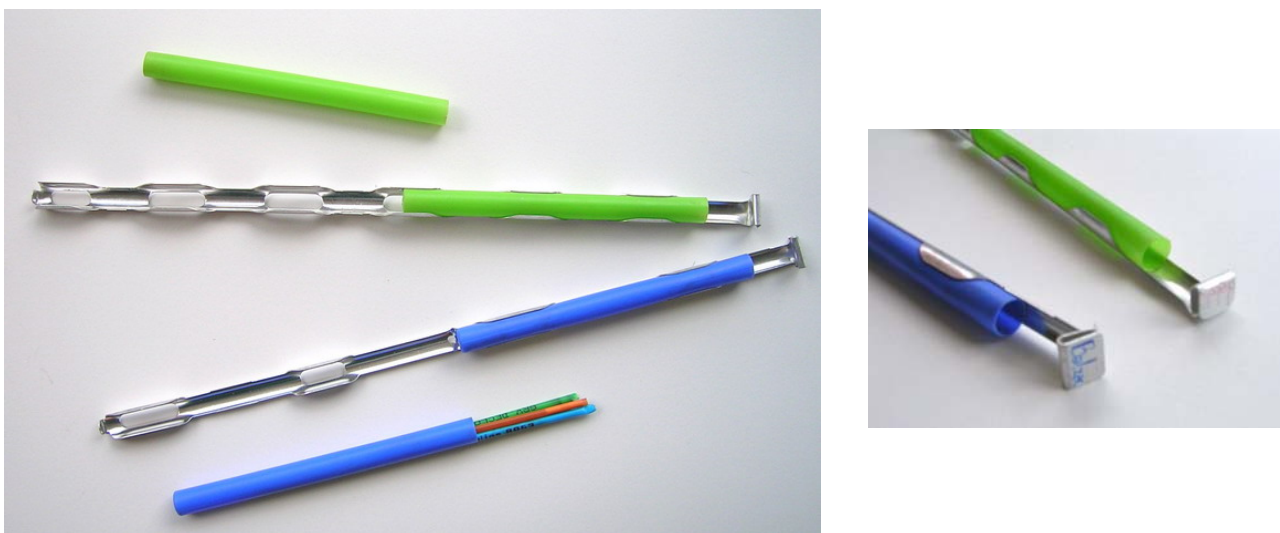


Fig. 8 Imágenes de los bastones o escalerillas en las cuales van los goblets donde se almacenan las pajillas de semen.

Las pajillas de semen también pueden ser guardadas a granel (ver Fig. 9), esto se realiza en tubos o “globets” plásticos más grandes, prácticamente del diámetro de las canastillas, estos van en un soporte especial metálico que permite sacarlos fácilmente, aunque esta forma permite el almacenamiento de mucho mas semen duplicando incluso la capacidad del termo, no es la mas usada ni recomendada cuando se maneja semen de diferentes toros ya que hace más difícil su identificación y manipulación, pues obliga a sacar la pajilla totalmente del termo para observar a que toro pertenece, corriendo el riesgo de que este se dañe más fácilmente por los choques de temperatura.

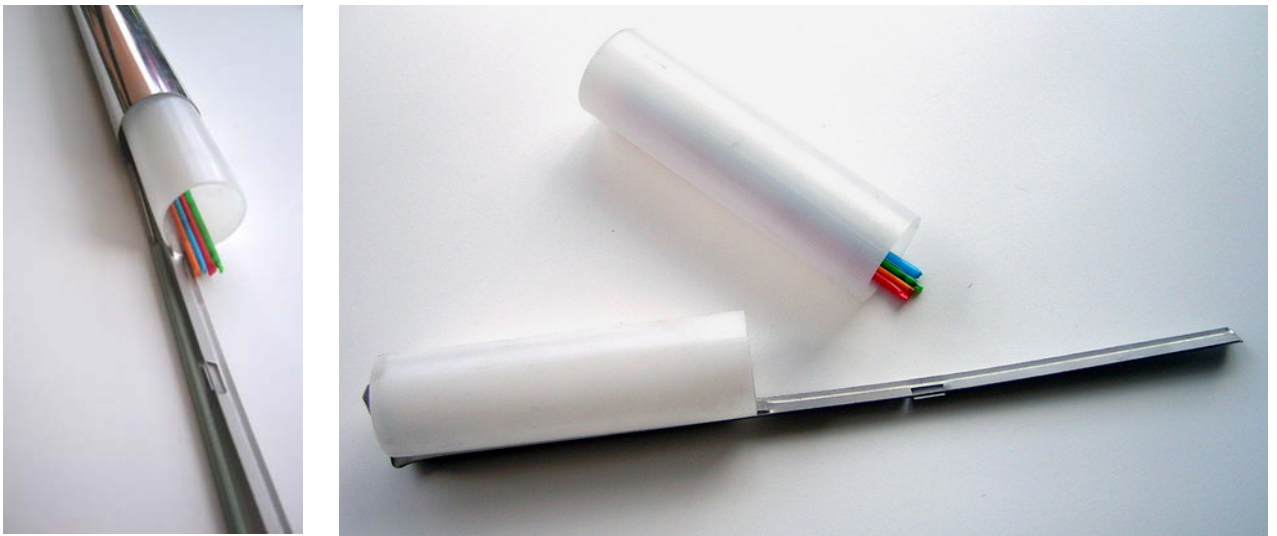


Fig. 9 Tubos o “globets” donde se empacan las pajillas de semen a granel.

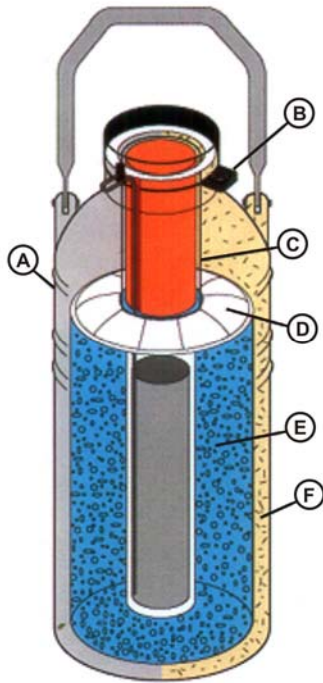
2.7. TIPOS DE TERMOS Y FABRICANTES

En el mercado de tanques y sistemas criogénicos existen varias marcas a nivel mundial que poseen líneas especialmente diseñadas para el transporte y almacenamiento de semen para la inseminación artificial de ganado bovino, tal vez las mas importantes y reconocidas no solo en Colombia sino a nivel mundial son TAYLOR-WHARTON y MVE las cuales cuentan con distribuidores exclusivos

en varios países y ofrecen líneas de termos según los requerimientos de cada cliente; existen otras empresas menos reconocidas como la norteamericana INTERNATIONAL CRYOGENICS o la china SHAGKO.

Todas estas empresas fabrican una gran variedad de termos cada uno con unas características específicas buscando satisfacer las necesidades del medio, básicamente los termos que fabrican pueden dividirse en cuatro categorías:

- Termos con poca capacidad de almacenamiento de semen y bajo consumo de nitrógeno líquido: Estos son termos pequeños que poseen una boca estrecha y sus canastillas son de poca capacidad, se caracterizan porque los fabricantes les añaden las siglas SC (small Capacity) y XT (extended time) a sus referencias.
- Termos de alta capacidad de almacenamiento y consumo mas elevado de nitrógeno: Son termos diseñados especialmente para almacenar grandes cantidades de semen por lo cual cuentan con bocas mucho mas amplias y canastillas mas grandes y de mayor capacidad, este tipo de termos va acompañado de las siglas XC (Extended capacity) o HC (High Capacity).
- Termos especiales para envío de semen: estos termos poseen un diseño particular, pues llevan el nitrógeno absorbido por una espuma higroscópica para evitar que hayan riesgos de derrame de este en su transporte (ver Fig. 10), estos son conocidos generalmente como “Dry Shippers” o “Vapor Shippers”, otra de sus principales características consiste en que posee una sola canastilla de tamaño medio y generalmente en su referencia lleva las siglas SC o CX, el gran inconveniente de estos termos además de ser los mas costosos, es que no permiten reenvasar el nitrógeno líquido por lo cual no es útil para recargar otros termos.
- Termos únicamente para almacenaje de nitrógeno líquido: estos son termos que por lo general son de boca muy estrecha y no poseen canastillas, lo



- Ⓐ Tanque en aluminio para reducir su peso.
- Ⓑ Chapa de seguridad para ofrecer mayor seguridad en su transporte.
- Ⓒ Cuello del termo.
- Ⓓ Sistema de retención química del vacío, que incrementa la vida útil del termo.
- Ⓔ Absorbente higroscópico para evitar derrames del nitrógeno líquido.
- Ⓕ Vacío

Fig. 10. Corte esquemático de los termos criogénico tipo “Dry Shippers” ofrecidos por la marca MVE, en este gráfico se pueden apreciar las diferencias básicas respecto a los usados para el almacenamiento del semen, como el absorbente para evitar derrames de LN2 y el hecho de que posee una sola canastilla

que los hace de alto grado de eficiencia en cuanto a consumo de NL2, generalmente este tipo de termos son reconocidos por la sigla LAB.

Para tener una idea básica de las características de los diferentes termos que se ofrecen en el mercado las tablas 1,2,3,4,5 y 6 presentan varias referencias de termos de las dos marcas mas conocidas y usadas en Colombia: TAYLOR-WHARTON y MVE. Entre estos termos se encuentran unos diseñados para almacenaje principalmente y los otros pensados más para su transporte. Estas tablas son con el fin de tener una idea más clara sobre sus diferentes características y los usos y aplicaciones que pueden tener.

Tal vez las diferencias más grandes en los diferentes tipos de termos se encuentran en el tiempo o número de días que pueden mantener el nitrógeno líquido sin que éste se evapore completamente y el termo pierda su capacidad de refrigeración. En este sentido los termos diseñados principalmente para el transporte y que son conocidos como “Dry Shippers” o “Vapor Shippers”, son los que más consumen nitrógeno, debido a que por lo general poseen bocas muy anchas lo que ocasiona una evaporación mas rápida del nitrógeno, y su capacidad de almacenamiento en litros es baja (entre 3 y 7 litros generalmente), esto con el fin de hacerlo mas ligero y fácil de transportar.


Este tipo de tanques también tienen la característica de ser bastante costosos, lo que sumado a su capacidad de transporte relativamente baja (entre 120 y 300 pajillas organizadas en escalerillas) y a el hecho de que no se pueda reutilizar el nitrógeno para reenvasarlo en otro termo los convierte en termos poco apetecibles en el mercado colombiano.

En consumo de nitrógeno los termos ideales son los de referencias SC y XT, cuya duración sobrepasa los 140 días llegando incluso a 224 días en los más económicos, esta razón sumada a que tienen una buena capacidad de almacenamiento de semen pudiendo guardar hasta 1200 pajillas a granel (referencias como la SC 20-20 y SC 36-32 de la marca MVE o la XT 20 y XT 34 de la marca TAYLOR-WHARTON tienen esta capacidad) y que sus costos no son muy altos, los hace termos muy apetecidos en Colombia especialmente para trabajo en la finca, pues son usados como termo de transporte reemplazando a los “Dry Shippers” o “Vapor Shippers”. El inconveniente con estos termos es su peso pues este oscila entre los 25 y 35 Kg. cuando están llenos de nitrógeno dificultando su carga y traslado, o corriendo el riesgo de generar un accidente por derrame del líquido o lesión en la persona que debe manipularlo.

Los termos de referencias XC, HC y VHC, son utilizados principalmente para el almacenaje de semen por su capacidad (hasta 12.000 pajillas a granel en el XC 47–11), y además porque su tamaño y peso (entre 40 y 70 kg) los hace muy difíciles de manipular y el riesgo de pérdida de todo el material que guarda se incrementa.

En resumen existen en el medio una gran variedad de termos entre los cuales se puede escoger, dependiendo de las necesidades específicas que tenga cada organización, pues dependiendo de éstas habrá más eficiencia en el proceso y los costos de mantenimiento no terminarán siendo muy altos, afectando el bolsillo del finquero ó de su organización. Por ejemplo, por economía una persona puede pensar que es mas conveniente tener uno o varios termos de bajo consumo de nitrógeno de referencia XT o SC, que uno de referencia XC o HC, sin embargo lo que realmente cuenta es el costo de almacenamiento de las dosis al año, por lo cual aunque estos tengan menor consumo de LN2, como su capacidad también es mucho menor, para el almacenaje de grandes cantidades de semen el gasto final por dosis del nitrógeno seguro aumentará y será superior que si se tuviera un termo de gran capacidad como los XC o HC.

	REFERENCIAS			
	XC 34-18	XC 47/11-10	XC 43/28	XC 33/22
Duración días	123	76	193	154
No. pajillas 0.5 c.c *	2100	3500	1260	1260
Diametro del cuello (cm)	9	12.7	7	7
Capacidad (litros)	34.8	47.4	42.2	33.4
Tasa de evaporacion de Ln2 (L/dia)	0.18	0.39	0.14	0.14
Peso (cargado de LN2)(Kg)	44	54.6	50	42.6
Precio aprox. \$US	825	1125	975	815



The image shows four white liquid nitrogen dewars with black caps and handles. From left to right, they are labeled: MVEXC34/18, MVEXC 47/11-10, MVEXC 43/28, and MVEXC 33/22. The dewar with the open cap (XC 43/28) shows the internal structure.

TABLA 1. Termos tipo XC marca MVE para almacenaje de grandes cantidades de semen

* Estos valores son con las pajillas organizadas en escalerillas, su capacidad de almacenaje a granel es superior

	REFERENCIAS			
	SC 20/20	SC 36/32	Millennium SC	SC 33/26
Duración días	142	224	140	182
No. pajillas 0.5 c.c *	540	540	540	540
Diametro del cuello (cm)	5	5	5.5	5
Capacidad (litros)	20.5	36.5	20.5	33
Tasa de evaporacion de Ln2 (L/dia)	0.09	0.10	0.095	0.13
Peso (cargado de LN2)(Kg)	28.3	45.3	27	42.3
Precio aprox. \$US	695	836	510	799

TABLA 2. Termos tipo SC marca MVE para almacenaje de semen

* Estos valores son con las pajillas organizadas en escalerillas, su capacidad de almacenaje a granel es superior

	REFERENCIAS			
	SC 3/3	SC 4/2 Vapor SHIPPER	SC 4/3 Vapor SHIPPER	SC 11/7
Duración días	19	14	21	46
No. pajillas 0.5 c.c *	720	280	120	540
Diametro del cuello (cm)	5	7	5	5
Capacidad (litros)	3.6	3.6	4.3	11
Tasa de evaporacion de Ln2 (L/dia)	0.12	0.26	0.20	0.15
Peso (cargado de LN2)(Kg)	6.5	8.1	9	16.6
Precio aprox. \$US	570	717	717	645










TABLA 3. Termos tipo SC y SC Vapor Shipper marca MVE para envios de semen principalmente

* Estos valores son con las pajillas organizadas en escalerillas, su capacidad de almacenaje a granel es superior

	REFERENCIAS		
	HC20	HC34	VHC35
Duración días	54	125	81
No. pajillas 0.5 c.c *	2280	2280	3600
Diametro del cuello (cm)	9.1	9.1	11.9
Capacidad (litros)	20	34	35
Tasa de evaporacion de Ln2 (L/dia)	0.23	0.17	0.27
Peso (cargado de LN2)(Kg)	25	43	45.4
Precio aprox. \$US	957	1040	1100








TABLA 4. Termos tipo HC y VHC marca Taylor-Wharton para almacenaje de grandes cantidades de semen

* Estos valores son con las pajillas organizadas en escalerillas, su capacidad de almacenaje a granel es superior

	REFERENCIAS		
	CX100 Dry Shippers	CX500 Dry Shippers	XTL3
Duración días	17	7	17
No. pajillas 0.5 c.c *	280	N/A	N/A
Diametro del cuello (cm)	7	21.5	5
Capacidad (litros)	5.4	18	3
Tasa de evaporacion de Ln2 (L/dia)	0.18	0.6	0.11
Peso (cargado de LN2)(Kg)	8.8	18.7	5.6
Precio aprox. \$US	847	1,984	712








TABLA 5. Termos tipo CX Dry Shippers y XTL marca Taylor-Wharton para envios de semen principalmente.

* Estos valores son con las pajillas organizadas en escalerillas, su capacidad de almacenaje a granel es superior

	REFERENCIAS		
	XT10	XT20	XT34
Duración días	62	140	212
No. pajillas 0.5 c.c *	N/A	540	540
Diametro del cuello (cm)	5	5	5
Capacidad (litros)	10	20.7	34
Tasa de evaporacion de Ln2 (L/dia)	0.10	0.09	0.10
Peso (cargado de LN2)(Kg)	23.3	28.4	43.2
Precio aprox. \$US	768	861	1,025








TABLA 6. Termos tipo XT marca Taylor-Wharton para almacenaje de semen.

* Estos valores son con las pajillas organizadas en escalerillas, su capacidad de almacenaje a granel es superior

Para facilitar la manipulación de los termos y hacer más seguro su uso, todas estas marcas ofrecen accesorios para estos, entre los más comunes se encuentran mangueras para el paso del LN2 de un termo a otro, muy útil por ejemplo si se tiene un termo “madre” en la finca que no se desea mover y es necesario llevar el nitrógeno hasta este. Estas mangueras generalmente vienen con dispositivos mecánicos o automáticos que facilitan bombear el líquido de un recipiente a otro. (Ver figuras 11 y 12).



Fig. 11 Mangueras y dispositivos de transferencia de nitrógeno ofrecidos por la empresa TAYLOR-WHARTON. (Imágenes tomadas de la Pág. Web <http://www.edewar.com/>)

El principal problema de este tipo de accesorios es que por lo general son solo adaptables a algunas de las referencias de termos y no funcionan con tanques de otras marcas.



