

**DISEÑO, SELECCIÓN, ADECUACIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE  
BOMBEO PARA UN VEHÍCULO CONTRA INCENDIOS**

**DIEGO JOSÉ PUENTES LANZZIANO  
OSCAR MAURICIO RUEDA SALAZAR**

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

**2005**

**DISEÑO, SELECCIÓN, ADECUACIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE  
BOMBEO PARA UN VEHÍCULO CONTRA INCENDIO**

**DIEGO JOSÉ PUENTES LANZZIANO  
OSCAR MAURICIO RUEDA SALAZAR**

**Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero Mecánico**

**Director  
NÉSTOR RAÚL D'CROZT  
Ingeniero Mecánico**

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

**2005**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por quererme tanto

A mis padres, en especial a mi madre por su apoyo incondicional,

A mi esposa, por acompañarme en las noches de estudio

A mis hermanos, por su compañía y consideración,

A todos los amigos de Sanandresito La Isla que de una u otra forma me brindaron la ayuda necesaria a lo largo de todo este caminar, y

A todas y cada una de las personas que a lo largo de mi vida me han brindado la oportunidad de demostrar mis capacidades.

**OSCAR**

## **DEDICATORIA**

Primero que todo dedico este magnifico triunfo a Dios, por que sé que sin él nada de esto seria posible.

A mi familia, por su apoyo desmedido e incondicional durante todo este proceso.

A Yolima Torres, mi futura esposa y Angie Catalina, mi hija; quienes son para mí, la luz de mi vida, el motivo de despertar cada mañana, las ganas de salir adelante y ser mejor persona.

A todos los compañeros de Universidad, por los grupos de estudio, las noche en vela, su compañía leal y desinteresada en los dulces y amargos momentos; y con este logro darles una luz de esperanza y decirles que algún día les tocará a ustedes.

**DIEGO**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Néstor Raúl D’Crozt, ingeniero mecánico, director del proyecto y amigo, por su respaldo, confianza y colaboración oportuna.

A Nicolás Pedraza, Ingeniero Mecánico y director del departamento de Vehículos de Bomberos de Accequip, por su colaboración e instrucción adecuada.

A Germán Rincón, y a Claudia Hernández, Capitán y Comandante, respectivamente, del Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Piedecuesta, por su confianza y colaboración en la realización de nuestro proyecto.

A Carlos Rivera, dueño de la fábrica de carros de Bomberos, Emergency E.U. , por compartir parte de su gran experiencia en este campo.

A todos los Bomberos Voluntarios de Piedecuesta, por su colaboración inmedida y respaldo a lo largo de la ejecución del trabajo.

A los diferentes integrantes de la NFPA sección latinoamericana que nos brindaron su conocimiento en la solución de inquietudes que se presentaron a lo largo del proyecto.

A nuestros padres, familiares y amigos.

**Oscar Rueda y Diego Puentes.**

## CONTENIDO

	pág.
<b>1. BOMBEROS</b> .....	<b>26</b>
1.1 HISTORIA.....	26
1.1.1 Cuerpos de bomberos:.....	26
1.1.2 Vehículos contra incendios:.....	29
1.2 LOS BOMBEROS EN COLOMBIA.....	33
1.2.1 Normas que rigen los Cuerpos de Bomberos Voluntarios.....	34
1.2.2 Organismos de Control .....	34
1.2.3 Funciones de los Cuerpos de Bomberos Voluntarios .....	34
1.2.4 Comité Técnico y de Educación .....	35
1.3 CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DE PIEDECUESTA.....	38
1.3.1 Historia: .....	38
1.3.2 Misión: .....	40
1.3.3 Visión: .....	40
<b>2. PARTES DE UN CARRO DE BOMBEROS</b> .....	<b>41</b>
2.1 ZONA 1: PARTE SUPERIOR DEL VEHÍCULO .....	42
2.2 ZONA 2: COMPARTIMIENTOS LATERALES.....	44
2.3 ZONA 3: PANEL O TABLERO DE CONTROL DE LA BOMBA .....	45
2.4 ZONA 4: PARTE INFERIOR DEL VEHÍCULO .....	46
2.5 ZONA 5: ÁREA DE LA TRIPULACIÓN .....	47
2.6 ZONA 6: CABINA DEL CONDUCTOR.....	47
2.7 ZONA 7: MONITOR .....	48
<b>3. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA A ADECUAR</b> .....	<b>50</b>
3.1 TANQUE DE AGUA.....	50

3.2 TUBERÍA DE SUCCIÓN.....	53
3.2.1 Tubería de Succión de Tanque a Bomba.....	53
3.2.2 Tubería de Succión Lateral a Bomba .....	54
3.3 TUBERÍA DE DESCARGA.....	55
3.3.1 Salida Lateral Izquierda .....	55
3.3.2 Carreteles.....	55
3.4 BOMBA PRINCIPAL .....	56
3.5 PANEL DE CONTROL .....	57
<b>4. EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DEL SISTEMA.....</b>	<b>58</b>
4.1 TANQUE DE AGUA.....	58
4.2 TUBERÍA DE SUCCIÓN.....	58
4.2.1 Tubería de Succión de Tanque a Bomba.....	60
4.2.2 Tubería de Succión Lateral a Bomba .....	64
4.2.3 Disposición de la tubería.....	66
4.2.4 Descripción de la línea de succión.....	66
4.3 TUBERÍA DE DESCARGA.....	68
4.3.1 Salidas Laterales .....	70
4.3.2 Carreteles.....	70
4.3.3 Monitor .....	70
4.3.4 Disposición de la tubería.....	71
4.4 BOMBA PRINCIPAL .....	72
4.5 PANEL DE CONTROL .....	76
<b>5. IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE.....</b>	<b>77</b>
5.1 TANQUE DE AGUA.....	78
5.2 TUBERÍA DE SUCCIÓN.....	78
5.3 TUBERÍA DE DESCARGA.....	80
5.3.1 Descarga Lateral Izquierda.....	80
5.3.2 Descarga Lateral Derecha. ....	82

5.3.3 Carreteles.....	83
5.3.4 MONITOR. ....	84
5.4 BOMBA PRINCIPAL .....	86
5.4.1 Posibilidades de Ubicación.....	86
5.4.2 Selección de la Ubicación.....	87
5.4.3 Apoyos de la Bomba.....	88
5.5 PANEL DE CONTROL .....	90
5.5.1 Sub - Sistema eléctrico .....	91
5.5.2 Acelerador .....	92
5.5.3 Tacómetro.....	93
5.5.4 Interruptor de Luces .....	93
5.5.4.1 Luces de Emergencia .....	93
5.5.4.2 Luces de frenado y luces direccionales traseras. ....	95
5.5.5 Dispositivos de advertencia audibles.....	96
5.5.6 Iluminación de trabajo.....	96
5.5.7 Gabinetes especiales para guardar el equipo de aire auto contenido SCBA .....	97
5.5.8 Manómetro Principal de Succión y Descarga .....	97
5.5.9 Manómetros Secundarios de Descarga .....	100
5.5.10 Indicador del POT Engranado .....	101
5.5.11 Válvula de Alivio .....	102
5.5.12 Apertura y Cierres de Válvulas.....	103
5.5.13 Bomba de cebado .....	104
5.5.14 Sistema de refrigeración.....	104
5.5.15 Indicador de nivel del agua.....	105
<b>6. PRUEBAS DEL SISTEMA DE BOMBEO .....</b>	<b>107</b>
6.1 PRUEBA DE UNIONES ROSCADAS Y SOLDADAS .....	107
6.2 PRUEBA DE CAPACIDAD DE LA BOMBA .....	108
6.3 CEBADO DE LA BOMBA .....	114
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>116</b>
<b>8. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>118</b>

**BIBLIOGRAFÍA ..... 119**

**ANEXOS ..... 121**

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1: Categorías de municipios para la protección contra incendios.....	50
Tabla 2 : Descripción General de la Tubería.....	61
Tabla 3: Valores máximos para los factores ponderados .....	73
Tabla 4: Resultados del análisis de factores ponderados. ....	74
Tabla 5 : Calibración del manómetro principal de descarga .....	99
Tabla 6: Calibración del manómetro de descarga lateral derecha. ....	100
Tabla 7: Calibración del manómetro de descarga lateral izquierda .....	101
Tabla 8 : Calibración del manómetro del monitor.....	101
Tabla 9 : Capacidad para 500 rpm. ....	112
Tabla 10 : Capacidad para 1000 rpm. ....	112
Tabla 11 : Capacidad para 1500 rpm. ....	112
Tabla 12 : Capacidad para 2000 rpm. ....	113
Tabla 13 : Capacidad para 2500 rpm. ....	113

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1: Bomba 2CBP	40
Figura 2: Vehículo de bomberos objeto de este proyecto.	41
Figura 3: Zonas constitutivas de todo vehículo de bomberos.	43
Figura 4: Parte superior del vehículo.	44
Figura 5: Baffles o rompeolas.	45
Figura 6: Parte lateral del carro.	45
Figura 7: Panel de control de la bomba.	46
Figura 8: Toma Potencia.	47
Figura 9: Bomba de cebado.	48
Figura 10: Cabina del conductor.	49
Figura 11: Monitor.	49
Figura 12: Dimensiones del tanque.	52
Figura 13: Área de paso de agua.	52
Figura 14: Vista superior del tanque.	53
Figura 15: Purga del tanque.	54
Figura 16: Mecanismo de cebado.	56
Figura 17: Impeler de la bomba anterior.	57
Figura 18: Lámina de bronce pegada al impeler.	57
Figura 19: Panel de control.	58
Figura 20: Esquema General de la tubería.	61
Figura 21: Diagrama de la tubería de succión.	64
Figura 22: Diagrama de la tubería de descarga.	71
Figura 23: Bomba AP.	73

Figura 24: Bomba UND – II/ A40 .	74
Figura 25: Bomba CBP.	75
Figura 26: Curvas de la bomba.	76
Figura 27: Soporte de la tubería de succión.	74
Figura 28: Filtro de río.	79
Figura 29: Tapón de la succión y Caperuza de la descarga.	79
Figura 30: Descarga lateral izquierda.	80
Figura 31: Válvulas gemelas.	81
Figura 32: Válvula 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " de descarga lateral izquierda.	81
Figura 33: Descarga lateral derecha.	82
Figura 34: Soportes de la tubería de descarga.	82
Figura 35: Válvula 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " de descarga lateral derecha.	83
Figura 36: Carreteles.	83
Figura 37: Reducción hacia los carreteles.	84
Figura 38: Control de los carreteles.	84
Figura 39: Válvula del monitor.	85
Figura 40: Monitor instalado.	85
Figura 41: Posición de la bomba.	86
Figura 42: Sentido de rotación de la bomba.	87
Figura 43: Vista posterior del vehículo.	87
Figura 44: Bomba en su sitio.	88
Figura 45: Apoyo principal de la bomba.	89
Figura 46: Apoyo secundario de la bomba.	89
Figura 47: Amperímetro	91
Figura 48: Batería.	92
Figura 49: Acelerador.	92
Figura 50: Tacómetro.	93
Figura 51: Medidor de presión del motor.	93

Figura 52: Medidor de la temperatura del motor.	93
Figura 53: Interruptor de las luces de emergencia.	93
Figura 54: Luces de emergencia delanteras.	94
Figura 55: Luces de emergencia traseras.	94
Figura 56: Luces de frenado y direccionales traseras.	95
Figura 57: Dispositivos de advertencia audibles.	96
Figura 58: Panel de control iluminado.	96
Figura 59: Equipo de aire auto contenido SCBA.	97
Figura 60: Manómetro principal de succión y de descarga.	98
Figura 61: Manómetro de descarga lateral izquierda.	100
Figura 62: Indicador del POT engranado.	102
Figura 63: Pera de presión del POT engranado.	102
Figura 64: Freno de aire del vehículo.	102
Figura 65: Control de la válvula de alivio.	103
Figura 66: Control de la válvula de descarga derecha.	103
Figura 67: Control de la válvula de cebado.	104
Figura 68: Racores del intercambiador de calor.	104
Figura 69: Intercambiador de calor.	105
Figura 70: Medidor de nivel.	106
Figura 71: Monitor en descarga.	107

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Manual del Trabajo y Mantenimiento del vehículo de emergencia	121

## GLOSARIO

**BOMBA HALE AP:** equipo de bombeo certificado por el fabricante para ser empleado en vehículos terrestres. Bomba de una sola etapa y con una capacidad de caudal mayor que la 2CBP bajo las mismas condiciones.