Fig. 12 Mangueras y dispositivos de transferencia de nitrógeno ofrecidos por la empresa china SHANGKO. (Imágenes tomadas del Catálogo de Termos y accesorios de Shangko, 2005)

Además de mangueras y otros dispositivos para transferencia del nitrógeno, las diferentes marcas ofrecen bases para facilitar el traslado de los termos, estas vienen para las diferentes referencias, aunque algunas son adaptables a varios tamaños. (Ver figuras 13 y 14)



Fig. 13. Bases para termos ofrecidos por la empresa TAYLOR-WHARTON. (Imágenes tomadas de la Pág. Web <http://www.edewar.com/>)



Fig. 14. Base para termos ofrecidos por la empresa MVE. (Imágenes tomadas de la Pág. Web www.goodecattle.com/MVE.htm)

Otro accesorio muy útil que ofrecen las diferentes marcas son las cajas o “guacales” para facilitar el envío de termos, estos vienen exclusivamente para tanques del tipo “Dry Shippers” o “Vapor Shippers”, sin embargo pueden acondicionarse también para algunas referencias de termos pequeños. Estas cajas son fabricados en materiales plásticos muy resistentes y están forradas interiormente con una espuma especial que absorbe los golpes y protege el tanque.



Fig. 15 Cajas para el envío de termos tipo “Dry Shippers” de la empresa MVE. (Imágenes tomadas de la Pág. Web www.goodecattle.com/MVE.htm)



Fig. 16 Cajas para el envío de termos tipo “Vapor Shippers” de la empresa TAYLOR-WHARTON. (Imágenes tomadas de la Pág. Web <http://www.edewar.com/>)

Aunque todos estos accesorios son de gran utilidad, su uso en Colombia es muy poco, principalmente por sus costos; las mangueras de transferencia se encuentran por los lados de entre \$225 y \$255 dólares dependiendo del largo, sin incluir la bomba y sin contar los gastos de envío. Esto hace que los diferentes finqueros u organizaciones prefieran realizar los llenados de los tanques manualmente, cargando el termo que se va a vaciar y usando un embudo como ayuda para evitar derrames de LN₂.

En cuanto a las bases con ruedas para evitar cargar el termo y facilitar su traslado, su costo varía entre \$195 y \$210 dólares dependiendo de la marca, también sin incluir gastos de envío. Además del costo el principal problema con estas bases y por lo cual son poco utilizadas es que no son muy eficientes fuera de superficies muy planas, pues sus ruedas son muy pequeñas lo que las hace poco útiles por ejemplo para fincas donde por lo general los pisos son muy irregulares.

Las cajas o guacales son muy útiles especialmente para las empresas que distribuyen el semen pues es muy común que deban enviar los termos a otras ciudades o regiones por correo, sin embargo el hecho de que los tamaños de estos cajones son pequeños y exclusivos a determinada referencia los hace poco funcionales, ya que como se vio en las tablas 3 y 5, las referencias “Dry Shippers” o “Vapor Shippers” son costosas y su capacidad de almacenamiento no es muy alto, sumado a que no tienen la posibilidad de reenvasar el LN2. Además de esto el costo de estos cajones es también relativamente alto para el mercado colombiano pues estos varían entre \$240 dólares las cajas más pequeñas y \$350 dólares las más grandes sin contar gastos de envío.

Aparte de los productos mencionados no existe en el mercado un objeto especialmente diseñado para trasladar los termos o que cumpla con los requerimientos que este exige (ver anexo 1 “PDS”) para ser tenido en cuenta en esta investigación, por esta razón no se hace ninguna alusión a las carretillas convencionales o productos similares que existen en el mercado.

2.8. USO Y MANEJO DEL TERMO

El termo criogénico representa la mayor inversión entre el equipo usado para la I.A, sus costos como se puede apreciar en las tablas 1,2,3,4,5 y 6 es superior a los 500 dólares entre los mas pequeños que son usados para el transporte del semen, llegando incluso a superar los 1000 dólares en los mas grandes diseñados para su almacenaje.

Además del costo del tanque, el valor del semen que se almacena en este puede ser muy alto y superar los varios millones de pesos, por lo cual es muy importante seguir ciertos cuidados y recomendaciones básicas para evitar que éste pueda

sufrir algún daño, su vida útil se vea disminuida o se dañe el producto que esta almacenando.

Básicamente se pueden considerar tres situaciones, su almacenamiento, su transporte y el cuidado que se debe tener en su manejo para evitar que el semen se vea afectado.

2.8.1. ALMACENAMIENTO

El lugar donde se va a almacenar el termo es vital para extender la vida útil del mismo y evitar que se deteriore, factores como la humedad, la ventilación y la higiene son determinantes.

Es recomendable almacenar el termo sobre una tabla u otro tipo de superficie aislante que evite que la humedad se acumule bajo este y afecte el termo; En las fincas es muy importante escoger muy bien el sitio donde este se va a guardar y tener muy presente su higiene ya que si se guarda en un sitio con paja o donde la superficie ha estado en contacto con excrementos animales, los ácidos producidos por estos pueden corroer la superficie del tanque y dejarlo inservible, además es muy importante evitar la contaminación de los elementos que se usan para la manipulación del semen.

En cuanto a la ventilación del lugar donde se almacena el tanque, esta debe ser muy buena para evitar que la evaporación del nitrógeno líquido desplace el oxígeno del aire dentro de la habitación y afecte a las personas que deben manipularlo produciéndoles asfixia (ver efectos del nitrógeno en anexo 2).

Es importante también tener presente que el termo nunca debe ser puesto al lado de una cocina u otra fuente de calor porque esto lo puede afectar, además no

debe estar al alcance de los niños para evitar accidentes por una quemadura con nitrógeno.

Para hacer más eficiente el proceso y evitar un gasto mayor de nitrógeno es aconsejable retirar del termo las canastillas que no están en uso.

2.8.2. TRANSPORTE

El transporte del termo o tanque de nitrógeno debe ser realizado con mucho cuidado evitando principalmente que este se caiga o reciba un golpe fuerte, pues como se pudo apreciar en la Fig. 3 el recipiente interno que contiene el nitrógeno líquido está soportado por el cuello, y si este está lleno el peso que debe soportar es aun mayor, por este motivo el transporte del termo debe realizarse manteniéndolo siempre en posición vertical para que el peso en el cuello sea equilibrado. Incluso cuando el termo está vacío este no debe llevarse inclinado ni acostado y es muy importante proporcionarle algún sistema de amortiguación que no transmita los golpes o sacudidas propias de un viaje, sobre todo si este se realiza por caminos en malas condiciones.

Es también importante cuando se va a transportar el termo asegurar bien su tapa, para que en el caso de accidentes no se abra, aunque hay que tener presente que no debe ser un cierre hermético, pues siempre debe permitirse la salida del vapor del nitrógeno, ya que éste al pasar de estado líquido al gaseoso incrementa 680 veces su volumen inicial y la presión que genera podría entonces, no solo dañar el termo sino también hacer que la tapa salga disparada y salpique nitrógeno, con la posibilidad de ocasionar quemaduras graves a cualquier persona que se encuentre cerca.

Es importante destacar también que no es recomendable transportar el termo en cabinas cerradas o con muy poca ventilación, pues los vapores del nitrógeno

pueden desplazar el oxígeno del aire y provocar efectos tales como mareo o somnolencia al conductor y personas que lo acompañen.

2.8.3. CUIDADO EN EL MANEJO DEL SEMEN

La regularización de la temperatura es tal vez el factor que más se debe considerar para un manejo seguro del semen pues las fluctuaciones en ésta pueden disminuir considerablemente su poder de fecundación e incluso dañarlo. Se recomienda que el nivel del NL2 no baje nunca de los 8 cm. si las canastillas del termo están parcialmente llenas, y de 15 cm. si se encuentran llenas, por este motivo es muy importante llevar un control regular del nivel del nitrógeno líquido, y recargarlo cuando así lo amerite.

Para evitar un gasto muy alto de nitrógeno el termo debe abrirse solo lo necesario, y es aconsejable para evitar que el semen sufra algún daño, que cuando este se vaya a extraer las canastillas no sean sacadas sino hasta la boca del tanque sin sobrepasar la línea de congelación para impedir que éste se vea expuesto muy seguido a altas temperaturas que lo degraden.

En la figura 17 se puede apreciar el rango de temperatura tan amplio que se da en el cuello del termo y por el cual es recomendable no sacar el semen mas allá de la línea de congelación y evitar los choques térmicos que puedan afectar su fertilidad.

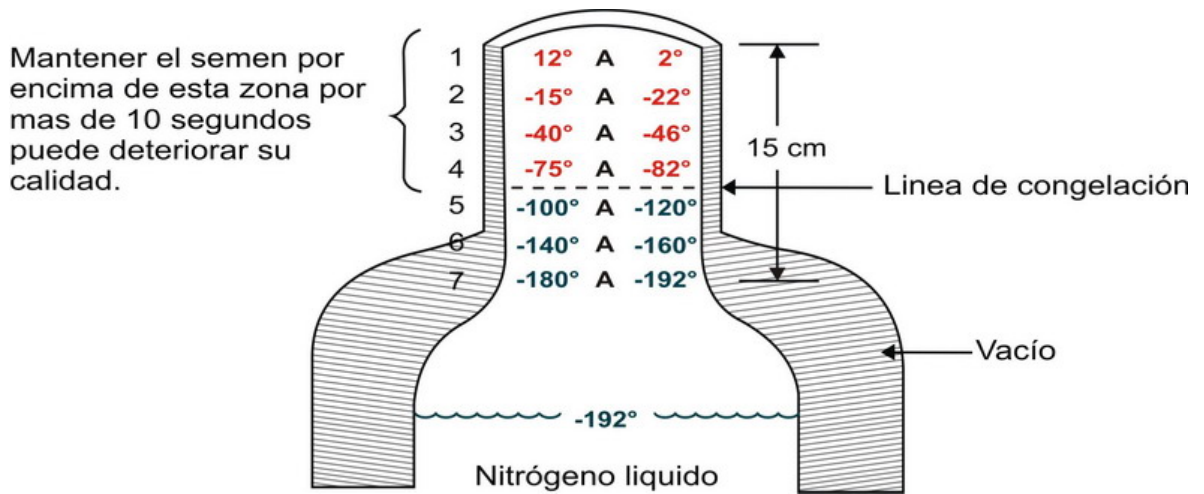


Fig. 17 Rangos de temperatura (°C) en el cuello de un termo común usado para el almacenamiento de semen.

2.9. FALLAS DEL TERMO

Por lo general un termo tiene una vida útil de entre 7 y 10 años, eso no quiere decir que más allá de ese tiempo el termo sea inservible, sino que aproximadamente ese es el tiempo en el cual éste es capaz de retener el vacío. Aunque se puede dar el caso de que un tanque falle de pronto sin ninguna explicación aparente, por lo general éstos van fallando poco a poco dando el suficiente tiempo de aviso para tomar las medidas necesarias.

A continuación se presentan ciertas sugerencias para prevenir y detectar las fallas de los termos con tiempo:

- Es muy importante tomar periódicamente los niveles de nitrógeno dentro del termo, y mantener un orden claro de cuando fue llenado y cuantos litros se gastaron, esto con el fin de detectar fluctuaciones anormales en las cantidades de nitrógeno que seguramente son un signo de algún problema en el termo.
- Tal vez entre los signos de falla mas comunes se encuentra la presencia de hielo en el exterior, bien sea en la entrada del termo, en la tapa o en el

cuello. Esto generalmente es un indicador de que existe una pérdida del vacío entre la pared exterior y la pared interior, sin el cual el nitrógeno ebulle y se escapa con mucha facilidad; para estar mas seguros sobre el problema es bueno acercar el oído a la boca del termo para oír si efectivamente el nitrógeno esta en ebullición, si es así el problema puede ser bastante serio. En condiciones normales no se debe oír nada.

- Un indicador del buen estado del termo puede ser su sonido cuando se le da un pequeño golpe con una moneda o llave, si el termo se encuentra en buenas condiciones este debe sonar como una campana.

2.10. LA EMPRESA DISTRISEMEN Y SU ENTORNO

Distrisemen Ltda. es una empresa distribuidora de semen de todas las razas bovinas y de implementos para la inseminación artificial, fue fundada en Medellín en el año de 1988, y actualmente es la distribuidora oficial para las zonas de Antioquia, el viejo Caldas y la costa Atlántica, de Tristate Ltda., la cual se encuentra ubicada en Bogotá y es a su vez la distribuidora oficial de algunas de las casas de venta de semen más importantes a nivel mundial como lo son Accelerated Genetics y AG Link Internacional INC de Estados Unidos, Rapid Bay de Canadá y Semenzoo de Italia.

Además de Distrisemen Ltda. en Colombia existe un alto número de empresas que se dedican a la venta y distribución de semen, tanto importado como nacional, estas se encuentran en casi todas las ciudades importantes de Colombia, especialmente en Bogotá, Medellín y Cali, algunas son representantes directas de casas de semen alrededor del mundo como Alta Genetics, Select Sires, CRI y Semex por mencionar algunas de las mas conocidas y otras son como en el caso de Distrisemen Ltda. distribuidoras regionales de estas.

En Medellín específicamente existen cinco empresas más, aparte de Distrisemen Ltda., que se dedican a la venta de semen para la inseminación artificial de ganado: Genex, Semex, Genética Selecta, Conagro e Inseminar de Colombia.

Aunque la empresa se especializa en la comercialización de semen, también ofrece la venta de nitrógeno líquido, esencial en el proceso de su preservación. La forma de distribución de éstos varia dependiendo de la zonas donde se encuentran los clientes, por lo general son ganaderos que tienen oficinas en la ciudad de Medellín y allí mantienen termos donde reciben el producto antes de enviarlo hacia las fincas, cuando esto no ocurre es muy normal enviar los termos por correo hacia las ciudades mas cercanas. Distrisemen Ltda. se encarga básicamente de llevar el semen dentro de la ciudad de Medellín y el oriente cercano (Rionegro, La Ceja, El Carmen y La Unión).

Para poder ofrecer un buen servicio la empresa cuenta con 16 termos de diferentes marcas y referencias (ver tabla 7), algunos de estos son usados específicamente para el almacenaje de los inventarios de semen disponible, que se mantienen en la oficina central y no se mueven para evitar que el producto sufra algún daño, otros son usados generalmente para el envío del semen a otras ciudades por correo o encomiendas, y los termos restantes son los usados para realizar la distribución dentro de la ciudad de Medellín y su Área metropolitana y toda la zona del oriente cercano. Entre éstos, algunos son específicamente usados para el transporte del NL2 que se vende mientras los otros contienen el semen.

Para poder llevar estos termos la empresa cuenta con un vehículo 4x4 que le permite llegar a fincas y zonas donde los accesos no son fáciles, se trata de una camioneta Chevrolet Dmax donde los tanques son amarrados en el volco con una cadena cubierta con una manguera plástica para no maltratarlos ni dañarlos, además son asegurados con correas de lona para evitar que se muevan y se

puedan golpear (ver Fig. 18). Para evitar que éstos puedan sufrir daños por los efectos de elementos externos como el sol o la lluvia, la camioneta tiene instalada una carpa que permite protegerlos.

LISTA DE TERMOS DE LA EMPRESA DISTRISEMEN LTDA.			
	CANTIDAD	CAPACIDAD (LITROS)	USO
TYLOR WHARTON 10XT	1	10	TRANSPORTE
SHANQKO YDS-30	1	30	ALMACENAJE
MVE SC 20/20	2	20	TRANSPORTE (NITRO)
LINDE XR-16	1	30	TRANSPORTE (NITRO)
MVE MACH SM - 43	1	43	ALMACENAJE
MVE ORION ET - 44	1	44	ALMACENAJE
CRYO DIFFUSION CDB - 35	1	35	ALMACENAJE
TYLOR WHARTON 34XT	1	40	TRANSPORTE
LINDE 20	1	20	TRANSPORTE (NITRO)
LINDE 17	1	17	TRANSPORTE
UNION CARVIDE	1	20	TRANSPORTE (NITRO)
MVE SC 11/ 7	3	11	TRANSPORTE
LINDE 10	1	10	TRANSPORTE

Tabla 7. Lista de termos y referencias que posee la empresa Distrisemen Ltda. Para la distribución y venta de semen y nitrógeno líquido.



Fig. 18 Forma en que son asegurados y protegidos los termos dentro de la camioneta que emplea la empresa para su transporte.

El manejo de todos los termos y la distribución del semen son realizados por una sola persona la cual debe manipular los termos y llevarlos desde y hacia el vehículo cuando es necesario, llenarlos de nitrógeno líquido e introducirles el semen para llevárselo a los clientes, esto genera que la persona este en constante riesgo de sufrir un accidente, y a largo plazo una lesión musculoesquelética en miembros superiores (hombros, brazos, y manos), cuello o espalda, siendo esta última, la más posible por el sobre esfuerzo que significa manejar cargas de más de 15 kg, (según estudios el manejo manual de carga superior a 3 kg puede significar un riesgo potencial para la aparición de lesiones aunque sea una carga bastante ligera, ya que si se manipula en una condición ergonómica desfavorable o terrenos inestables puede generar daños). Y es que la mayoría de los termos usados para la distribución del semen y del NL2 en la empresa distrisemen Ltda.

poseen un peso entre los 20 y 35 Kg. y su manipulación es realizada comúnmente en fincas donde los terrenos no siempre son planos y es necesario cargar el tanque hasta donde se encuentra el termo de la finca, o lugares donde es necesario subir o bajar escaleras, aumentando aun más las posibilidades de lesiones (para llegar desde donde es parqueado el vehículo hasta donde se guardan los termos principales y se almacena el semen es necesario subir varias escaleras).

En lo que se refiere al envío de los termos hacia otras ciudades, la empresa cuenta con varios guacales hechos en madera, los cuales tienen además elementos como espumas o cartón en su interior que permiten que el tanque no sufra golpes durante su transporte y se pueda dañar. Estas cajas fueron especialmente diseñadas para las diferentes referencias y tamaños que maneja la empresa para realizar los envíos, además de los guacales en madera la empresa cuenta con una de las cajas que ofrece la marca MVE para sus termos.



Fig. 19. Guacales de madera y caja para envío de termos de la marca MVE que posee la empresa Distrisemen Ltda.



Fig. 20 Forma en que son protegidos los termos dentro de los guacales.