**BOMBA HALE 2CBP:** equipo de bombeo certificado por el fabricante para ser empleado en vehículos terrestres. Su característica esencial son las dos etapas que la componen.

**BOMBA UND - II/ A40:** equipo de bombeo de fabricación brasilera que cumple con los requisitos de bomba contra incendios. Presenta un mayor tamaño y peso que las dos anteriores pero ofrece una amplia gama de presión y caudal. No es muy conocida en el ámbito de los vehículos de bomberos y su importación por exceder de los US \$1.000 se hace un poco tediosa por no tener un representante legal en Colombia.

**MANGUERA DE SUCCIÓN:** es la manguera flexible que se conecta a una línea de succión, cuando se desea aspirar desde un hidrante o una fuente natural de agua ( río, laguna, estanque, etc. )

**MONITOR:** Un monitor o cañón de ataque es un elemento flexible empleado generalmente cuando se dispone de una bomba de gran capacidad de volumen para evitar que el bombero tenga que realizar esfuerzos extremos para controlar la descarga de agua.

**PANEL DE CONTROL DEL OPERADOR:** es el tablero montado generalmente al costado izquierdo del vehículo y en el cual van instalados los diferentes equipos de medición así como indicadores, algunas salidas y entradas para descarga y succión respectivamente.

**PITÓN:** boquilla ubicada en la salida de una manguera de descarga, o de cualquier otro elemento en el cual el agua presurizada es arrojada a la atmósfera.

**SALIDA DE DESCARGA:** es cada uno de los puntos en los cuales se puede conectar o está conectada una manguera para descargar el fluido presurizado.

**SERVICIO DE EMERGENCIA:** según la ley No. 322 de octubre 4 de 1996, firmada por el Ministro del Interior Carlos Holmes Trujillo, en su artículo No. 16 expresan: “Son servicios de emergencia aquellos que atiendan a una situación de desastre incendiario y conexos, real o inminente”.

**VEHÍCULO DE ATAQUE RÁPIDO:** denominación dada por la NFPA a un vehículo de combustión interna empleado para combatir incendios, cuya particularidad radica en que debe ser el primer auxilio en llegar al lugar de los hechos en el menor tiempo posible.

#### **NOTACIÓN**

- K     Constante de pérdidas.
- L     Longitud de la tubería, m
- Q     Caudal, m<sup>3</sup>/min .
- D<sub>i</sub>   Diámetro interno, mm.

$f_T$	Factor de fricción para calcular las pérdidas.
$Re$	Número de Reynolds
$v$	Velocidad m/s
$v_{sal}$	Velocidad del chorro a la salida m/s
$v_d$	Velocidad en la tubería de descarga m/s
$A$	Área m <sup>2</sup>
$A_{sal}$	Área en la salida del chorro m <sup>2</sup>
$P_a$	Presión atmosférica local. Psi.
$P_v$	Presión vapor local. Psi.
$P_d$	Presión real en la descarga. Psi.
$P_s$	Presión en la entrada de la bomba. Psi.
$P_{manom}$	Presión mostrada por el manómetro Psi.
$H_p$	Pérdidas. m.
$Z$	Diferencia de altura entre el nivel del agua y la bomba. m
$Z_d$	Diferencia de altura entre la descarga lateral y la bomba. m
$\Delta Z$	Diferencia de altura entre la carátula del manómetro y el punto donde sensa. m
$m_i$	Relación de velocidades entre la caja de motor y el toma potencia
$m_{iprom}$	Relación de velocidades promedio entre la caja de motor y el toma potencia

## LETRAS GRIEGAS

$\Phi_{interno}$	Diámetro interno. mm.
$\mu$	Viscosidad dinámica. Kg/m*s
$\rho$	Densidad. Kg/m <sup>3</sup>
$\gamma$	Peso específico N/m <sup>3</sup>

## RESUMEN

**TÍTULO:**  
**DISEÑO, SELECCIÓN, ADECUACIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA UN VEHÍCULO CONTRA INCENDIOS\***

**AUTORES:**

Oscar Mauricio Rueda Salazar  
Diego José Puentes Lanzziano. \*\*

**PALABRAS CLAVES:**

Sistema de Bombeo, Bombero, Sistema Contra Incendios, Panel de control.

**DESCRIPCIÓN:**

El objetivo de este proyecto es recuperar bajo estándares el Vehículo de Ataque Rápido empleado por el Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Piedecuesta para atender los diferentes siniestros y emergencias que se presenten en el municipio y poblaciones aledañas.

El diseño del Vehículo se realizó cumpliendo con los requerimientos de la norma NFPA edición del 2000, razón por la cual se realizó un trabajo bajo estándares internacionales. La selección de la tubería y accesorios del sistema hidráulico fue efectuada de una manera adecuada buscando garantizar una vida útil apropiada y representando una relación costo beneficio favorable para el proyecto. La adecuación del vehículo consistió en reacomodar el diseño a las piezas que pudieran ser tomadas del anterior sistema de bombeo o de la estructura, chasis o soportes internos del vehículo; para dicho propósito se requirió el análisis de varias opciones. Adicionalmente la adecuación hizo necesario el desmembramiento del sistema anterior con el fin de evidenciar el estado de algunos elementos que podrían ser reutilizables. Ya en el montaje se empleo una metodología procedimental con el fin de facilitar la operación y evitar posibles daños o desperdicios de tubería, y además buscando realizar este suceso en el menor tiempo posible. A medida que se fue llevando a cabo cambiaron algunos requerimientos del cuerpo de bomberos, razón por la cual rediseñamos el sistema de descarga para hacerlo más funcional y práctico.

El resultado es una máquina de bomberos con un excelente sistema de bombeo, con cuatro salidas de descarga (generalmente para máquinas similares se emplean dos salidas) , un monitor en su parte superior, y en su parte interna un espacio apropiado para una posterior elaboración de un compartimiento para alojar las unidades de autocontenido. Se consiguió ensamblar una máquina de bomberos a un precio por debajo del 50% del que eventualmente cobra cualquier ensambladora de este tipo. Este vehículo cumple y excede las características que la NFPA exige para un Vehículo de Ataque Rápido. Piedecuesta y sus poblaciones aledañas ahora cuentan con el respaldo de esta unidad altamente capacitada para la atención de siniestros.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Néstor D'Crozt.

## SUMMARY

### TITLE:

**DESIGN, SELECTION, ADAPTATION AND ASSEMBLY OF PUMP SYSTEM FOR A FIRE VEHICLE.**\*

### AUTHORS:

Oscar Mauricio Rueda Salazar  
Diego José Puentes Lanzziano. \*\*

### KEY WORDS:

Pump System, Fireman, Fire System, Control panel.

### DESCRIPTION:

The objective of this project is to recuperate it puts on a base standards the Initial Attack Vehicle wears for the Department of Voluntaries Firemen of Piedecuesta for attend the different fire and emergencies that they occur in the zone and borders populating.

The design of the vehicle its did satisfying with the requirements of the standard NFPA edition of 2000, reason for the which its realized a job puns on a base internationals standards. The selection of the pipe and accessories of the hydraulic system was realize of a suitable way searching to guarantee a useful correct life and representing a favorable benefit-cost relation for the project. The adapt of the vehicle consisted at to rearrange the design to the pieces that they can to be use of the previous pump system or of structure, chassis or internal support of the vehicle; for that purpose its needed the analysis of different options. Addle the adapt does need the separation for pieces of the previous system with the purpose of to diagnose the state of some element that they would can be reuse. Already in the mounting, we use a method procedurement with the purpose of to facilitate the operation and to avoid possible damages or to waste pipe and moreover searching to realize this act in the least possible time. In proportion as it was executing it, change some requirements of the firemen Department, reason for which we redesign the system of discharge for do it more functional and practice.

The result is a firemen machine with a excellent pump system, with four outlets of discharge (generally for similar machines that use two outlets), a monitor in its top part, and in its internal part an appropriate zone for a next make a fire machine to a lower cost to the 50 % of the that normally it collects anyone manufacturer of this kind. This vehicle meets and exceeds the characteristics that NFPA demands for an Initial Attack Vehicle. Piedecuesta and its borders populating now have the security of this unit, highly prepared for the attention of fires.

---

\* Degree Work.

\*\* Physical-Mechanical Sciences Faculty, Mechanical Engineering School, Eng. Néstor D'Crozt.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia al igual que cualquier otro país que busque garantizar la seguridad de sus habitantes, presenta una división institucional encargada de la prevención y atención de desastres, en la cual los diferentes cuerpos de bomberos son algunas de sus dependencias, incluyéndose tanto Voluntarios como Estatales. Actualmente los primeros son los que constituyen más de un 75% del total de estos entes que existen en nuestro país. Siendo entonces, estos departamentos de Bomberos Voluntarios los que prestan auxilio en la mayor parte de los siniestros y diferentes calamidades que se presentan a lo largo y ancho del territorio colombiano. Dentro de estos episodios se cuentan las inundaciones, incendios forestales, explosiones terroristas, rescates y apoyo tanto en espacios confinados como en lugares abiertos, y múltiples emergencias que en nuestro día a día surgen y que nos hacen vulnerables y nos involucran en la demanda de ayuda para solucionar el problema de disponer de elementos suficientes para contrarrestar dichas calamidades. Hoy en día es importante la colaboración de todas las entidades dentro de la operación de los Cuerpos de Bomberos, con el fin de tener la certeza y la confianza de que contamos con un equipo profesional, altamente calificado (entiéndase por equipo el conjunto conformado por el personal de atención de emergencias y los diferentes elementos, maquinaria y aparatos empleados en la atención de desastres), capacitado y con un correcto funcionamiento para atender cualquier anomalía que se nos presente.

En busca de garantizar un equipo confiable, las normas internacionales NFPA, las cuales se han constituido a partir del estudio y análisis de los

diferentes siniestros que se han venido presentando a lo largo de un siglo, nos brindan la base y nos suministran la experiencia para un diseño pensando en la operatividad eficaz del elemento, que permitan salvar vidas y conservar en lo posible los bienes materiales.

Es entonces, la protección de emergencias un campo importante y de alta aplicabilidad del ingeniero mecánico, no sólo en el diseño de sistemas contra incendios, sino también con nuestro actuar profesional puede provocar situaciones de riesgos tanto para el personal bajo el mando como para las múltiples estructuras en las cuales se labora; un pequeño ejemplo es en el diseño de sistemas de escape de gases que no presenten fuentes posibles de ignición que puedan provocar un siniestro como el que sucedió en Paraguay o como el ocurrido en Argentina en el año 2004.

Dentro de este trabajo formó parte la realización de un primer viaje a la ciudad de Bogotá, para conocer la estructuración de tipo político y técnico en cuanto a Cuerpos de Bomberos se refiere. Allí se nos invitó a participar del VII Congreso Internacional de Protección Contra Incendios, al cual asistimos e invitamos al director de este proyecto, el Ingeniero Néstor Raúl D’Croz T, para afianzar conocimientos con personas expertas en el tema.

En este gran proyecto presentamos 6 capítulos, donde cada uno de ellos involucra el carácter profesional de nuestra carrera, y donde tratamos los siguientes temas:

El capítulo 1 tiene como fin presentar la historia de los equipos empleados para combatir los incendios, las disposiciones legales colombianas que rigen los Cuerpos de Bomberos, y adicionalmente presentamos una pequeña reseña

histórica de la institución para la cual realizamos este proyecto, una descripción de la misma y a su vez identificamos el vehículo sobre el cual trabajamos.

En el capítulo 2, se presentan las partes constitutivas de manera general de un vehículo contra incendios, describiendo cada una de ellas, resaltando su importancia, ubicación y funcionalidad dentro del vehículo.

En el capítulo 3 presentamos el diagnóstico del estado que presentaba el tanque, la bomba, la tubería tanto de succión como la de descarga, los instrumentos dispuestos en el panel del operador de la bomba, y demás accesorios relacionados con los elementos anteriores. En esta sección se muestra las disposiciones legales colombianas que conciernen a nuestro trabajo.