En lo que tiene relación con el llenado y tanqueado de termos con nitrógeno líquido, este se realiza manualmente con la ayuda de un embudo ya que la empresa no posee ni la manguera ni ninguno de los otros accesorios que distribuyen las marcas que fabrican los tanques, debido principalmente a que estas son limitadas a ciertas referencias y además costosas. El tanque es entonces cargado y se vacía la cantidad deseada en el termo que se pretende llenar; para medir la cantidad de líquido que se vierte se usan reglillas negras de plástico que al momento de introducirlas quedan marcadas por la condensación del nitrógeno.

Esta es tal vez una de las operaciones mas riesgosas pues la persona debe hacer un esfuerzo bastante grande para sostener el termo cargado durante todo el tiempo que se requiere para llenar el otro. En la Fig. 21 se puede apreciar claramente la forma como se realiza este proceso actualmente en la compañía Distrisemen Ltda..



Fig. 21. Forma en que se llenan actualmente los termos de nitrógeno líquido.

BIBLIOGRAFÍA

- Echeverri Jorge A. “El diseño del banco de semen para su ganadería” REVISTA “El Cebú”. Año 2003. Pág. 92- 97
- Arturo Duarte Ortuño. Manual de inseminación artificial de ganado. Disponible en <http://www.ganagricola.webcindario.com/manualiaPDF>.
- DPA- Direccion Regional Agraria Lima Callao. Disponible en
- http://www.minag.gob.pe/dgpa1/ARCHIVOS/MANUAL_INSEMINACION_ARTIFICIAL.pdf

CATALOGOS

- MVE, Catálogo de Termos, 2005.
- Shangko, Catálogo de Termos y accesorios, 2005.

SITIOS WEB

- Termos criogénicos Taylor Wharton [Sitio en Internet]. Disponible en www.taylor-wharton.com/. Último acceso el 10 de mayo de 2006.
- Especificaciones termos criogénicos [Sitio en Internet]. Disponible en http://www.ag-link.com/Products/Prod_TankE.htm Último acceso el 25 de mayo de 2006.
- Termos criogénicos [Sitio en Internet]. Disponible en <http://www.edewar.com/> Último acceso el 19 de mayo de 2006.
- Termos criogénicos MVE [Sitio en Internet]. Disponible en www.goodecattle.com/MVE.htm. Último acceso el 25 de julio de 2006.
- Termos criogénicos [Sitio en Internet]. Disponible en

<http://www.sementank.com/segmentanks.htm> Último acceso el 30 de agosto de 2006.

- Termos criogénicos [Sitio en Internet]. Disponible en http://www.delasco.com/pcat/1/Cryosurgery/Dewar_Accessories/MVERollerbase/ Último acceso el 10 de mayo de 2006.
- Termos criogénicos [Sitio en Internet]. Disponible en http://www.jenconsusa.com/products_specs_1.cfm?id=100 Último acceso el 10 de mayo de 2006.
- Nitrógeno líquido [Sitio en Internet]. Disponible en http://www.aga.com.co/international/web/lg/co/like/gagaco.nsf/docbyalias/safety_data. Último acceso el 15 de abril de 2006.
- Ventajas inseminación [Sitio en Internet]. Disponible en <http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/fdivul/fd31/texto/ventajas.htm> Último acceso el 20 de mayo de 2006.
- Inseminación artificial [Sitio en Internet]. Disponible en http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/36-curso_teorico_practico_ia.htm Último acceso el 10 de mayo de 2006.
- Historia inseminación [Sitio en Internet]. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Inseminaci%C3%B3n_artificial Último acceso el 5 de mayo de 2006.
- Historia inseminación [Sitio en Internet]. Disponible en <http://html.rincondelvago.com/joseph-needham-y-lazzaro-spallanzani.html> Último acceso el 5 de mayo de 2006.
- Criopreservación [Sitio en Internet]. Disponible en <http://www.wessingtoncryogenics.co.uk/MSD-25.htm> Último acceso el 25 de mayo de 2006.
- Criopreservación [Sitio en Internet]. Disponible en <http://www.clinicarui.com/ucp/criopreserva.cfm> Último acceso el 18 de mayo de 2006.

- Criopreservación [Sitio en Internet]. Disponible en <http://www.indt.hc.edu.uy/extra1.htm> Último acceso el 20 de mayo de 2006.
- Criopreservación [Sitio en Internet]. Disponible en <http://www.reproduccion.com.mx/banco.html> Último acceso el 25 de mayo de 2006.
- Historia termo [Sitio en Internet]. Disponible en <http://www.tinet.org/~vne/CC03.htm> Último acceso el 30 de mayo de 2006.
- Historia termo [Sitio en Internet]. Disponible en http://elinventor.galeon.com/letra_t.htm Último acceso el 30 de mayo de 2006.
- <http://www.rae.es>, La página de la Real Academia de la Lengua Española fue visitada durante todo el tiempo que se realizó este trabajo.

CAPÍTULO 3.

PROCESO CONCEPTUAL DE DISEÑO

La palabra "método" proviene del latín *methodus* cuyo significado es "el camino a seguir", a su vez la palabra metodología proviene de la unión de las palabras *methodos* (método) y *logia* (ciencia o estudio de)¹. Entiéndase entonces a la metodología como "la ciencia del método", y para ser un poco mas específicos, como el "conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica o en una exposición doctrinal."².

La idea principal entonces del uso de metodologías en los procesos de diseño es tener ese "camino" que nos facilite y nos ayude a estimular la creatividad, todo bajo un marco objetivo y lógico que nos suministre herramientas y ayude a incrementar el flujo de ideas y evitar los bloqueos mentales que puedan interferir con el desarrollo del proceso creativo y de diseño, y que además nos amplíe el campo de trabajo y permita la exploración de nuevas y diferentes soluciones.

A continuación se presenta la metodología elegida para el desarrollo de este proyecto y con la cual se busca facilitar la labor de búsqueda, evaluación y selección de las diferentes alternativas de diseño del producto que se desea realizar, con el objetivo de obtener excelentes resultados.

¹ *Origen de las Palabras* - <http://etimologias.dechile.net/>

² Diccionario de la real academia de la lengua.

3.1. METODOLOGÍA SUGERIDA

Existen una gran variedad de métodos que cubren todos los aspectos en el proceso de diseño, sin embargo buscando aplicar una metodología que favorezca el desarrollo específico de este proyecto, se plantea la aplicación de algunas de las estrategias para el desarrollo de nuevos productos, trabajadas por Nigel Cross en su libro Métodos y Diseño, estos métodos son simples y claras, y se caracterizan por ser objetivas y estructuradas.

A continuación se presenta la metodología escogida basada en los procesos descritos por este autor.

3.1.1. Descripción de las etapas de diseño.

ETAPA 1

Clarificación de objetivos: en esta etapa se busca clarificar los objetivos principales y los objetivos secundarios, así como las relaciones entre ellos, mediante herramientas como el árbol de objetivos.

ETAPA 2

Establecimiento de funciones: en esta etapa se pretende establecer las funciones requeridas y los límites del sistema que representa el producto.

Para facilitar el desarrollo de esta etapa y tener mas profundidad y análisis en los sistemas, se emplean herramientas tales como:

- La caja negra: donde se introduce al sistema partiendo de la función principal y los flujos de entrada y salida.
- La estructura funcional: donde se aprecian los flujos y funciones primarias, secundarias y auxiliares, así como los límites del sistema que representa el producto.

ETAPA 3

Fijación de requerimientos: aquí se utiliza como herramienta la especificación del rendimiento esperado con la finalidad de hacer un establecimiento de las especificaciones necesarias para la solución.

Determinación de características: en esta etapa se hace especial énfasis en el concepto de calidad buscando definir las características de ingeniería en función de la satisfacción del cliente. (Diseño, ergonomía, ingeniería, materiales, costos entre otras)

Las dos etapas explicadas anteriormente hacen parte del documento conocido como PDS (Product Design Specifications).

ETAPA 4

Generación de alternativas: con el uso del diagrama morfológico basado en las funciones establecidas en las etapas anteriores, se busca generar la gama completa de las alternativas de diseño de un producto y por lo tanto ampliar la búsqueda de nuevas soluciones potenciales.

ETAPA 5

Evaluación de alternativas: Con el uso del método de objetivos ponderados se comparan los valores de utilidad de las propuestas alternativas de diseño, con base en la comparación del rendimiento, contra los objetivos del proyecto diferencialmente ponderados.

ETAPA 6

Mejora de detalles: esta etapa pretende aumentar y mantener el valor de un producto para su comprador, reduciendo al mismo tiempo el costo para su productor.

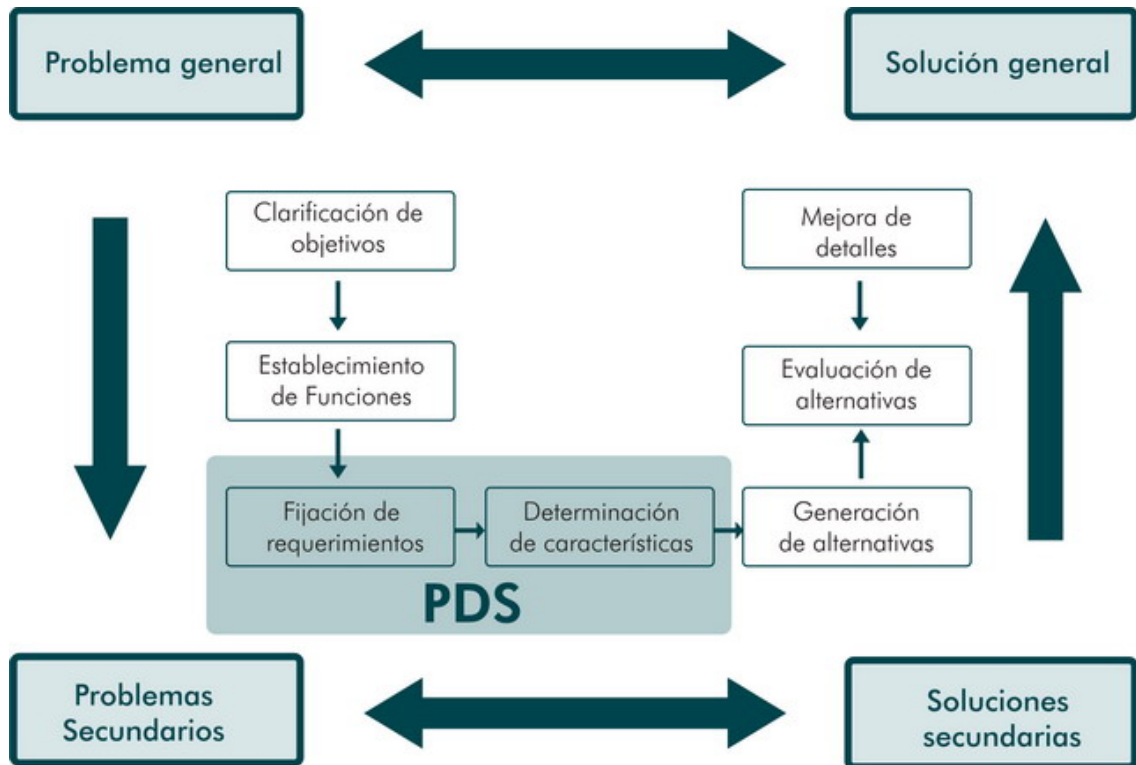


Fig. 22 Modelo esquemático del proceso de diseño.³

3.2 ETAPA 1. CLARIFICACIÓN DE OBJETIVOS

Cuando se va a comenzar un proyecto, este generalmente parte de un problema específico, bien sea de un cliente particular, una compañía o por iniciativa propia del mismo diseñador. En cualquiera de los casos es común que se conozca y se tenga una idea general del resultado al que se pretende llegar pero sin tener mucha claridad en los detalles del mismo y de sus posibles variables, por esta razón es muy importante comenzar siempre cualquier proyecto realizando una descripción clara de la función del objeto y definir los parámetros que este producto debe satisfacer, evitando que el problema quede mal definido y se generen retrasos o incluso no se logre la satisfacción del cliente.

³ Este diagrama está inspirado en el modelo simétrico de problema/solución, planteado en el libro métodos de diseño de Nigel Cross. Pag 56.

Es importante sin embargo tener presente que estos primeros objetivos o requerimientos son solo un punto de partida y no deben ser camisa de fuerza para la totalidad del proyecto, pues en su transcurso estos pueden verse modificados en la medida en que se conozca y entienda más el problema.

Este proyecto de grado tiene como principal objetivo el diseño de un sistema que facilite el transporte y traslado de los termos empleados para el almacenaje de semen destinado a la inseminación artificial, el diseño está pensado específicamente para mejorar las condiciones de la empresa Distrisemen Ltda. para poder cumplir este objetivo básico es necesario además plantear otras características que se deben tener en cuenta en el diseño y fabricación del sistema. Básicamente éste está compuesto por dos partes, una que involucra el proceso de traslado de los termos y su carga y descarga del vehículo en el cual se transportan, y otra que tiene que ver con el aseguramiento de los termos dentro del vehículo y su protección, no solo contra golpes, sino también contra elementos externos como el sol y la lluvia.

A continuación se hace una lista de los diferentes objetivos que se deben tener en cuenta durante el proceso de diseño en cada uno de los sistemas.

3.2.1. Sistema de traslado, carga y descarga.

Trasladar el termo

Fácil de usar

Seguro para la persona que lo usa.

Debe proteger al termo.

No debe requerir mucho esfuerzo por parte del usuario.

No debe ser costoso.

3.2.2. Aseguramiento del termo dentro del vehículo.

Debe proteger el termo (golpes e intemperie)

Debe asegurar el termo.

Fácil de usar.

3.3. ETAPA 2. ANÁLISIS FUNCIONAL

Con el análisis funcional se pretende profundizar más en el sistema tomando como base las funciones esenciales (aquellas que el producto o solución debe realizar) antes de considerar un producto específico o sus componentes físicos. Para entenderlo un poco mejor se puede explicar como un análisis que pretende enfocarse más en el objetivo del diseño o lo que este debe hacer, antes que en como se va a lograr que lo haga.

Tomando como base el método expuesto por Nigel Cross en lo referente al análisis de funciones se comenzó por identificar todos los aspectos que conforman la caja negra tales los flujos (tanto los de entrada como los de salida) además de la función principal. Este proceso se realizó para las dos partes básicas que componen el sistema: el proceso de traslado de los termos y su carga y descarga del vehículo en el cual se transportan, así como el aseguramiento de los mismos dentro del vehículo y su protección.

A continuación se presentan cada uno de estos aspectos:

3.3.1. Sistema de traslado, carga y descarga.

3.3.1.1. Flujos de entrada: Termo, energía humana, señal (Dirección), señal (Carga-descarga).

3.3.1.2. Flujos de salida: termo desplazado, energía calórica.

3.3.1.3. Función principal: Transportar.

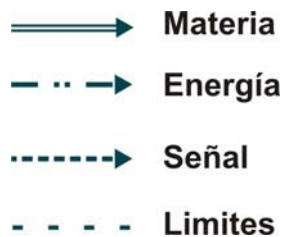
3.3.1.4. Flujo principal: Termo.

3.3.2. Aseguramiento del termo dentro del vehículo.

- 3.3.2.1. **Flujos de entrada:** Termo, energía humana, señal (activar/desactivar seguro).
- 3.3.2.2. **Flujos de salida:** termo asegurado.
- 3.3.2.3. **Función principal:** asegurar/proteger.
- 3.3.2.4. **Flujo principal:** Termo.

3.3.3 Caja Negra.

Partiendo de estos aspectos se realiza el modelo de la caja negra desarrollado en el método de Nigel Cross para cada una de las partes del sistema, a continuación se presenta la notación que se empleará en su desarrollo:



CAJA NEGRA TRASLADO Y CARGA/DESCARGA DEL TERMO



CAJA NEGRA ASEGURAMIENTO DEL TERMO EN EL VEHICULO



Fig. 23 Caja negra de las dos partes que componen el sistema.

3.3.4. Estructura Funcional

Con la estructura funcional se pretende descomponer la función principal expuesta en la caja negra en un grupo de funciones secundarias, esto con el fin de comprender y tener mayor claridad en todas las tareas que se deben realizar para que el producto cumpla su función.

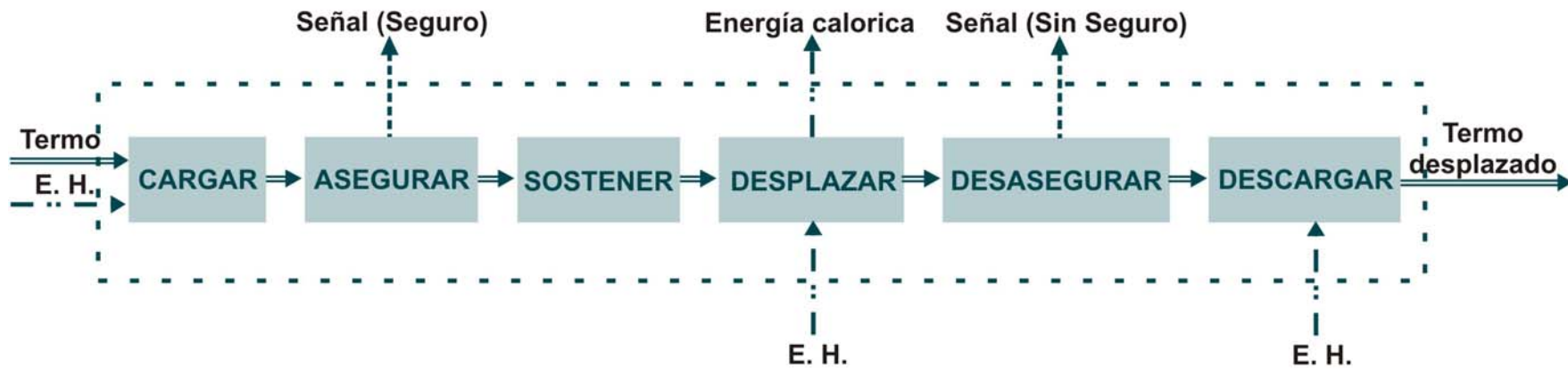
Para entenderlo mejor, estas funciones secundarias son presentadas en forma de diagrama, lo que permite conocer la forma en que se conectan cada una de

ellas y las diferentes entradas y salidas, para conformar un sistema que sea funcional y factible.