En el capítulo 4, contiene ampliamente todo lo ejecutado en cuanto al diseño, evaluación de alternativas y selección para el buen desempeño de todos elementos constitutivos del Carro de Bomberos, como lo son medidores, accesorios de tuberías, soportes, disposición de las líneas, entre otros. En esta sección también se incluye lo referente a los pasos a ejecutar o tener presentes a la hora del montaje, y las pruebas realizadas al tanque para determinar su estado general. En este capítulo se expresa el acatamiento a la norma NFPA 1901, en cada uno de los aspectos considerados, y adicionalmente se presentan fotografías que ayudan a la comprensión del proyecto.

En el capítulo 5 expresa un gran contenido en cuanto a la implementación y montaje. Dentro de esta parte tratamos la construcción de apoyos, montaje de la bomba, de la tubería de succión tanque a bomba, de la succión lateral,

de la tubería principal de descarga, de las conexiones hacia el monitor y hacia los carretes, así mismo la instrumentación montada sobre los paneles y las conexiones eléctricas del vehículo que se revisaron y corrigieron. Cada uno de los ítems expresados cuenta con fotos que permiten su comprensión y evidencian el trabajo ejecutado.

Finalmente, el capítulo 6 contiene los procedimientos, resultados, y conclusiones de las pruebas realizadas a todo el sistema de bombeo, que nos permitieron comprobar el excelente estado final de la máquina de ataque inicial dispuesta al servicio del municipio de Piedecuesta (Santander).

Se incluye como anexo a este documento, el **Manual de operación, Servicio y Mantenimiento del sistema de bombeo del vehículo de emergencia con bomba contra incendio marca hale modelo CBP.**

## **1. BOMBEROS**

### **1.1 HISTORIA**

#### **1.1.1 Cuerpos de bomberos:**

Podemos estar seguros que el descuido nació en el hombre antes de la idea de frotar piedras para hacer el fuego con qué cocinar sus alimentos y calentarse en los fríos días de invierno. El fuego una vez producido y debidamente controlado, era el amigo más fiel del hombre, pero se volvía un peligroso enemigo que destruía hogares, utensilios de labranza y siembras, cuando el descuido permitía que se extendiese fuera del control humano, de allí que los Cuerpos de Bomberos remontan sus inicios a los orígenes de la humanidad. Es lógico pensar que el hombre conoció el fuego a través de la naturaleza y sus fenómenos, tales como el rayo, la combustión espontánea o el volcán en erupción.

En la misma forma en que la naturaleza le enseñó al hombre qué era el fuego y los daños que podía ocasionar, le enseñó también como extinguirlo. Así el hombre de la prehistoria vio como el agua que caía en forma de lluvia apagaba el fuego.

Así a lo largo de los siglos y a lo ancho del mundo, el agua siempre ha sido el principal medio de extinguir incendios; siendo en extremo interesante ver como el agua ha mantenido la supremacía en cuanto a agentes para extinción del fuego, a pesar de los innumerables esfuerzos hechos por el hombre para buscarle sustituto.

El desarrollo y el perfeccionamiento de los pitones de rocío ha demostrado la importancia y efectividad ante incendios provenientes de aceites, o de aparatos y motores eléctricos.

Prácticamente el progreso habido en la ciencia de apagar fuegos, desde los más remotos días de la historia antigua hasta nuestros días, se ha basado en el desarrollo de maneras para obtener mayores cantidades de agua y lanzar la misma, en la forma más efectiva para extinguir el fuego.

A medida que la civilización se desenvolvía, los edificios ganaron altura. Los pueblos crecían en todas direcciones y la primitiva forma de apagar los incendios con cubos de cuero llenos de agua resultaba inefectiva. Y es ahí donde comienza la interesante historia de la transición desde el humilde cubo hasta la moderna bomba de alta presión.

La historia de los Cuerpos de Bomberos debidamente organizados, se remonta a los tiempos en que las antiguas ciudades de Grecia y Roma. Lentamente, estas instituciones fueron desarrollándose, mejorándose en cuanto a organización técnica y a equipo se refiere, alcanzando un alto grado de eficiencia, durante el primer siglo después de Cristo en la ciudad de Roma. Para esta época, la Metrópoli Romana tenía un Cuerpo de Bomberos que contaba con cerca de 7000 miembros que luchaban contra las llamas, usando métodos empíricos y relativamente muy eficientes. Muy poco se sabe de los Cuerpos de Bomberos durante el periodo de tiempo comprendido por los siglos III al X de la edad media.

Como casi todas las ciencias y artes, la ciencia de combatir incendios cayo en la oscuridad del olvido, poco después del colapso del imperio romano, para resurgir de nuevo entre el esplendor del renacimiento, a mediados del siglo XIV.

El primer Cuerpo de Bomberos, cuya organización le acredita para llamarse como tal, fue en Roma durante el primer siglo antes de Cristo. Este sistema de Esclavos Bomberos, funciono hasta seis años d.C., cuando Augusto Cesar reorganizó el Cuerpo de Bomberos, creando un departamento u organización mejor entrenado y equipado, más a tono con las necesidades y el prestigio de

una gran ciudad, que era la capital del mundo para aquella época. Esta organización rindió espléndidos servicios hasta la caída del Imperio Romano (476 d.C.) La nueva organización creada por el emperador Augusto, estaba compuesta por 10.000 Bomberos (esclavos liberados o ciudadanos), con equipo adecuado y suficiente. Aunque se seguían llamando Vigiles, eran miembros de una organización semi-militar, con divisiones y subdivisiones similares a aquellas del ejército romano, estando cada división a cargo de una demarcación o zona específica.

El historiador Plinio, hace resaltar la falta de equipo en las ciudades de menos importancia durante el primer siglo de la era cristiana.

Es difícil determinar cuantas ciudades siguieron el ejemplo dado por Roma, así como también es difícil señalar cuantas ciudades desaparecieron víctimas de las llamas, especialmente durante las invasiones nórdicas. No hay indicadores históricos que durante los siglos XII y XIII de la edad media señalen que los pueblos se preocuparon por su seguridad, en lo que a combatir y a evitar incendios se refiere. Pero, ya en el año 1460 la ciudad de Francfort (Alemania), tenía leyes para proveer protección contra incendios y en 1518 estaban en la ciudad de Angsburgo distintos instrumentos y aparatos de combatir incendios.

Más tarde en Londres se intensificó la organización de los Cuerpos de Bomberos, después del gran fuego ocurrido en 1666. El desarrollo de estas organizaciones estaba estrechamente ligado al negocio de seguros. Durante los últimos años del siglo XVII varias compañías de seguros fueron organizadas en Londres y todas ofrecían como incentivo para sus negociaciones, la protección de las propiedades aseguradas con ellas por Bomberos pertenecientes a dichas empresas.

En 1832, diez de las compañías de seguros más importantes juntaron sus recursos y formaron lo que se conoció como el Establecimiento de las Bombas del Fuego de Londres (London Fire Engine Establishment).

Entre los años 1865 y 1899 en Londres el número de estaciones de Bomberos aumentó de 17 a 55 y ya en 1907 habían cerca de 80 de ellas.

### **1.1.2 Vehículos contra incendios:**

Las modernas máquinas que hoy vemos avanzar con rapidez asombrosa por las avenidas de las grandes ciudades y que son usadas por las más progresistas y eficientes organizaciones, son en realidad las ediciones ampliadas y mejoradas de las máquinas llamadas "Siphona", inventadas cuatro siglos antes de Cristo por Ctesibius, ingenioso griego nacido en Alejandría y por otro no menos ingenioso griego, Heron, quien nació en el año 200 A.C. inventó un aparato para la extinción de incendios cuyas características esenciales han sido usadas hasta 2000 años más tarde. Con anterioridad a Ctesibius y a Heron, no se conoce ningún aparato de combatir incendios que no sea el cubo de cuero.

En el año 440 A.C., y aunque por corto tiempo, se uso un aparato hecho de los intestinos y estomago de los bueyes. Los intestinos eran usados en forma de mangueras, mientras el estomago, o un saco de lona, servia de tanque o recipiente. Al operarse tan rústico sistema, se llenaba de agua el saco y se llevaba al lugar del siniestro; los intestinos se estiraban hasta alcanzar el edificio en llamas, y varios hombres hacían presión sobre el saco, obligando al agua a pasar a través de las mangueras hasta el fuego. Este método no parece haber dado buenos resultados, ya que en toda la historia no se vuelve a mencionar. Más tarde apareció la "jeringa", que consistía básicamente de un cilindro y un pistón para imprimir presión. Se llenaba el cilindro de agua y

haciendo presión con el pistón, se obligaba al agua a salir por el pitón con relativa presión. Este sistema se usó en Roma, para el año 300 a.C. y estaba en uso en Inglaterra para fines del siglo XII. Las bombas inventadas por Heron en Roma y por Ctesibius en Grecia, tenían bastante en común y son estas las que dieron la base para el desarrollo de nuestra moderna y eficiente bomba. La bomba inventada por Heron, consistía en dos pistones de bronce conectados a una sola salida. Los cilindros estaban ajustados a una base de madera, la que se sumergía en el agua. El artefacto inventado por Ctesibius, consistía de una bomba de doble acción operada manualmente, la que desde el propio aparato lanzaba un chorro hasta el incendio. Estas bombas se generalizaron en Grecia y en varias ciudades del Imperio Romano en los comienzos de la era cristiana. Desde esta fecha y hasta el año de 1460 no se precisan datos que involucren la creación de elementos para extinguir incendios. Pero en este año en Alemania se presentaron instrumentos y aparatos para dichos fines. Y es allí que construyen su primera bomba de mano en la ciudad de Nuremberger en 1616. Tal elemento consistía de un recipiente bastante grande montado en correderas, con un pistón en el centro. Tres hombres eran necesarios para su operación, en adición a aquellos encargados de suplir agua al recipiente. Las palancas del pistón estaban fijadas a una pieza horizontal, las que se manipulaban subiendo y bajando, lo que ponía en funcionamiento el pistón y el agua era lanzada a presión por el pitón, cuya forma semejaba el cuello de un ganso.

Al finalizar el siglo XVI, encontramos que los grandes recipientes de agua, con sus pistones, sus balancines y pitones han sido montados en ruedas de madera y eran más fuertes. Un nuevo pitón había sido inventado, el que funcionaba sobre unión universal y podía moverse en distintas direcciones. La primera manguera de extinguir incendios surgió en 1672 en Amsterdam, muy parecida a las mangueras en uso actualmente, construida de cuero y en

tramos de 50 pies de largo, con uniones de bronce en ambos extremos. Este invento puso fin a la época de los cubos de cuero. Fue este el comienzo del sistema de atacar el incendio en su base, pues hasta esta fecha los Bomberos tenían que conformarse con lanzar chorros de agua desde las máquinas y a través de ventanas y puertas. Durante el año 1699, Paris contaba con 17 aparatos de combatir incendios, llamados bombas, pero ya en 1712 la capital francesa contaba con 30, distribuidas en distintas demarcaciones de la ciudad. Ya para esa época un inventor apenas conocido había ingeniado uno de las variaciones de mayor beneficio, al adicionar a la bomba una cámara de aire, dentro de la cual el aire comprimido expelía el agua en forma de chorro continuo.

En 1748, Ricard Newsham, ingeniero inglés, desarrollo y perfeccionó la primera de las modernas bombas de mano. Fue este el primer aparato con los balancines convenientemente montados, de manera que su presión se aumentaba al juntarse la fuerza y el peso de varios hombres operándola. La altura del chorro lanzado por la máquina Newsham era alrededor de 60 pies. Nótese aquí la constante preocupación del hombre por alcanzar mayores alturas. Mientras los europeos luchaban por mejorar los sistemas de extinguir incendios, los Estados Unidos, un pueblo nuevo para aquella época, también sentía, lamentaba y sufría los estragos causados por los incendios. En el año 1648 la ciudad de Nueva York, conocida entonces como Nueva Amsterdam, ordenó a Holanda un cargamento de escaleras, garfios y cubos de cuero. En 1731, dos máquinas construidas por Newshaw, fueron exportadas de Londres y llegaron a Nueva York el 1ro. de Diciembre de 1731. Es muy probable que estas hayan sido las primeras máquinas de extinguir incendios usadas en América. La primera máquina conocida para el combate y la extinción de incendios construida en Estados Unidos, fue diseñada y construida por Anthony Nochols en la ciudad de Philadelphia en 1732.