Para el desarrollo de este punto se analizó todo el sistema (ambas partes), y se determinaron las funciones secundarias y los enlaces que hacen posible la funcionalidad del mismo

A continuación se presenta el diagrama en donde se aprecian todas las funciones así como la conexión entre ellas, y sus límites.

ESTRUCTURA FUNCIONAL TRASLADO Y CARGA/DESCARGA DEL TERMO



ESTRUCTURA FUNCIONAL ASEGURAMIENTO DEL TERMO EN EL VEHICULO

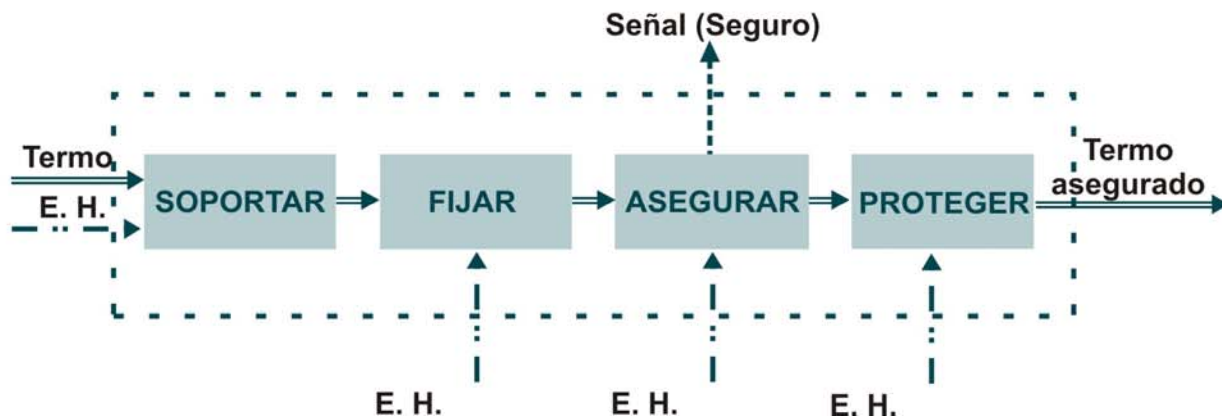


Fig. 24. Estructuras funcionales del traslado, carga y descarga y aseguramiento del termo en el vehículo

3.4 ETAPA 3. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Luego de clarificar las funciones del sistema y la relación entre ellas es importante definir ciertos límites, estos están relacionados con ciertas exigencias que debe cumplir el producto que se pretende diseñar, entre los mas comunes se puede mencionar por ejemplo el costo (cuanto está dispuesto a pagar el cliente por el objeto), también son comunes todos aquellos aspectos como el tamaño, peso, seguridad, apariencia entre otros.

Con ésta etapa se pretende precisamente aclarar un poco estos aspectos que tienen una gran influencia en el diseño y que determinarán con su cumplimiento la satisfacción del cliente, aunque es importante aclarar que estas especificaciones pretenden definir el rendimiento requerido sin definir todavía el producto o el componente físico que permitirá alcanzar dicho rendimiento.

Para comenzar se determinaron los “QUE”, que son las demandas y los deseos que se identificaron partiendo de las diferentes necesidades expuestas por el cliente y en el análisis previo que se realizó a la empresa, en este caso la empresa Distrisemen Ltda. Estos “QUE” son presentados en términos de requerimientos técnicos de ingeniería, de forma que puedan ser medidos y se les pueda asignar un valor.

Básicamente Los “QUE” son aquellas especificaciones que debe cumplir el producto, y que van a permitir clarificar aun mas el problema para poder llegar a la solución final, por este motivo se desarrolló el documento Product Design Specifications (PDS ver anexo 2) donde se determinaron basados en esos deseos y demandas identificados, los requerimientos del sistema en elementos tales como: ergonomía, seguridad, transporte, mantenimiento, estética, entre otros, convirtiéndose en una excelente guía en todo el desarrollo del proyecto.

La siguiente es la lista de los “QUE” que se consideraron más relevantes para el diseño de cada una de las partes del sistema.

3.4.1 Sistema de traslado, carga y descarga.

- Que el termo esté siempre parado.
- Que el termo esté protegido contra golpes.
- Que el termo no se voltee.
- Que sea fácil de guardar cuando no se necesite.
- Que sea fácil de manipular.
- Que el usuario no tenga que cargar el termo.
- Que no se tenga que hacer un esfuerzo muy grande por parte del usuario.
- Que el tamaño y el peso del producto no generen un problema de espacio.
- Que permita transportar varios tamaños de termos con su peso máximo.
- Que sea posible cargar y descargar cualquier tamaño de termo con su peso máximo.
- Que se pueda transportar por superficies que no sean planas y puedan tener pequeños obstáculos.
- Que sus partes se puedan conseguir en Colombia.
- Que los materiales sean resistentes a la intemperie.

3.4.2 Aseguramiento del termo dentro del vehículo.

- Que el termo esté protegido de la intemperie.
- Que el termo quede fijo y protegido para cuando el carro se mueva mucho.
- Que el termo no pueda ser robado fácilmente.
- Que sus partes se puedan conseguir en Colombia.
- Que sea fácil de desmontar y montar.
- Que sea fácil asegurar los termos.
- Que parezca parte del vehículo y mantenga su línea.

- Que los materiales sean resistentes a la intemperie.
- Que sirva para diferentes tamaños de termos.
- Que brinde buena protección a los termos cuando el carro esté en carreteras destapadas.

A cada uno de estos deseos y demandas se le asignó una característica expresada en un lenguaje más técnico y que en lo posible pudiera ser medible con el fin de definir los límites de una forma más específica y contar con unas mejores bases para evaluar el rendimiento final del producto. A continuación se presentan los requerimientos que se le asignaron a cada uno de los “Que” anteriormente listados.

3.4.3 Requerimientos para el sistema de traslado, carga y descarga.

- *Que el termo este siempre parado.* / **El diseño del producto debe asegurar que el termo permanezca en todo momento en posición vertical.**
- *Que el termo esté protegido contra golpes.* / **Protección del termo con materiales que absorban los golpes (espumas, caucho, etc.) y un diseño que sea capaz de amortiguar impactos.**
- *Que el termo no se voltee.* / **Geometría estable y regular. Coincidencia entre el centro geométrico y el centro de gravedad.**
- *Que sea fácil de guardar cuando no se necesite.* / **Debe ser desarmable o plegable.**
- *Que sea fácil de manejar.* / **Debe tener mecanismos simples y contar con diagramas explicativos si lo requiere.**
- *Que el usuario no tenga que cargar el termo.* / **Deben existir ruedas o algún otro elemento que permita el desplazamiento del termo sin que la persona lo tenga que cargar.**
- *Que no se tenga que hacer un esfuerzo muy grande por parte del usuario.* / **El producto debe reducir al máximo por medio de**

mecanismos o palancas el esfuerzo que debe realizar la persona para cargarlo o descargarlo.

- *Que el tamaño y el peso del producto no genere un problema de espacio. / **Debe ser desarmable o plegable.***
- *Que permita transportar varios tamaños de termos con su peso máximo. / **Debe poder transportar termos de 25 a 46 cm. de diámetro y con pesos de hasta 45 Kg.***
- *Que sea posible cargar y descargar cualquier tamaño de termo con su peso máximo. / **Debe poder cargar termos de 25 a 46 cm. de diámetro y con pesos de hasta 45 Kg.***
- *Que se pueda transportar por superficies que no sean planas y puedan tener pequeños obstáculos. / **El producto debe deslizarse fácil por pisos con texturas (empedrados) o incluso escaleras.***
- *Que sus partes se puedan conseguir en Colombia. / **Los materiales y partes usadas deben ser de distribuidores colombianos.***
- *Que los materiales sean resistentes a la intemperie. / **Deben usarse materiales con tratamientos especiales de impermeabilización o metales inoxidables que soporten la lluvia y el sol sin que se degrade.***

3.4.4 Requerimientos para el aseguramiento del termo dentro del vehículo.

- *Que el termo esté protegido de la intemperie. / **El termo debe estar cubierto y protegido en caso de lluvia.***
- *Que el termo quede fijo y protegido para cuando el carro se mueva mucho. / **Protección del termo con materiales que absorban los golpes y un diseño que sea capaz de amortiguar impactos.***
- *Que el termo no pueda ser robado fácilmente. / **El termo debe tener un sistema de seguridad como un candado u otro dispositivo similar.***

- Que sus partes se puedan conseguir en Colombia. / **Los materiales y partes usadas deben ser de distribuidores colombianos.**
- *Que sea fácil de desmontar y montar.* / **Debe ser desarmable y fácil de ensamblar nuevamente.**
- *Que sea fácil asegurar los termos.* / **Los termos deben tener correas o soportes que aseguren los termos fácilmente.**
- *Que parezca parte del vehículo y mantenga su línea.* / **Sus formas no deben interferir con la línea del vehículo Chevrolet D-max.**
- *Que los materiales sean resistentes a la intemperie.* / **Deben usarse materiales con tratamientos especiales de impermeabilización o metales inoxidable que soporten la lluvia y el sol sin que se degrade.**
- *Que sirva para diferentes tamaños de termos.* / **Debe poder asegurar termos de 25 a 46 cm. de diámetro y con pesos de hasta 45 Kg.**
- *Que brinde buena protección a los termos cuando el carro esté en carreteras destapadas.* / **Deben usarse materiales como espumas o caucho que absorban los golpes y no se los transmitan al termo.**

3.5 ETAPA 4. GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS

Esta es la etapa más importante en el proceso de diseño pues en ella se busca generar las posibles soluciones a los problemas planteados inicialmente.

Existen varios métodos como la lluvia de ideas y la sinéctica (empleo de analogías) entre otros, que pretenden precisamente, estimular el pensamiento creativo e incrementar el flujo de ideas. Para este proyecto se desarrolló el método del diagrama morfológico el cual se explica a continuación.

3.5.1 Matriz o diagrama morfológico

Después de haber clarificado un poco más el problema y todas sus variables en las dos etapas anteriores, es importante definir y determinar los “CÓMO”, es decir, la forma como se va a dar cumplimiento a todas las funciones previamente definidas. Esto se logra buscando los portadores físicos de estas para luego a través de la matriz o diagrama morfológico combinar estos elementos ya existentes en una gran variedad de soluciones o alternativas de productos.

Como punto de partida de la matriz morfológica se tomaron las diferentes funciones que hacen parte de la estructura funcional de ambas partes del sistema (transporte, carga/descarga y aseguramiento de los termos en el vehículo), luego fue necesario realizar una búsqueda con el fin de encontrar posibles portadores físicos para cada una de ellas, teniendo también presente y como punto de referencia todos los requerimientos expuestos en el documento PDS (Product Design Specifications. Anexo 2).

A continuación se muestra la tabla que se realizó, en donde se presentan las diferentes funciones con tres o cuatro alternativas de portadores físicos.

DIAGRAMA MORFOLOGICO				
FUNCIONES	SOLUCIONES / MEDIOS			
	1	2	3	4
FIJAR	 ABRAZADERAS	 CORREAS DE CAUCHO	 CORREAS DE LONA	 CADENA O CABLE METÁLICO
SOPORTAR	 PERFILES ALUMINIO	 PERFILES ACERO	 ESTRUCTURA EN FIBRA	
PROTEGER (GOLPES)	 INFLABLES	 ESPUMA DE POLIETILENO	 TUBOS DE ESPUMA	 CAUCHO
ASEGURAR	 CADENA O CABLE CON SEGURO	 DISPOSITIVO DE SEGURIDAD EN U	 CANDADOS	
PROTEGER (INTEMPERIE)	 CARPA FIJA	 LONA U TELA IMPERMEABLE	 CARPA PLEGABLE	 FIBRA DE VIDRIO

Fig. 25 Diagrama morfológico del sistema de aseguramiento y protección de los termos en el vehículo

DIAGRAMA MORFOLOGICO

FUNCIONES	SOLUCIONES / MEDIOS			
	1	2	3	4
ASEGURAR	 GANCHOS	 ABRAZADERAS	 CORREAS	 ABRAZADERAS PEQUEÑAS
SOSTENER	 PERFILES ALUMINIO	 PERFILES ACERO	 ESTRUCTURA EN FIBRA	
DESPLAZAR	 RUEDAS CAUCHO O PASTA	 RUEDAS DE BICICLETA	 RUEDAS PARA ESCALERAS	 RUEDAS PEQUEÑAS
PROTEGER	 INFLABLES	 ESPUMA DE POLIETILENO	 TUBOS DE ESPUMA	 CAUCHO
CARGA Y DESCARGA	 SISTEMA ELÉCTRICO (MOTOR)	 SISTEMA MANUAL CON AYUDA MECÁNICA	 SISTEMA HIDRÁULICO O NEUMÁTICO	 RAMPAS
DIRECCIÓN	 TRES RUEDAS	 CUATRO RUEDAS	 DOS RUEDAS	

Fig. 26 Diagrama morfológico del sistema de carga /descarga y transporte de los termos en el vehículo.

3.5.2 Selección de alternativas de solución

A partir de las diferentes alternativas o portadores físicos se empezaron a plantear todas las diferentes alternativas posibles que no solo cumplieran con los objetivos del proyecto sino que además cumplieran los requerimientos propuestos como se planteó en los objetivos del proyecto.

Esta etapa esta básicamente centrada en la búsqueda de la solución para el problema de traslado, carga y descarga de los termos la cual después de la investigación inicial fue la que se encontró más necesaria debido a que la empresa no cuenta con ninguna solución alterna, como sí sucede con el problema de aseguramiento dentro del vehículo. Esta alternativa aunque no se desarrollará a fondo en este documento se considera de gran importancia y se pretende continuar para beneficio de la compañía aunque sus resultados finales no sean consignados en este trabajo.

Buscando entonces una solución acorde con las necesidades y requerimientos del proyecto y de la empresa Distriesemen Ltda. para su problema de traslado y carga/descarga de los termos se escogieron tres posibles alternativas para empezar a analizarlas con mayor profundidad, a continuación se explica brevemente cada una de ellas.

3.5.2.1 Alternativas de solución seleccionadas

El proceso para definir las diferentes alternativas consistió básicamente en realizar lluvia de ideas que permitiera elaborar los primeros bocetos y acercamientos formales del producto con el fin de clarificar mejor las soluciones y comenzar en forma el diseño físico tomando como base la matriz morfológica (ver anexo 3).

Después de dibujar y que cada una de las alternativas comenzaron a tener forma, no solo desde lo estético sino también desde lo funcional, cada una de las propuestas fue dimensionada empleando modeladores tridimensionales o

La figura 27 muestra algunos de esos bosquejos iniciales y que de alguna forma permitieron llegar a las tres alternativas que más se desarrollaron y de las cuales una es la base del producto final.

3.5.2.1.1 Alternativa solución 1

La primera alternativa se diferencia por ser la única en la que se consideró el sistema de traslado y el de carga y descarga como dos productos separados, que si bien debían seguir un mismo concepto cada uno era independiente del otro. Por esta razón fue considerada tal vez la menos viable de las tres y nunca alcanzó un verdadero desarrollo aunque fue la base de las propuestas posteriores. Sin embargo se consideró importante presentarla precisamente porque explora la posibilidad de separar el sistema.

Para el desarrollo de esta idea se tomó como principal referente los principios de funcionamiento de los rickshaws (vehículos para el transporte de personas usados en varios países orientales) (ver figura 28), buscando encontrar la forma más eficiente de llevar el termo realizando el menor esfuerzo.



Fig. 28 Rickshaws: vehículos para el transporte de personas usados en algunos países orientales. Fotografías tomadas de www.gettyimages.com

El sistema consiste en alinear el centro de gravedad del objeto que se va a cargar con el centro de la rueda, así la persona no es la que carga el peso completo sino que se limita a empujarlo, pero sin necesidad de realizar un gran esfuerzo.

Bajo este concepto se decidió emplear ruedas grandes (76 cm de diámetro) que permitieran su traslado sobre casi cualquier superficie e incluso subir y bajar algunos escalones, en cuanto al termo, éste estaría soportado por dos ganchos, uno a cada lado, aunque no estaría fijo, lo que permitiría que éste pendulara, para que siempre se mantuviera en posición vertical. El resto del producto estaría compuesto básicamente por una estructura en forma de U invertida fabricada en tubería circular, en la Fig. 29 se puede apreciar mas o menos lo que sería el producto con base en algunos de los bocetos que sobre este se realizaron.

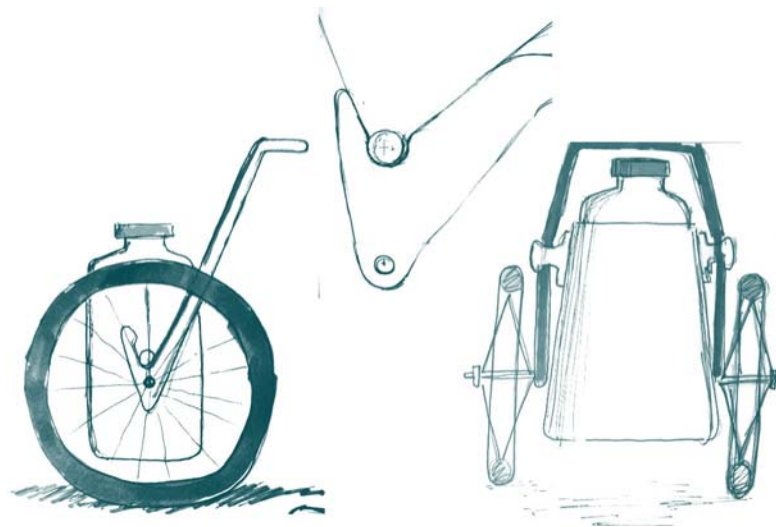


Fig. 29 Bocetos iniciales

Con el fin de clarificar mejor como funcionaría el producto en la Fig. 30 se presenta una secuencia de la forma en que el termo se cargaría para poder llevarlo.

En cuanto a la forma de enganchar el termo se consideró, emplear un sistema basado en un caminador para niños existente en el mercado, que se compone

de un número determinado de anillos inflables que protegerían al termo de cualquier impacto o colisión, ésta cubierta del termo tendría una estructura

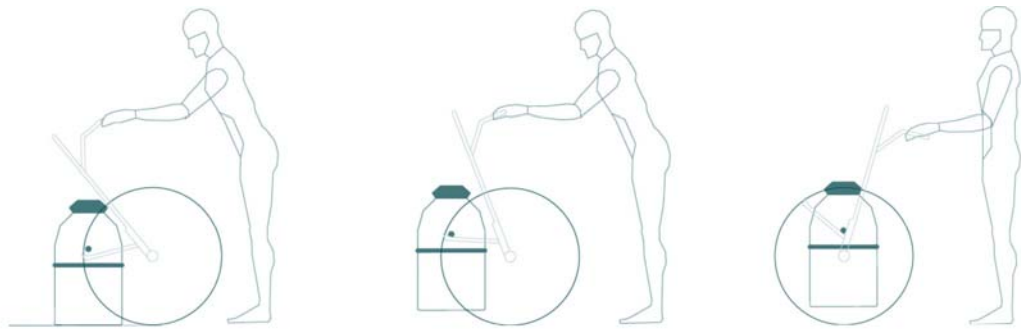


Fig. 30 Secuencia de la forma como se cargaría el termo

interior rígida que en su parte superior contaría con dos orejas de donde sería enganchado. Se planteó además agregarle pequeñas ruedas para poder mover el termo fácilmente en espacios reducidos, en donde todo el sistema sería poco funcional y las superficies fueran lisas y no representaran ningún obstáculo.



Fig. 31 Bocetos de protección del termo para su traslado

En cuanto a la solución del problema de carga y descarga del termo, del vehículo en el cual se transporta, se pensó en la idea de adaptarle a éste un brazo retráctil, el cual estaría ubicado en una de las paredes laterales del volco y se desplegaría creando un sistema similar al de un “mataculin” en donde en uno de los extremos habría un gancho u otro tipo de sujeción para pescar el termo y en el otro lado la persona haría la contra fuerza para levantarlo e introducirlo al carro. Esta alternativa sin embargo no se desarrolló muy a fondo pues se decidió más bien simplificar el sistema e integrar en un solo producto las dos funciones. Ver fig 32

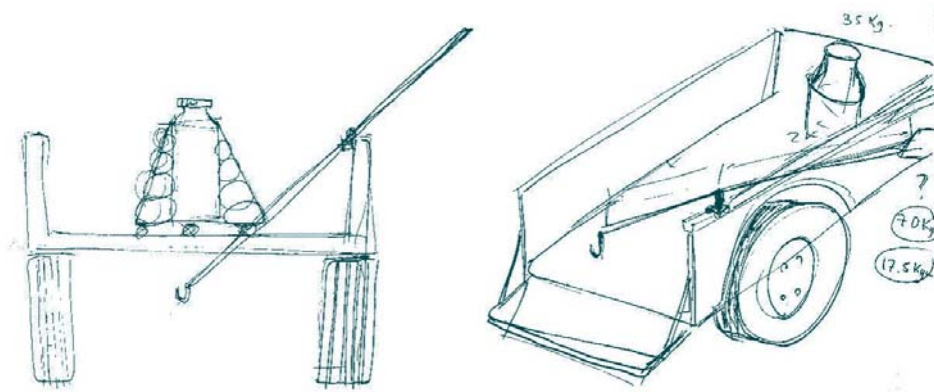


Fig. 32 Sistema de brazo retráctil para levantar el termo e introducirlo al vehículo

3.5.2.1.2 Alternativa solución 2

La alternativa de solución dos es una evolución formal de la alternativa uno y fue pensada buscando la integración del traslado y carga/descarga del termo en un solo producto.

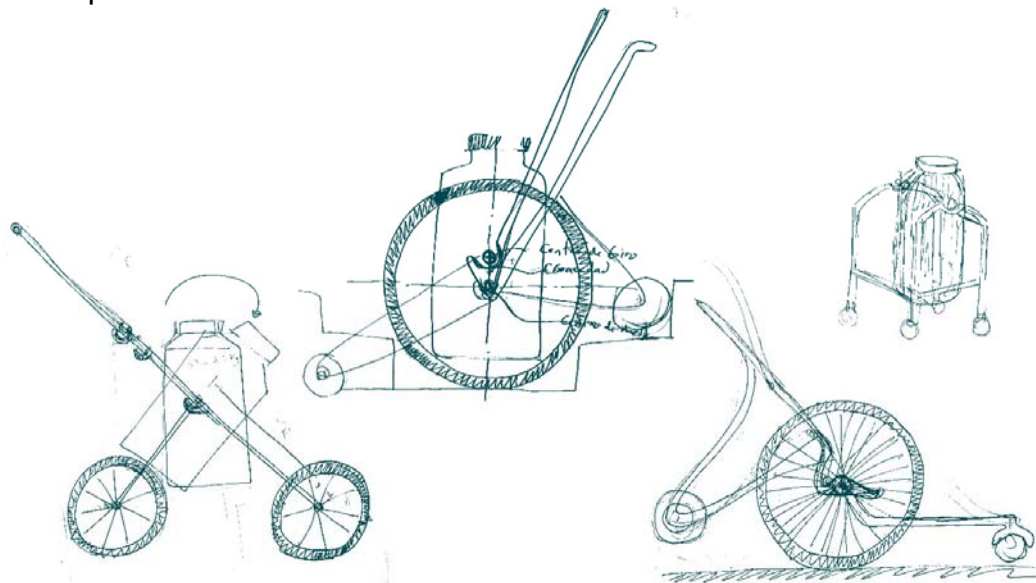


Fig.33 Boceto que integra carga/descarga y traslado

Para su concepción inicialmente se pensó en buscar otras alternativas tanto formales como funcionales que permitieran cumplir con los requerimientos del proyecto y el objetivo de integración de las dos funciones, con este fin se realizó una intensa investigación tratando de encontrar en productos existentes ideas que ofrecieran alguna luz para la alternativa de solución, después de ésta búsqueda y de realizar varias sesiones de lluvia de ideas se decidió volver a la

idea inicial concebida en la alternativa uno e implementarle de una forma original el sistema de carga y descarga sin cambiar su concepto simple y eficiente, inspirado en los rickshaws.

Fue así como se pensó bajo los mismos principios de funcionamiento de la anterior alternativa, en un sistema compuesto por una estructura similar a la de la alternativa uno fabricada también en tubería circular en donde su forma de desplazamientos se basara en ruedas de bicicletas que permitieran su traslado por cualquier tipo de superficie.

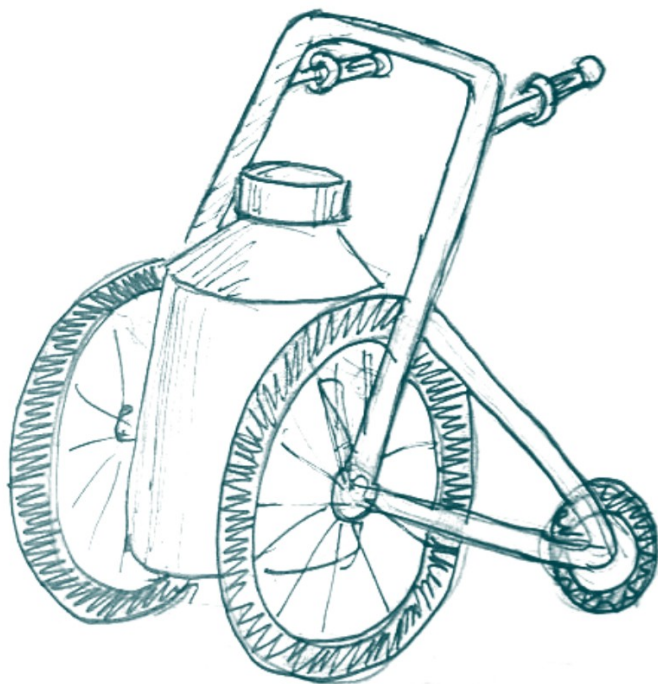


Fig. 34 Boceto inspirado en los Rickshaws

Para solucionar el problema de la carga y descarga del vehículo se pensó en incluirle dos ruedas (pequeñas) más en la parte posterior que permitieran al momento de subir el termo al vehículo, soportar todo el sistema en ellas para levantarlo, para tener mayor claridad sobre como funcionaria esta alternativa en la fig 35 se puede apreciar la secuencia del proceso de carga del termo en el vehículo.

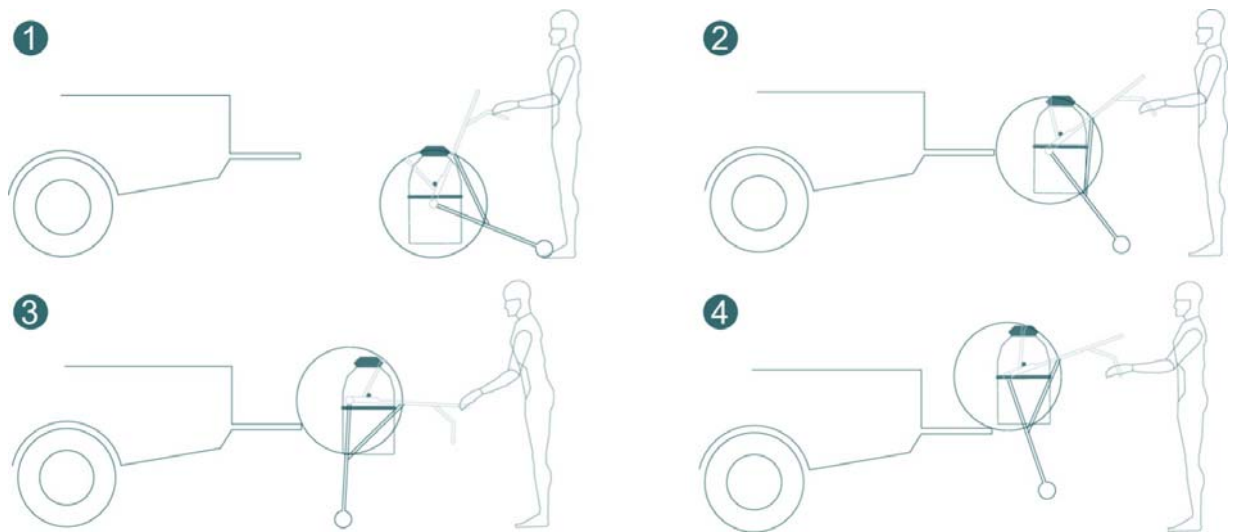


Fig. 35 Secuencia de la carga/descarga del vehículo

La principal desventaja de esta alternativa fue que después de haberla dimensionado y analizar como podría ser su comportamiento en la realidad, éste presentaba varios problemas de funcionalidad, pues era necesario alargar los soportes de las dos ruedas pequeñas mucho para poder alcanzar la altura requerida y poder levantar el termo hasta la camioneta, esto haría mas difícil, no solo su manejo y maniobrabilidad, sino que impediría entrar con él a espacios reducidos como ascensores, limitando su uso.

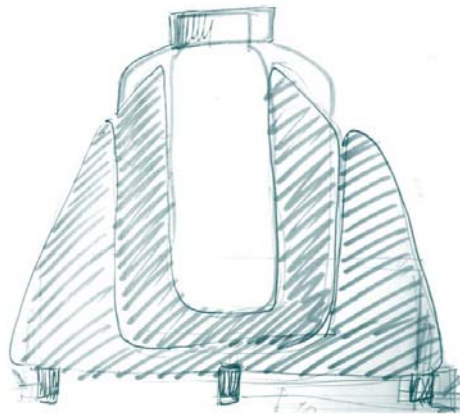


Fig. 36 Boceto para un sistema de protección del termo

En cuanto al sistema encargado de proteger el termo y el cual tendría las dos orejas para levantarlo, aunque se había pensado en la posibilidad de hacerlo

usando anillos inflables, se decidió mejor considerar en ésta propuesta el uso de espumas. Este estaría entonces compuesto por una estructura rígida interior y cubierto de espuma en todo su exterior formando un cono truncado, tendría una medida máxima que permitiría llevar los termos de mayor tamaño, pero también tendría forma de adaptarse a diámetros menores de termos según fuera necesario.

El sistema estaría montado sobre 6 pequeñas ruedas giratorias para facilitar su traslado sobre superficies planas en donde no sería necesario emplear todo el sistema por lo engorroso que esto podría resultar.

3.5.2.1.3 Alternativa solución 3

La alternativa tres es la otra solución a la que se llegó después de todos los análisis realizados para integrar las dos funciones en un solo producto, en este caso se pensó en levantar el termo desde el mismo momento en que fuera cargado al sistema a una altura que permitiera subirlo fácilmente dentro del vehículo y después volverlo a bajar.

Para lograr esto se decidió alargar los brazos o soportes que sostienen al termo buscando que éste quedara a una altura suficiente que no dificultara mucho su carga y no interfiriera con la visión de la persona que lo transportara. El resto del producto sería muy similar a las alternativas anteriores basándose en el mismo principio, con dos ruedas grandes (en este caso se decidió reducir un poco su diámetro a 49 cm. buscando que estas no interfirieran con la parte trasera del auto y se lograra el mayor acercamiento posible a este para la descarga del termo).

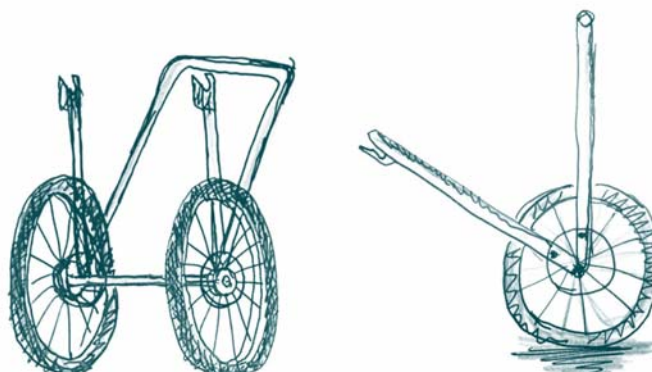


Fig. 37 Boceto de propuesta para el soporte del termo

Para darle más rigidez al sistema se decidió utilizar un eje completo que además permitiría servir como punto de apoyo al momento de cargar el termo, así la persona apoyaría uno de sus pies en el eje y podría levantar el termo más fácil.

El producto además sería muy fácil de plegar simplemente desasegurando el sistema, además las ruedas podrían ser sacadas cómodamente lo que permitiría desarmar todo el producto fácilmente para guardarlo o transportarlo.

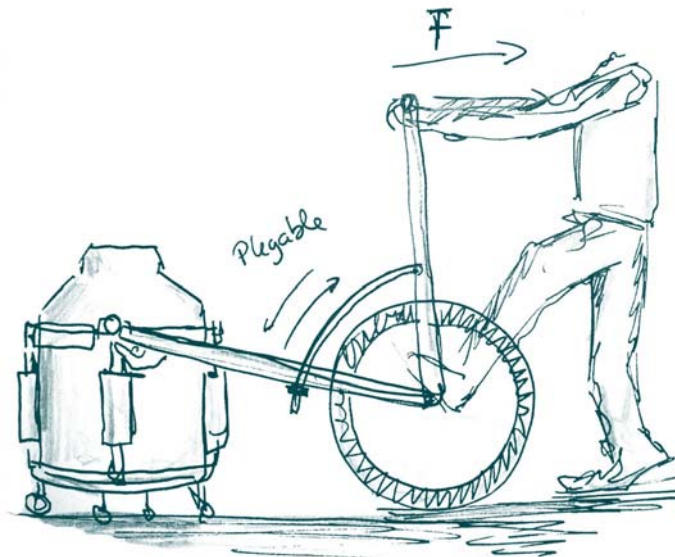


Fig. 38 Boceto de propuesta de funcionamiento

En cuanto a la cubierta del termo se decidió rediseñarla completamente, se pensó entonces en una estructura compuesta básicamente por dos aros fabricados en tubería de aluminio los cuales estarían conectados por cuatro tramos también en aluminio, toda la estructura sería recubierta por espuma de forma cilíndrica, para el ensamble de los aros y los tubos se pensó en hacerlo con soldadura para darle suficiente rigidez a la estructura, se mantuvo la idea de montar el sistema sobre 6 ruedas giratorias que facilitarían su desplazamiento.

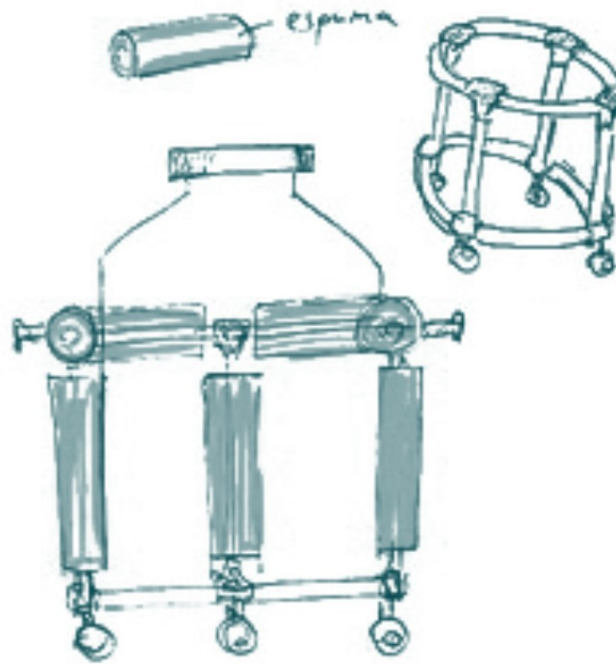


Fig. 39 Boceto de cubierta del termo que serviría para su desplazamiento

3.5.2.2 Evaluación de alternativas

El objetivo de la etapa consistió en determinar la alternativa de solución más adecuada que cumpliera todos los requerimientos preestablecidos. Con el fin de pasar a desarrollar en profundidad el producto y pasar a la etapa de mejora de detalles y de determinación de estrategias de construcción y de fabricación del prototipo final.

3.5.3 Método de objetivos ponderados

Después de toda la etapa de diseño no es fácil tomar la decisión de cual de todas las alternativas es la más conveniente, sobre todo porque esa decisión no debe ser tomada a la ligera y por una decisión arbitraria, sino que debe tener una sustentación y base lógica.