A pesar que durante los años comprendidos entre 1732 y 1768 muchos y variados estilos de máquinas y bombas fueron construidas en los EU, ninguna era tan eficiente como las Newshaw y muchas ciudades americanas las adquirieron. Las mejoras más importantes introducidas al equipo de combate del fuego desde la época del desarrollo de la máquina de Newshaw ocurrieron en 1832, cuando toda la ciencia fue revolucionada con un equipo capaz de succionar agua de un recipiente. Es sorprendente notar la lentitud con que se generalizó el uso de la manguera en América. No fue hasta 1811 (139 años más tarde), que la primera manguera de cuero fue fabricada en los EU en la ciudad de Philadelphia por A.L. Pennock y James Sellers. A partir de esta fecha se inició un período de 30 años que se denominó la era romántica en la historia de los Bomberos, la cual terminó con la invención de la bomba movida por vapor y la organización de Bomberos Profesionales con salarios fijos. En Londres (1829), el famoso ingeniero George Brathwaite inventó la máquina de vapor. La primera bomba de vapor pesaba 12 toneladas y media, y tenía un motor capaz de desarrollar 10 Hp. y lanzar 250 galones de agua por minuto. Debido al enorme peso era muy poco manipulable y pronto cayó en desuso. En 1832, Brathwaite construyó otra de estas máquinas para la ciudad de Berlín, pero tampoco tuvo éxito. En 1841, el Sr. Paul R. Hodge, de Nueva York, inventó una nueva bomba que era movida por la presión del vapor producido por una caldera. Fueron también las ocho toneladas de peso, el principal motivo de su fracaso. Para mediados del siglo XIX, el problema mayor en los Departamentos de Extinción de Incendios lo constituía el peso del equipo. Se había demostrado que las bombas de vapor eran más convenientes que las movidas a mano. Varias asociaciones y firmas de ingenieros se dieron a la tarea de fabricar equipo de combatir incendios, usando como guía la máquina de vapor . En la historia de los Cuerpos de Bomberos, encontramos que hay tres

innovaciones que pueden considerarse como pasos revolucionarios en la técnica de extinguir incendios. Primero la bomba de succionar inventada en 1822, la bomba de vapor perfeccionada en 1852 y tercero, los aparatos movidos por motor que hicieron su aparición de 1903. El desarrollo de la máquina de vapor fue solo un nuevo paso dado por el hombre hacia su meta de conseguir mayores cantidades de agua y mayor presión con que combatir los incendios en los edificios de mayor altura. Los modernos camiones de extinguir incendios hicieron su aparición entre 1903 y 1908. Las primeras unidades fueron montadas en chasis comerciales, consistiendo su unidad de bombeo en bombas rotatorias. Este tipo predominó hasta 1930, en cuya fecha las bombas centrífugas empezaron a ganar popularidad. Hoy en día la mayoría de los camiones de extinguir incendios están equipados con bombas centrífugas.

## **1.2 LOS BOMBEROS EN COLOMBIA**

Los Cuerpos de Bomberos Oficiales y Voluntarios reciben su denominación en el artículo 7, de la ley 322 de octubre 4 de 1996, en el cual se cita: “Las instituciones organizadas para la prevención y atención de incendios y demás calamidades conexas se denominan Cuerpos de Bomberos. Son Cuerpos de Bomberos Oficiales los que crean los Consejos Distritales, Municipales y quien haga sus veces en las Entidades Territoriales Indígenas para el cumplimiento del servicio público a su cargo en su respectiva jurisdicción.

Los Cuerpos de Bomberos Voluntarios son Asociaciones Cívicas, sin ánimo de lucro, de utilidad común y con personería jurídica, reconocidos como tales por la autoridad competente, organizadas para la prestación del servicio público de prevención y atención de incendios y calamidades conexas”.

### **1.2.1 Normas que rigen los Cuerpos de Bomberos Voluntarios**

De acuerdo a la resolución 241 de febrero 21 de 2001, en su parte primera, sección 1, expresa: "Los Cuerpos de Bomberos Voluntarios se rigen por la Ley 322 de 1996, por el presente Reglamento Técnico, Administrativo y Operativo, por los estatutos de cada institución y en asuntos disciplinarios por el Decreto 953 de 1997". Dicho Reglamento Técnico, Administrativo y operativo es la resolución anteriormente mencionada.

Adicionalmente en el artículo 97, de la parte sexta, sección 2, de la misma resolución se expresa: "Deben aplicarse las normas nacionales existentes para vehículos contra incendio y en su defecto las internacionales".

### **1.2.2 Organismos de Control**

En la resolución 241, parte primera, sección cuarta, artículo 10 se establece a: "la Junta Nacional de Bomberos de Colombia como organismo decisorio de carácter permanente y asesor del Ministro del Interior, es la encargada en el orden nacional, de determinar las políticas globales y los reglamentos generales de orden técnico, administrativo y operativo que deben cumplir los Cuerpos de Bomberos". En este mismo artículo se encarga a la Junta Nacional de hacer operativo el Sistema Nacional de Bomberos, el cual se crea en esta resolución y cuyas funciones en general son asesorar a los diferentes entes de bomberos en la documentación necesaria para su formación como institución legal.

### **1.2.3 Funciones de los Cuerpos de Bomberos Voluntarios**

De acuerdo con el anexo 1 de la resolución 241, las funciones correspondientes son:

- Atender oportunamente las emergencias relacionadas con incendios, explosiones y calamidades conexas;
- Presentar su informe oficial a las autoridades correspondientes;
- Desarrollar campañas públicas y programas de prevención de incendios y otras calamidades conexas;
- Servir de organismo asesor de los Distritos, Municipios, Territorios Indígenas, áreas metropolitanas y Asociaciones de Municipios en seguridad contra incendios y calamidades conexas;
- Colaborar con las autoridades en el control de las medidas obligatorias de seguridad contra incendios y desarrollar su supervisión y control en los demás casos en que se figure delegación;
- Apoyar a los Comités Locales para la Prevención y Atención de Desastres en asuntos bomberiles cuando éstos lo requieran;
- Ejecutar los planes y programas que sean adoptados por los órganos del Sistema Nacional de Bomberos de Colombia.