Con el método de objetivos ponderados explicado en el libro de Nigel Cross se pretende comparar y evaluar las diferentes alternativas empleando objetivos diferencialmente ponderados, es decir asignarle un peso a los diferentes objetivos y calificar el rendimiento de cada una de las alternativas frente a los objetivos correspondientes.

Para comenzar se realizó la lista de los objetivos más importantes que debía cumplir el producto, estos fueron tomados principalmente del documento PDS en donde se consignaron todos los requerimientos tanto funcionales como formales del objeto. A continuación se presenta la lista de los objetivos organizados empezando con el que se considera más importante.

- A. Debe poder transportar y cargar/descargar en el vehículo termos de 25 a 46 cm. de diámetro y con pesos de hasta 45 Kg.
- B. El diseño del producto debe asegurar que el termo permanezca en todo momento en posición vertical.
- C. El producto debe reducir al máximo por medio de mecanismos o palancas el esfuerzo que debe realizar la persona para cargarlo o descargarlo.
- D. El termo debe estar protegido con materiales que absorban los golpes y un diseño que sea capaz de amortiguar impactos.
- E. Debe ser desarmable o plegable.
- F. El producto debe funcionar para pisos con texturas (empedrados) o incluso escaleras.
- G. Los materiales y partes usadas deben ser de distribuidores colombianos.

Luego de definir los objetivos más importantes fue necesario asignarle a cada uno de ellos un valor numérico con el cual se representara su “peso” respecto a los demás según , al final la suma de estos debía ser igual a 1.

A continuación se muestra el peso asignado a cada uno de los objetivos planteados:

- A. 0.2
- B. 0.2
- C. 0.2
- D. 0.15
- E. 0.15
- F. 0.05
- G. 0.05

Luego de definir el peso fue necesario establecer los parámetros de rendimiento o calificación para cada uno de los diferentes objetivos, para facilitar el proceso y debido a que no todos los parámetros pueden ser medidos fácilmente y de forma cuantificable, se decidió emplear una escala de tres puntos donde 3 sería la mejor opción y 1 la peor.

A continuación se presenta la calificación de objetivos según las alternativas de solución:

- Debe poder trasportar y cargar/descargar en el vehículo termos de 25 a 46 cm. de diámetro y con pesos de hasta 45 Kg.
 1. No es capaz de cargar ni trasportar los termos
 2. Es capaz de cargar y trasportar algunos de los tamaños y/o pesos de los termos.
 3. Es capaz de cargar y trasportar todos los tamaños y pesos de los termos. (termos de 25 a 46 cm. de diámetro y con pesos de hasta 45 Kg)

- El diseño del producto debe asegurar que el termo permanezca en todo momento en posición vertical.
 1. El termo esta siempre inclinado.
 2. El termo a veces se inclina.
 3. El termo siempre esta en posición vertical

- El producto debe reducir al máximo por medio de mecanismos o palancas el esfuerzo que debe realizar la persona para cargarlo o descargarlo.
 1. Hay que hacer mucho esfuerzo.
 2. Hay que hacer un esfuerzo pequeño.
 3. No hay que realizar ningún esfuerzo.

- El termo debe estar protegido con materiales que absorban los golpes y un diseño que sea capaz de amortiguar impactos.
 1. El termo no está protegido.
 2. La protección del termo es aceptable
 3. La protección del termo es muy buena.

- Debe ser desarmable o plegable.
 1. El producto no es plegable ni desarmable
 2. El producto es difícil de plegar o desarmar.
 3. El producto es fácil de plegar o desarmar.

- El producto debe funcionar para pisos con texturas (empedrados) e incluso escaleras.
 1. No se puede usar en ninguna superficie que no sea lisa.
 2. Funciona aceptablemente para superficies que no son lisas.
 3. Es ideal para cualquier tipo de superficies.

- Los materiales y partes usadas deben ser de distribuidores colombianos.
 1. Sus partes no son comerciales en Colombia.
 2. Algunas de sus partes no se consiguen en Colombia.
 3. Todas sus partes se consiguen en Colombia.

De acuerdo a los resultados evidenciados en el diagrama de evaluación de alternativas, se pudieron identificar las alternativas 2 y 3 como las que presentan los mejores puntajes, siendo la número 3 la que alcanzó el mayor.

Es importante sin embargo aclarar que aunque este método permite determinar cual de todas las alternativas cumple en mayor medida los objetivos del proyecto, hasta este punto las consideraciones de cada uno de las alternativas se han basado en supuestos ideales por lo cual este análisis se debe ver más como una guía, que como algo definitivo.

Por esta razón y tomando como base estos resultados se realizó un análisis final para definir si la alternativa número tres era la más viable para continuar, en este análisis se consideraron además el resto de requerimientos que no se tomaron en cuenta para la realización de la tabla de evaluación de alternativas.

Después de considerar todas las posibles alternativas y teniendo en cuenta los objetivos del proyecto y los resultados de esta etapa se decidió que la alternativa tres era definitivamente la opción que mas oportunidades ofrecía para desarrollar y obtener al final el producto esperado, por lo cual se procedió a desarrollar la idea en detalle. Este proceso está consignado en el capítulo siguiente donde se explica todo el proceso de evolución de la idea hasta llegar al resultado final.

BIBLIOGRAFÍA

- CROSS, Nigel. METODOS DE DISEÑO, estrategias para el diseño de Productos Primera Edición. México: Editorial Limusa, 1999
- PUGH, Stuart. Total Design. Harlow UK: Addison Wesley, 1991.
- Hernández, María Cristina. Product Design Specifications. En: Memorias de la materia Especificaciones para el diseño de productos; Medellín: Ingeniería de Diseño de Producto – EAFIT.

SITIOS WEB

- <http://www.rae.es>, La página de la Real Academia de la Lengua Española fue visitada durante todo el tiempo que se realizó este trabajo.

CAPITULO 4

Desde el inicio del proceso de diseño fue muy importante confrontar cada una de las ideas que surgían para ir depurando aquellas que no eran viables e ir acercándose cada vez más a la solución final, el proceso que se relata a continuación trata de explicar lo mejor posible cada uno de los momentos más importantes en el desarrollo del producto, el cual consistió básicamente en una búsqueda constante de posibles alternativas que involucró un gran número de horas dedicadas a la búsqueda e investigación así como a la conceptualización de todas las ideas que surgían en el camino con el fin de optimizar la idea base que se tenía .

Todo esto hace parte del proceso completo de diseño, sin embargo muchas de estas ideas o elementos no son mencionados porque sus resultados no fueron satisfactorios y fueron desechadas rápidamente sin que tuvieran alguna importancia considerable en el producto más que la confianza de saber que el camino elegido no era simple casualidad sino que partió de una exploración exhaustiva y un análisis serio.

4.1 Evolución y desarrollo de la alternativa seleccionada

Desde el inicio del proyecto siempre uno de los objetivos básicos fue el de encontrar una solución funcional pero simple, por este motivo aunque nunca se dejaron de considerar todas las posibles alternativas la idea de diseñar un producto que fuera sencillo pero que cumpliera todos los requerimientos definidos para él, siempre rigió el desarrollo del proyecto. Fue así como surgió la idea inicial de tomar como principal referente los “Rickshaws” basados en principios muy simples y funcionales, razones por las cuales fueron altamente difundidos y usados sobre todo en países orientales como China, Japón e India, e incluso aun hoy en día son usados en varios de estos lugares aunque

más como un elemento para promover el turismo que como solución real a sus problemas de transporte.

Bajo estas premisas surgieron las diferentes alternativas de solución que fueron luego sometidas a un proceso de evaluación y selección para elegir la propuesta que mejor satisfacía los diferentes requerimientos del proyecto. La elegida fue la alternativa de solución número tres, con la cual fue necesario comenzar un proceso de clarificación y depuración de todos sus detalles para poder iniciar la construcción de los primeros modelos que permitieran analizar mejor su funcionamiento y viabilidad.

Para lograr esto se realizaron varias sesiones de lluvia de ideas, llevando a cabo bocetos de las alternativas que surgían sobre cada uno de los componentes del sistema, pues siempre se consideró el dibujo como una de las herramientas esenciales para el desarrollo del proyecto. Además se comenzó a realizar una investigación más a fondo en el medio, de cuales podrían ser los posibles sitios y elementos que serían factibles utilizar en su fabricación.

Después de este análisis inicial se decidió como punto de partida, realizar un modelo a escala en madera que permitiera analizar mejor las proporciones reales y el funcionamiento del objeto, paralelamente se realizaron algunas modelaciones rápidas con sus posibles medidas finales.

Estos acercamientos burdos permitieron aclarar ciertos aspectos como los ángulos y medidas que debería tener el producto para que fuera fácil de usar, sin embargo aun no era posible definir cuan útil y funcional podría ser en realidad la propuesta, era importante conocer si en realidad el objeto se comportaría como se suponía a partir de ese primer modelo a escala y modelaciones, por lo cual se comenzó la construcción de un segundo modelo, esta vez en escala real aunque usando todavía madera.

Se procedió entonces a buscar las ruedas de bicicleta con las medidas que previamente se habían definido y se comenzó la construcción del modelo a escala real, este básicamente estaba compuesto por una estructura que formaba un marco, un eje continuo que cruzaba el marco y del cual salían los dos soportes sobre los cuales se soportaría el termo. Para darle firmeza al sistema se le añadieron dos vigas a la estructura, que unían el marco con cada uno de los soportes del termo formando una “a” mayúscula invertida. Estos soportes fueron ensamblados mediante una bisagra, la cual permitía modificar el ángulo al cual se podía abrir la “A”.

Para tener un poco mas de claridad sobre como quedó este primer modelo en madera en la fotografía de la fig. 41, se muestra el resultado final y algunos de sus detalles mas importantes. Cabe aclarar que este modelo se construyó en base a las medidas definidas con el modelo a escala y las modelaciones previas con el único fin de corroborar si las presunciones de cómo debería funcionar el producto eran acertadas, por este motivo nunca se presto mayor atención a los detalles formales.



Fig. 41 Primer modelo hecho a escala en madera

Sobre éste primer modelo a escala real se realizaron las primeras pruebas con el fin de observar la altura necesaria a la que debía estar el termo para poder descargarlo en el vehículo de la empresa sin ningún contratiempo (800 mm.), además se analizaron los ángulos a los que debería abrirse para su uso, por ejemplo ¿cuál era el ángulo ideal al que debería estar abierto para alzar cómodamente el termo desde el piso? (se identificó un rango entre 55 y 60° como el mas adecuado) , y ¿cuál el ángulo ideal para su transporte? (aproximadamente 50°).

Con estas bases y después de haber comprobado en principio que el sistema funcionaba se decidió proceder a construir un primer modelo con materiales reales. Inicialmente se pensó en fabricar el producto con un perfil elíptico calibre 16, pero debido a la dificultad de encontrar un sitio donde lo pudieran doblar se decidió emplear tubería en acero de 1" calibre 16.

El tubo fue doblado formando una "U" y se partieron dos tramos de tubería elíptica de 950 mm a los cuales fue adaptado un elemento que simulara un gancho con el cual se pudiera agarrar el termo, para darle rigidez y poder variar el ángulo entre las dos partes se uso un disco perforado que permitía abrirlo o cerrarlo según fuera necesario. Para tener mas claridad sobre la disposición y ensamble final de este modelo en las fotografías de la fig. 42 se pueden apreciar en detalle el ensamble con el disco y el modelo abierto y como quedaría plegado.

Para la construcción de este primer modelo con materiales reales, algunos detalles formales como el gancho y los sistemas de ensamble no fueron tratados a profundidad pues lo que se pretendía era analizar el funcionamiento de las partes esenciales del sistema para comprobar la facilidad y seguridad de al llevar el termo y la fuerza necesaria para cargarlo.



Fig. 42 Primer modelo con materiales reales.
Ensamble con el disco y plegado

Para poder probar el funcionamiento del sistema completamente fue necesario también fabricar la “canasta” en la cual iría el termo y que permitiría cargarlo, además de protegerlo frente a golpes. Esta se había pensado como dos aros en tubería de acero unidos por cuatro tubos que crearían una estructura que sería recubierta por espuma con forma cilíndrica.

Inicialmente se consideró la posibilidad que esta estructura fuera soldada, como esto generaría que el objeto no pudiera ser desarmado sin dañarlo, además que se complicaría considerablemente su ensamblaje, considerando la

forma en que tendría que introducirse los tubos de espuma, se decidió buscar un tipo de ensamble diferente que fuera funcional pero no afectara la estética del producto.

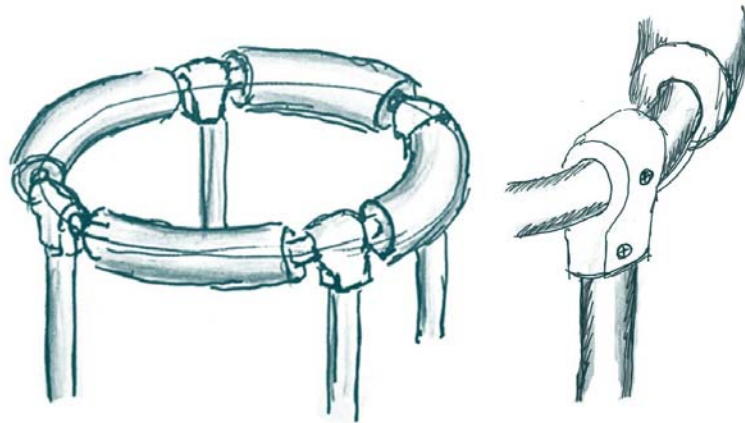


Fig. 43 Ensamble de la canasta para cargar el termo

Entre las diferentes alternativas que se consideraron se encontró que en el mercado colombiano existen soportes plásticos que se ajustan no solo a las medidas sino que ofrecen la resistencia necesaria para que el termo no esté en peligro de dañarse si éste falla. Este soporte en “T” es ofrecido en la ciudad de Medellín por la empresa Cauchos MALAKA. Debido a que el soporte viene para una medida de tubo específica (1” $\frac{1}{4}$) se debió cambiar la tubería empleada para realizar los aros por tubería de este diámetro.



Fig. 44 Soportes en T para ensamble de canasta

Para continuar con la fabricación de esta parte se mandaron a doblar dos aros de 500 mm de diámetro y se cortaron cuatro tramos de tubería de 350 mm cada uno, además se consiguió una tubería de espuma de polietileno para forrar el sistema una vez se ensamblara, para la base se decidió recortar un círculo en MDF de 9 mm.



Fig. 45 Aros y tubería de espuma para la canasta

Una vez conseguidas todas las partes se procedió a realizar las perforaciones necesarias y realizar el ensamble del sistema con tornillos. En las figuras 45 y 46 se muestra como quedó la “canasta” luego del ensamble de todas sus partes.



Fig. 46 Canasta con el termo



Después de tener todo el sistema completo se procedió a probarlo, se analizó entonces la forma de alzar el termo vacío y lleno de nitrógeno y el funcionamiento del sistema para descargar el termo en el carro.

En la primera situación se identificaron muchas deficiencias en la rigidez de la estructura lo que la hacía muy inestable al momento de llevar el termo, además debido a que se empleó un eje continuo éste se comenzó a doblar formando un arco al momento de realizar el contrapeso con el pie para levantar el termo pues el peso es bastante alto (35 KG cuando el termo está lleno), esta doblez afectaba también las ruedas las cuales se inclinaban sobretodo cuando se cargaba el termo lleno de nitrógeno chocando con el marco y afectando el traslado del termo.

Estas pruebas también fueron muy útiles para identificar la necesidad de diseñar un gancho en un material muy resistente y con un diseño especial para asegurar que al momento de cargar o descargar el termo este no se fuera a caer y corriera el riesgo de dañarse.





Fig. 47 Demostración de las maniobras de levantar el termo y trasladarlo

En la Fig. 47 se puede apreciar el funcionamiento del sistema al momento de levantar el termo y trasladarlo, debido a que después de intentar cargar el termo completamente lleno se notó mucha inestabilidad y se corría el riesgo de dañarlo si el sistema fallaba, el resto de pruebas fueron realizadas con el termo parcialmente lleno (con un peso aproximado de 22 Kg. incluida la canasta).

En cuanto a la parte de las pruebas relacionadas con la descarga del termo en el vehículo, estas permitieron confirmar la altura a la que debería ser trasladado el termo (mínimo 800mm desde el piso) y ayudaron a determinar algunas características necesarias para el diseño del gancho, el cual era necesario hacerlo de tal forma que fuera fácil desenganchar el termo una vez este estuviera en el carro, pensando en esto se decidió diseñar este gancho y se descartó definitivamente una de las ideas iniciales que era buscar uno que ya existiera en el mercado.

En la Fig. 48 se pueden apreciar algunas imágenes de las pruebas que se realizaron, estas imágenes muestran un vehículo diferente del que emplea la compañía, sin embargo la diferencia de alturas no varía más de 10 cm (más alto el de la empresa), esta diferencia no se consideró tan determinante pues al momento de descargar el termo se notaba que existía el espacio suficiente para alcanzar la altura real sin ningún problema por esta razón algunas de las

pruebas se realizaron con este carro ya que por cuestiones de tiempo no era fácil contar con el vehículo que posee la compañía (de todas maneras el producto fue probado simulando la altura real.)



Fig. 48 Simulación de carga en el vehículo

Las pruebas realizadas con este primer modelo fabricado con materiales reales fueron vitales para la continuación del proceso de diseño y para poder empezar a definir las características que iba a tener el producto final. Básicamente partiendo de todo lo que se pudo observar en las pruebas y luego de analizar cada uno de los detalles e identificar cuales eran las mayores deficiencias del producto (su inestabilidad cuando se encontraba cargado con el termo lleno, y el alto esfuerzo requerido para cargar el termo lleno), se procedió a generar las mejoras necesarias para tratar de solucionar cada una de estas fallas, pensando en como aumentar la rigidez de todo el sistema y evitar que las ruedas se pudieran seguir inclinando, se decidió emplear mejor, tenedores

comerciales de bicicleta, con lo cual se lograría mucha mas estabilidad y el producto ganaría considerablemente en fortaleza.

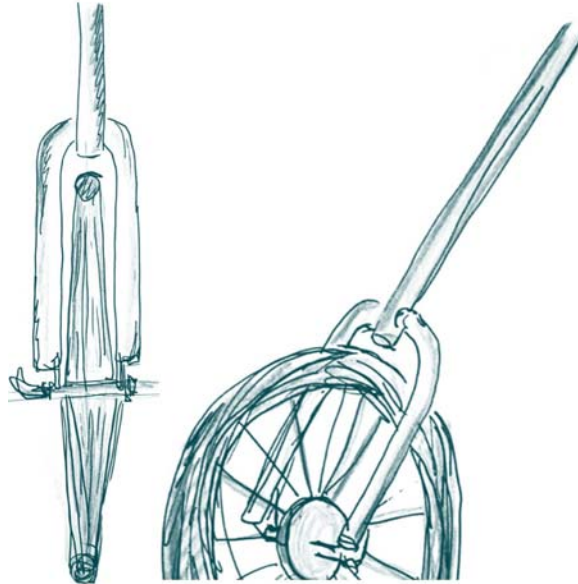


Fig. 49 Boceto del uso de tenedores comerciales de bicicleta

El uso de tenedores para sostener las ruedas ofrecía además el beneficio de poder usar mazas de bicicletas lo que facilitaría en gran medida el desmontar o montar las ruedas del sistema cuando este se quisiera guardar o se fuera a trasportar y no se tuviera mucho espacio.



Fig. 50 Mazas de bicicleta utilizadas

En cuanto a la forma como era sostenido el termo, el hecho de que los brazos fueran cada uno independiente hacia que el sistema perdiera rigidez pues estos debían ser muy largos y en el modelo inicial carecían de algún tipo de soporte adicional que les diera más estabilidad, esto sumado al hecho de haber cambiado la forma de ensamblar las ruedas con un único eje por dos tenedores había eliminado el punto de apoyo que hacia que la acción de levantar el termo fuera mas fácil, por lo cual se pensó en la idea de juntar los dos brazos que soportarían al termo en una sola parte que dispuesta de una forma especial permitiría ser usado también como palanca para ayudar usando el propio peso de la persona a levantar el termo sin realizar un esfuerzo tan grande. (ésta disposición se puede apreciar en las imágenes 51)

La pieza se diseño entonces de manera que al ensamblarse (se decidió que este seria con tornillos) con el resto del producto creara un sistema fuerte y seguro y que a su vez permitiera plegarlo cuando esto fuera requerido. A continuación se presentan algunos de los primeros dibujos que se hicieron en el diseño de la nueva pieza.

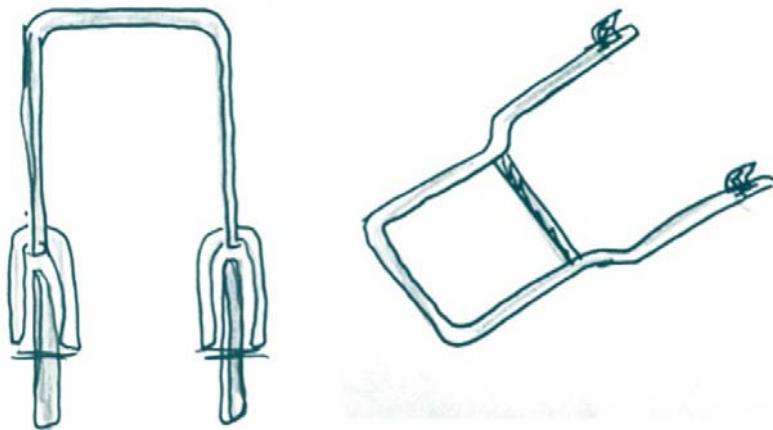


Fig. 51 Bocetos de manillar y soporte del termo

La parte de los soportes del termo quedó planteada en forma de A mayúscula invertida con la característica de que en su parte superior se ampliaba para poder recibir los tamaños de termos mas grandes.

Después de haber aclarado y definido cada una de las partes que se rediseñaron se decidió construir un nuevo modelo que permitiera probar las mejoras hechas y definir los próximos pasos a seguir.

Para la construcción de este nuevo modelo se definieron las nuevas medidas y se procedió a mandar a doblar las nuevas partes y conseguir los tenedores para proceder a ensamblarlo, en la figura 52 se puede apreciar como quedó el producto.



Fig. 52 Producto con las últimas modificaciones

Con el fin de asegurar que todos los cambios que se hicieron funcionarán correctamente, se realizaron nuevas pruebas para evaluar cada una de las funciones críticas del sistema (carga del termo y su posterior descarga en el vehículo en el cual se transporta).

El resultado de estas nuevas pruebas no pudo ser más satisfactorio pues al usar el nuevo modelo, éste se comportó bastante bien y no se encontraron los mismos problemas de rigidez al transportar el termo que en el modelo anterior.

Para realizar una prueba más completa, el transporte del termo se probó también subiendo y bajando pequeños escalones para comprobar su correcto funcionamiento.



Fig. 53 Pruebas en el terreno

En cuanto a la carga del termo en las pruebas se encontró que se requería realizar un esfuerzo medio para levantar el termo cuando este estaba completamente lleno de nitrógeno líquido (mas adelante se presentan los cálculos de la fuerza máxima necesaria para levantar el termo), sin embargo el progreso respecto al anterior diseño fue mucho pues en el nuevo modelo la persona cuando hace el contra peso con el pie reduce el considerablemente el esfuerzo. Es importante mencionar que aunque siempre se quiso reducir al máximo la fuerza que debía realizar la persona, la gran ventaja con este sistema es que la persona no tiene que doblar la columna e inclinarse para levantar el termo como se hace actualmente y pues esos movimientos de torsión son las que mas riesgo generan en las personas que deben manipular cargas pesadas.



Fig. 54 Pruebas de campo



Fig. 55 Pruebas de carga/descarga

En lo referente a la descarga del vehículo el nuevo modelo no presentó ningún tipo de problema en las pruebas que se realizaron, en la figura 55 se pueden apreciar algunas de las imágenes.

Después de haber realizado todas estas pruebas y de confirmar el funcionamiento correcto del sistema se procedió a definir aquellos detalles que todavía no habían sido desarrollados profundamente, como la forma en que se plegaría el producto y la posibilidad de hacerlo más seguro brindándole una forma de apoyo que permitiera descargar el termo para esperar sin tener que bajarlo completamente al piso. Este sistema también era necesario para ofrecer mas seguridad al momento de llevar el termo pues si bien las pruebas demostraron que no era difícil manejar el producto el hecho de que la persona sea la que lo tiene que mantener en equilibrio no dejaba de ser un riesgo.

Con el fin de encontrar la solución más viable se procedió a realizar un nuevo análisis buscando que el producto no perdiera su esencia simple y fuera fácil de manejar. Se decidió entonces basados en una idea inspirada en una mesa de dibujo plegable, añadirle al sistema de dos brazos que se encargarían de unir las dos partes del producto (el manillar y el soporte de los termos), estos brazos permitirían descargar el termo con solo dejarlo caer un poco hacia atrás y además facilitarían plegarlo cuando se quisiera guardar.

Para entender un poco mas como funcionaría el sistema en la fig 56 se pueden apreciar algunos de los bocetos que se realizaron en el proceso inicial de búsqueda. La idea es básicamente emplear dos brazos con un largo determinado que permita adaptarles un riel para que el manillar se pueda desplazar a través de este y cerrarse para quedar en posición plegada o abrirse al punto que la persona requiera para su mayor comodidad.

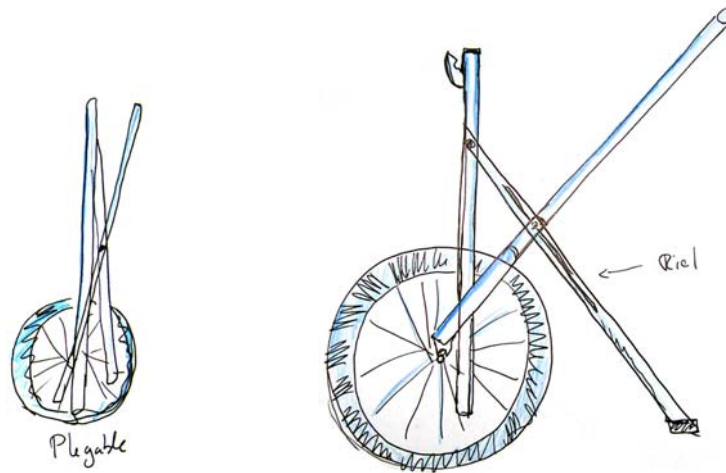


Fig. 56 Brazos para unir el manillar y el soporte de los termos

Después de definir la idea se procedió a implementarla en el modelo real, para esto se consiguieron dos tramos de tubería ovalada (para permitir un mejor ensamble con el riel) de 940 mm cada uno, además se consiguieron dos pedazos de riel cada uno de 300 mm, una platina que encajara en el riel y un tornillo con su respectiva tuerca. Luego de tener cada uno de los elementos necesarios se procedió a su ensamblaje, en la Fig. 57 se puede apreciar el resultado.



Fig. 57 Detalles fotográficos del riel de ensamble

Para confirmar que el funcionamiento del sistema continuará siendo el esperado, el nuevo modelo se probó de forma similar a los anteriores verificando que no presentara problemas al levantar el termo y descargarlo mas adelante en el vehículo, además se comprobó que el sistema para plegarlo funcionaba correctamente (fig 58) y que al dejar caer el termo un poco

hacia atrás los nuevos brazos si lo soportaran correctamente y funcionaran según lo esperado.



Fig. 58 Vistas fotográficas del plegado

4.2 PROPUESTA DEFINITIVA.

Después de todo el proceso de diseño, de realizar varios modelos y probar cada uno de ellos con el fin de asegurar su correcto funcionamiento, se llegó a un producto funcional que cumplía satisfactoriamente los requerimientos definidos inicialmente para éste.

4.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Este producto está compuesto por tres partes básicas, una estructura en forma de U terminando cada uno de sus brazos con un tenedor de bicicleta, la segunda parte está compuesta por una estructura similar pero que se asemeja más a una A mayúscula invertida, esta pieza es la encargada de soportar el termo. La tercera parte está compuesta por dos brazos en tubería que unen las

dos partes anteriormente mencionadas y que cierran el sistema dándole rigidez, estos brazos tienen como principal función la de permitir descargar el producto cuando se está transportando el termo sin tener que bajarlo al piso, y permitir plegar todo el producto cuando se desee guardarlo. (Para tener una mayor claridad en cuanto a la forma de ensamble, sus detalles y los materiales y dimensiones ver anexos 4 y 5)

En cuanto a la forma de asegurar el termo al producto, este se compone de dos anillos en tubería que están conectados con cuatro tubos de 320mm, el ensamble entre estos es realizado por medio de unos soportes plásticos en forma de "T". Toda esta estructura está cubierta con espuma cilíndrica para asilar el termo y evitar que este se pueda dañar por algún golpe. Además posee dos pequeños soportes los cuales son los que permiten enganchar el termo al resto del producto. El sistema se complementa con una base en madera y un juego de seis pequeñas ruedas giratorias que hacen más fácil mover el termo en superficies lisas y estrechas.



Fig. 59 Ruedas giratorias para la base de la canasta

Es importante aclarar que esta "canasta" fue pensada como un producto independiente para cada termo por lo cual se recomienda tener una para cada uno de los termos de la compañía. (Sería necesario solo para los 4 termos en los cuales se transporta el nitrógeno líquido y que por su alto peso no son fáciles de cargar).

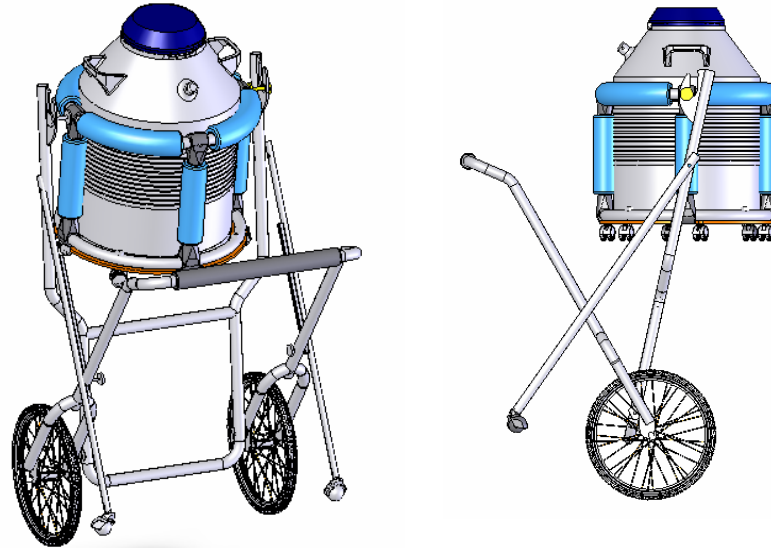


Fig. 60 Modelo tridimensional de la solución

4.2.2 FUNCIONAMIENTO

Como se dijo anteriormente el funcionamiento del producto está inspirado en los rickshaws, cuyo principio se basa en alinear el centro de gravedad del objeto que se va a cargar con el centro de giro de las ruedas, así la persona debe empujar el peso mas no cargarlo, reduciendo en gran medida el esfuerzo. Como el sistema esta basado en solo dos ruedas es inestable mientras no se controle su equilibrio, por eso debe manejarse como el cuerpo humano. Si una persona se para y se inclina hacia delante o hacia atrás de forma que pierda el equilibrio, la persona es capaz de estabilizarse para no caerse, el cerebro humano apenas se percata de que la persona esta en desequilibrio hace mover la piernas para evitar la caída. De una forma similar la persona que maneja el producto debe controlar y mantener en equilibrio el termo, esto aunque en principio parece difícil y peligroso, no lo es tanto si tenemos en cuenta que esta acción de controlar el equilibrio es innata al ser humano, además esto lo corrobora el uso de vehículos como los rickshaws por más de 100 años.

Es importante sin embargo aclarar que por seguridad y teniendo en cuenta el peso del termo el producto debe ser manipulado por un adulto y debe ser controlado con ambas manos para poder asegurar un completo control sobre este.

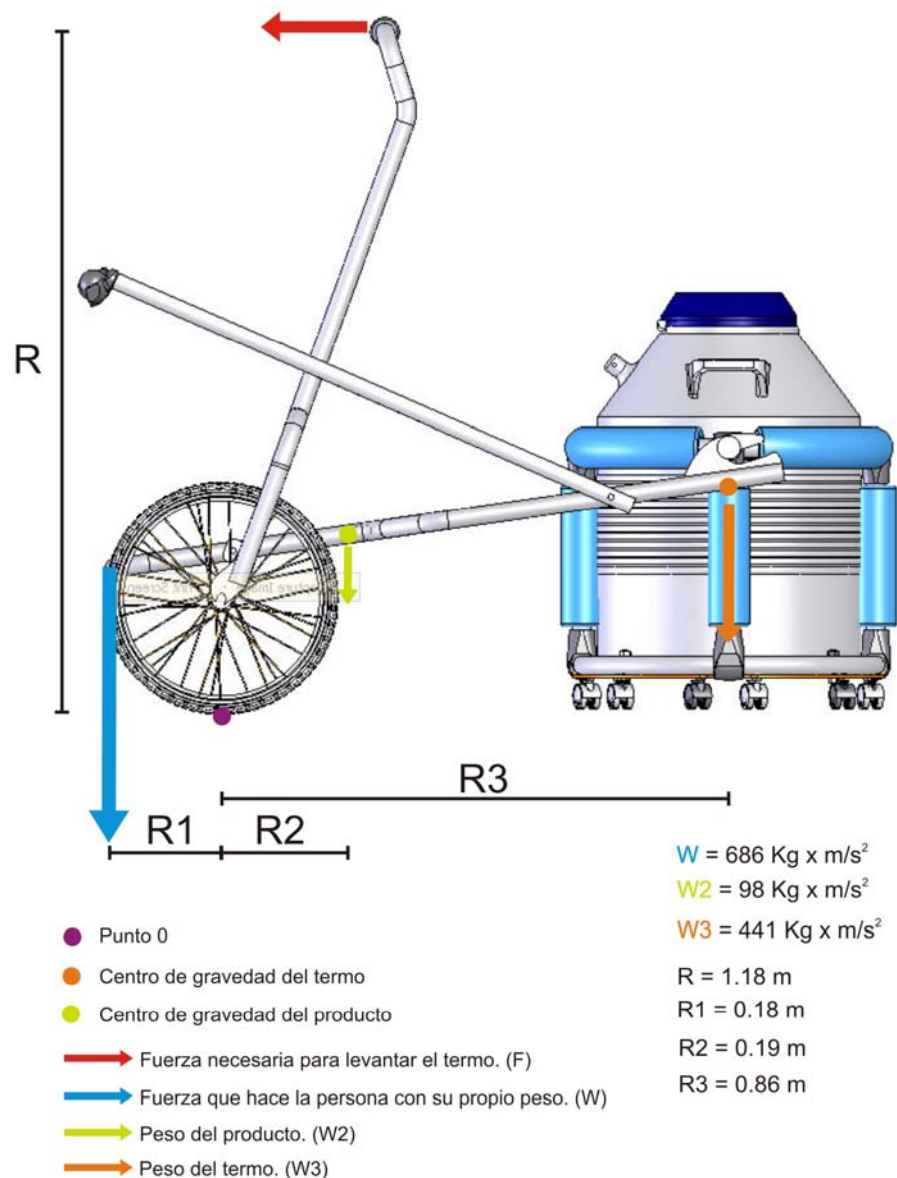
En cuanto a la forma de levantar y bajar el termo para facilitarlo y permitir que la persona tenga el control, se utiliza como contra peso a la misma persona, así ésta no requiere hacer un esfuerzo muy grande para cargar un termo de hasta 40 Kg., esto se logra gracias a que el producto está diseñado para que la persona pueda apoyar su pie y descargar su peso ejerciendo una palanca en el termo.

Debido a la posibilidad de apoyar el producto mientras el termo aun está cargado, existe el gran beneficio de poder llenar otros termos de nitrógeno sin tener que cargarlo desde el piso y realizar un esfuerzo muy grande, pues gracias a que el termo queda pendulante este es fácil de girar para llenar otro termo, cuando sea necesario.

4.2.3 FUERZA NECESARIA PARA LEVANTAR LOS TERMOS.

Hasta este punto todos los análisis realizados fueron de alguna forma experimentales, por ser un producto bastante simple en ningún momento se consideró necesario realizar otro tipo de demostración, sin embargo aunque se comprobó experimentalmente que la fuerza que se debía realizar para levantar el termo no era mucha, es importante definir y tener una referencia mas precisa de cuanto significa ese “mucha”, por esta razón se decidió realizar los cálculos para determinar la fuerza máxima que se tendría que realizar sobre el producto para poder cargar el peso máximo considerado en los requerimientos iniciales del producto (45 Kg.).

Para realizar este análisis se consideró que la masa de la persona que lo maneja sería de 70 kg. Con base a esto se procedió a calcular cual sería inicialmente la fuerza máxima que tendría que ejercer sobre el producto para levantar el termo con su peso máximo (45 Kg), además se consideró también la fuerza para levantar el peso promedio de los termos (30Kg), que sería en últimas la carga mas común con la que se emplearía el producto. A continuación se presentan los diagramas de fuerzas y los respectivos cálculos de cada una de las variables.

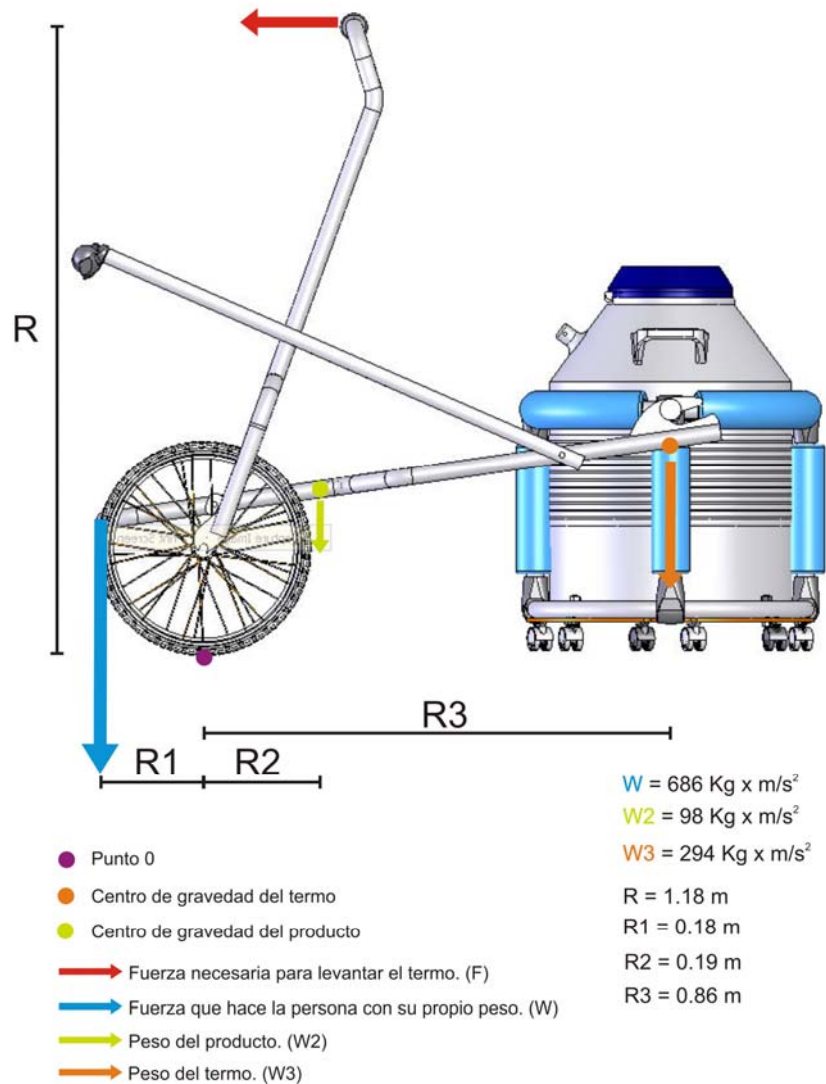


$$\Sigma M_0 = F \times R + W \times R1 - W2 \times R2 - W3 \times R3$$

$$F = \frac{-W \times R1 + W2 \times R2 + W3 \times R3}{R} = \frac{-123.5 + 18.62 + 379.26}{1.18} = 232.52 \text{ N}$$

Fig. 61 Diagrama de fuerzas 1

En estos cálculos se puede apreciar que con la carga máxima, la persona cargaría un poco más de la mitad del peso real del termo, aunque esto puede considerarse alto es importante tener en cuenta que la persona no tiene que doblar la columna corriendo riesgos de una lesión y además en el caso de la empresa Distrisemen Ltda. los termos que ellos manejan para trasportar el nitrógeno y el semen no sobrepasan los 35 kg. de peso, pues los más grandes son usados exclusivamente como termos bodega y no son movidos prácticamente nunca.



$$\sum M_0 = F \times R + W \times R1 - W2 \times R2 - W3 \times R3$$

$$F = \frac{-W \times R1 + W2 \times R2 + W3 \times R3}{R} = \frac{-123.5 + 18.62 + 252.84}{1.18} = 147.96 \text{ N}$$

Fig. 62 Diagrama de fuerzas 2

4.2.4 OPTIMIZACIÓN

La retroalimentación fue una constante presente en todo el proceso conceptual y de diseño, así como de la construcción de la alternativa presentada como definitiva. Todo el proceso fue hecho de una manera secuencial, apuntando siempre a la consecución de los objetivos iniciales de una forma experimental y analítica, la etapa de optimización no fue mas que la continuación de este proceso donde según lo observado y registrado se procedió a tomar medidas correctivas que mejoraran el funcionamiento y aspecto final del producto.

Muchos aspectos fueron críticos en su momento y se debieron analizar particularmente para posteriormente realizar los ajustes correspondientes y volverlos a probar, para esta última etapa el funcionamiento del producto ya está asegurado por lo cual los aspectos de mejora son básicamente para hacer aun más fácil y eficiente su uso.

Uno de los aspectos menos desarrollados en el proyecto fue el del gancho que sostendría los termos, aunque se habían realizado varios acercamientos este no se definió completamente, por esta razón en esta etapa se pensó especialmente en su diseño en base a los parámetros especificados anteriormente para este, como la seguridad que debe brindar para que el termo no se salga, y las características que debe tener para que una vez descargado el termo en el vehículo éste se pueda desenganchar fácilmente.

Después del análisis y evaluación de las alternativas que se consideraron se llegó a la decisión de realizar el gancho en una platina de ¼ “, la forma está

especialmente diseñada para que el termo una vez enganchado se deslice y no se pueda devolver fácilmente, sin embargo permite a la hora de descargarlo en el vehículo, desengancharlo fácilmente. (Fig. 63)

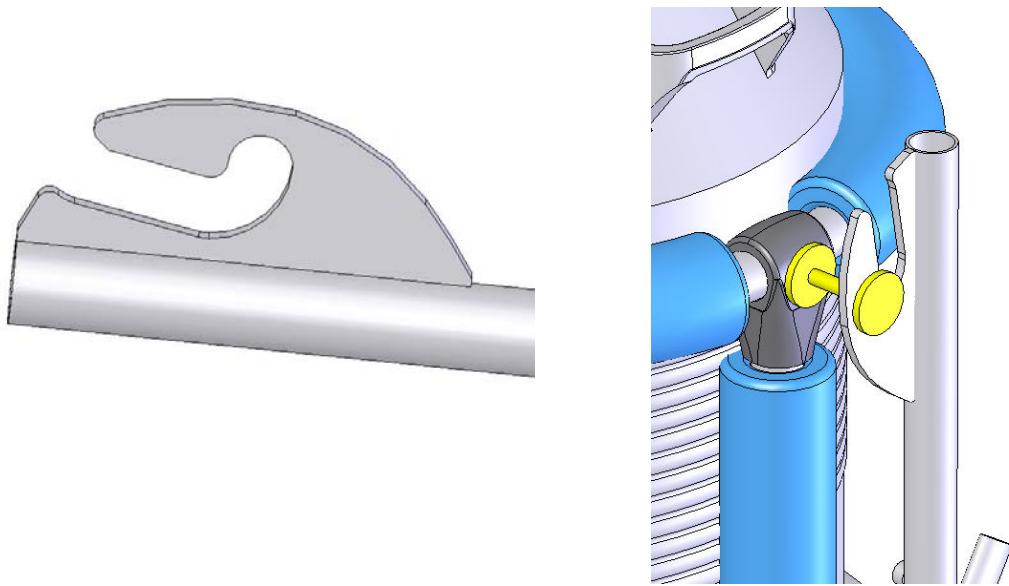


Fig. 63 Enganche de la canasta del termo

Otro de los aspectos que se modificó con el fin de mejorar el desempeño final del producto, tiene que ver con facilitar la levantada del termo desde el piso, pensando en esto se le decidió hacerle un pequeño dobléz al manillar con el fin de que la persona no tenga que inclinarse mucho hacia delante (se gana una distancia de 140mm), así la persona puede ejercer el contrapeso mucho mas eficientemente.

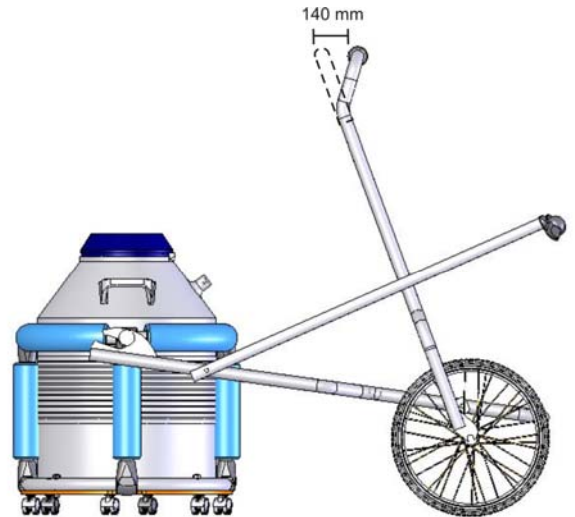


Fig. 64 Manillar

Por último pensando en facilitar a la persona el traslado de los termos, y teniendo en cuenta que por las características del diseño el manejo del producto debe realizarse con las dos manos para no correr el riesgo de que el termo se pueda caer, se decidió que los brazos que sirven para apoyar el sistema sin tener que descargar el termo, terminaran no como se había pensado inicialmente en empaques de caucho sino en dos pequeñas ruedas para que la persona si por alguna razón no tenía las dos manos libres y no se encontraba sobre una superficie irregular pudiera apoyar el sistema y simplemente limitarse a empujarlo.



Fig. 65 Ruedas de apoyo

4.2.5 COSTOS

Teniendo en cuenta que uno de los requerimientos iniciales hablaba de la necesidad de encontrar un producto que fuera económico para la compañía, luego de definir cada uno de los detalles formales del producto se decidió hacer un pequeño análisis en donde se pudiera apreciar el costo final del producto. Este se realizó inicialmente diferenciando el producto que permite transportar el termo y la estructura donde este se protege y la cual permite que sea cargado fácilmente, para luego sumarlos y definir el costo final. A continuación se presentan las tablas en donde se diferencian cada una de las partes y servicios necesarios para la fabricación del producto.

SISTEMA TRASLADO TERMO

COSTOS Diseño final **PARTES**

MATERIAL O PIEZA	CANTIDAD	PROVEEDOR	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Tubería circular de 1" Cal.16	6 mt	Ferretería MAPA	\$2.474	\$14.848
Tubería ovalada	2 mt	FERROSVEL	\$2.370	\$4.740
Tenedores de bicicleta	2	Bicicletas BASE	\$15.000	\$30.000
Ruedas de bicicleta diámetro 20"	2	Bicicletas BASE	\$29.000	\$58.000
Rieles	1 mt	Homecenter	\$4.633	\$4.633
Ruedas esféricas	2	Homecenter	\$2.500	\$5.000
Manillar (espuma)	500 mm	Cauchos MALAKA	\$3.000	\$3.000
Maza rueda de bicicleta	2	Bicicletas BASE	\$7.000	\$14.000
Platina Cal. 4mm. (25 x 55 mm)	2	Ferrocortes	\$500	\$1.000
Perilla de fijación	2	Homecenter	\$2.250	\$4.500
Platina Cal. 1/4 "	2	Ferrocortes	\$5.000	\$5.000
Tornillo hexagonal 3/8 x 2"	4	Homecenter	\$250	\$1.000
TOTAL				\$145.721

SISTEMA ESTRUCTURA TERMO

COSTOS Diseño final **PARTES**

MATERIAL O PIEZA	CANTIDAD	PROVEEDOR	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Tubería circular de 1"1/4 Cal.16	6 mt	Ferretería MAPA	\$3.350	\$13.400
Soportes en T	8	Cauchos MALAKA	\$2.200	\$17.600
Espuma cilíndrica	2.3 mt	Cauchos MALAKA	\$4.300	\$10.890
MDF 9mm 1/4 de lamina	1	Homecenter	\$12.900	\$12.900
Ruedas pequeñas giratorias	6	Homecenter	\$2.000	\$12.000
Soportes termo	2	Homecenter	\$2.250	\$4.500
Tornillo hexagonal 3/8 x 2"	4	Homecenter	\$250	\$1.000
TOTAL				\$72.290

TABLA 8 Costos partes sistema traslado y sistema estructura termo

SISTEMA TRASLADO TERMO

COSTOS Diseño final		SERVICIOS
SERVICIO	PROVEEDOR	COSTO TOTAL
Doblado de Tubería	IMMAR	\$16.000
Corte y maquinado	IMMAR	\$35.000
Soldadura en acero	A.L. Ingeniería	\$20.000
Pintura	José Velásquez	\$50.000
TOTAL		\$121.000

SISTEMA ESTRUCTURA TERMO

COSTOS Diseño final		SERVICIOS
SERVICIO	PROVEEDOR	COSTO TOTAL
Doblado de Tubería	IMMAR	\$15.000
Corte y maquinado	IMMAR	\$8.000
Pintura	José Velásquez	\$20.000
Corte de MDF		\$7.000
TOTAL		\$50.000

COSTOS Diseño final	TOTAL
Sistema traslado termo	\$ 266.721
Sistema estructura termo	\$ 122.290
TOTAL	\$ 389.011

TABLA 9 Costos servicios sistema traslado y sistema estructura termo

El costo final del producto es considerado bueno ya que se encuentra entre los límites presupuestados inicialmente (que costara menos de \$500.000 pesos) además porque si lo comparamos con productos similares distribuidos por empresas internacionales como MVE, los costos son inferiores, con la gran ventaja de ofrecer además la posibilidad de cargarlo hasta una camioneta para su transporte y facilitar su traslado por casi cualquier tipo de superficie sin limitarlo solo a superficies planas.

4.3 PRODUCTO FINAL

MODELACIONES

Simulación modelo final.



Forma en la que se podría vaciar el NL2 en otro termo.



Producto plegado.



Producto Final.



Fig. 66 Imagen del modelo funcional.

BIBLIOGRAFÍA

ESTRADA, Jairo. Ergonomía, segunda edición. Medellín: editorial Universidad de Antioquia; 2000. 346p.

SITIOS WEB

[Http://www.rae.es](http://www.rae.es), La página de la Real Academia de la Lengua Española fue visitada durante todo el tiempo que se realizó este trabajo.

Materiales [Sitio en Internet] Disponible en <http://www.matweb.com>
Último acceso el 25 de septiembre de 2006.

Conclusiones

Los objetivos planteados son la referencia para estimar el desarrollo del avance y la profundidad a la que se llegó con la culminación de este proyecto.

Fue muy importante la exploración que se realizó sobre el medio en el cual se desenvuelve la compañía Distrisemen Ltda. y especialmente sobre ésta pues fue posible identificar necesidades reales y descubrir muchas otras posibles oportunidades que son factibles de realizar lo que demuestra un mercado poco explorado y trabajado en el país pero con un gran potencial.

Se cumplió el objetivo general del proyecto de grado de diseñar y desarrollar un sistema para mejorar las condiciones de traslado y transporte de los termos de inseminación artificial en la compañía distrisemen Ltda., superando incluso las expectativas iniciales pues se logró superar el reto de la integración de dos de las funciones críticas en la empresa, de una forma simple pero funcional, todavía con una gran posibilidad de desarrollo para beneficio de la empresa.

A nivel funcional se alcanzaron los objetivos de rendimiento y desempeño esperados: se desarrolló un producto que permitiera trasportar un termo lleno de nitrógeno líquido con un peso aproximado de 35 Kg. sin que la persona tuviera que hacer un esfuerzo muy grande, se planteó en el mismo producto, la capacidad de levantar el termo y cargarlo en el vehículo reduciendo el esfuerzo considerablemente, y sobre todo con un riesgo mucho menor de sufrir algún tipo de lesión o desgarró, además se implementó de una forma original la capacidad de llenar otros termos con nitrógeno líquido sin tener que cargar el termo.

Se consiguió diseñar y fabricar un producto con elementos y partes del medio colombiano teniendo presente aspectos como: el manejo del color, acabados, y ergonomía, cumpliendo las expectativas de la compañía en cuanto a costos y superando las pocas alternativas existentes de este tipo de productos en cuanto a costos beneficios.

Se logró el objetivo a nivel de investigación pues la información consignada en este trabajo de grado es un aporte importante al conocimiento propio así como al de cualquier persona que lo lea pues trata de un tema poco conocido en el medio, pero de gran importancia por todos los factores que influyen en este. (Criopreservación de células, mejoramiento genético entre otros)

Se logró la aplicación de las herramientas y conocimientos aprendidos y desarrollados durante toda la carrera de Ingeniería de Diseño de producto, aplicándolos a un proyecto con una utilidad real en el medio colombiano más específicamente a la compañía Distrisemen Ltda. desarrollando un producto funcional y simple que cumple con los requerimientos y necesidades de la empresa.

Se consiguió el diseño de un producto acorde con las expectativas y metas impuestas al comienzo del proyecto, pero con la certeza de saber que no es la única ni la mejor solución posible, por tal razón el proceso no acaba en este punto y es factible de continuar con el fin de descubrir nuevas alternativas y desarrollar nuevas ideas en un medio con un gran potencial de desarrollo e investigación.