#### **1.2.4 Comité Técnico y de Educación**

Dicho comité hace parte del Sistema Nacional de Bomberos y en la resolución 241, parte cuarta, sección 2, artículo 72 se establecen sus funciones, siendo ellas:

- a. Evaluar y analizar la cofinanciación de proyectos que vayan a ser sometidos a consideración de la Junta Nacional de Bomberos, con base en la ficha perfil del proyecto y la tabla de valores y porcentajes aprobados.
- b. Evaluar y analizar los programas de capacitación que vayan a ser sometidos a consideración de la Junta Nacional de Bomberos.

- c. Dar concepto sobre los planes curriculares e instructores que deban ser avalados por la Junta Nacional de Bomberos.
- d. Proyectar los conceptos que sean solicitados por el Ministerio del Interior, Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres, Junta Nacional de Bomberos, Delegaciones Departamentales y Cuerpos de Bomberos, referentes al funcionamiento del Sistema Nacional de Bomberos.

Como se puede observar, no hace parte de sus funciones el revisar ni mucho menos certificar que los aparatos contra incendios dispuestos en las diferentes Estaciones de Bomberos cumplan con unas mínimas reglas técnicas para su funcionamiento.

En base a lo anterior la realización de nuestro proyecto se manifiesta en un momento importante dentro de la existencia de entidades similares a las que vamos a prestar nuestro servicio. A continuación citamos más consideraciones para afirmar lo anterior.

1. En Colombia existen 174 cuerpos de bomberos de los cuales sólo 32 están dentro del presupuesto de nuestro país, es decir que el 81.6% de los servicios de emergencia prestados en los municipios de nuestra nación tienen como base de patrimonio más no de funcionamiento lo expresado en la resolución 241, anexo 1, capítulo VII, artículo 33, viendo como base de su manutención los contratos que establezcan por parte de ellos y lo que cada equipo de bomberos pueda realizar extra para cumplir con la demanda de recursos de cada ente; siendo en la mayor parte de los casos la recarga y venta de extintores.  
De acuerdo a la resolución 241 de febrero de 2001, que establece la obligatoriedad del cuerpo de bomberos en todos los municipios así

como la cantidad de vehículos y personal que debe presentar de acuerdo a la población existente, se ha notado el gran déficit que existe a nivel nacional en lo referente a estas instituciones. Actualmente esta resolución ha tomado fuerza con el cumplimiento del tiempo determinado (Septiembre de 2004) por el Estado a los municipios de Santander para que tengan su respectivo ente de bomberos, basados en el artículo 2, de la ley 322 de octubre 4 de 1996 que expresa: "La prevención y control de incendios y demás calamidades conexas a cargo de las instituciones bomberiles, es un servicio público esencial a cargo del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional, en forma directa o por medio de los Cuerpos de Bomberos Voluntarios".

2. En nuestro país el máximo ente es el Sistema Nacional de Bomberos, con sede en Bogotá D. C., el cual no presenta dentro de sus funciones establecidas el revisar y cerciorar que los vehículos adquiridos por los diferentes cuerpos de bomberos sean los idóneos para la función que esperan puedan ejecutar, así como tampoco están capacitados ni obligados a realizar, aplicar, y revisar un estándar o norma nacional que pueda regir a los diferentes estamentos de bomberos, por lo que sus funciones se limitan a proveer capacitación al personal acerca de los procedimientos de emergencia y mantener "interconectados" a los diferentes entes. Actualmente tienen el enfoque de ayudar en la aplicación de la resolución 241.
3. El ICONTEC no presenta ningún tipo de documento con el cual busque regular los vehículos de bomberos.

4. La NFPA, posee una sede en Bogotá D.C., la cual está encargada de comercializar las normas de este organismo , brindar capacitación a los diferentes cuerpos de emergencia y realizar eventos que concierna a lo anterior, por lo cual no han verificado en ninguna instancia si un vehículo en Colombia cumpla con sus normas así en el contrato se estipule esto.

Añadiendo a lo anterior, mencionamos que en Colombia no es requisito del fabricante entregar las curvas de operación o cualquier tipo de información técnica acerca del sistema de bombeo de los vehículos. Es por estas razones que nosotros expresamos la falta de conocimiento y por ende la no certificación y aplicación de las normas de acuerdo a como han sido definidas. Y viéndonos favorecidos con la aplicación de la resolución 241, afirmamos que una correcta aplicación de la norma, bajo los diferentes ítems que ellas establece puede brindar el comienzo de un mercado con visión de futuro y próxima expansión, basándonos en la cantidad de municipios que alberga nuestra nación.

### **1.3 CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DE PIEDECUESTA**

#### **1.3.1 Historia:**

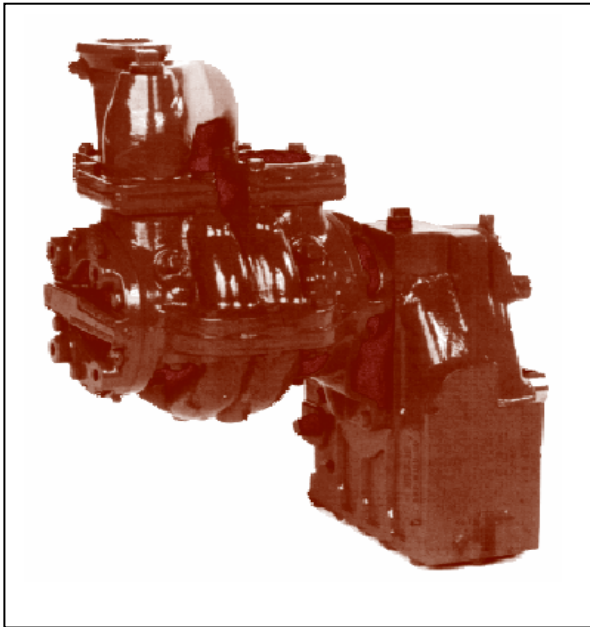
Se conformó en el mes de septiembre de 1994, por un grupo de personas liderado por GERMÁN RINCÓN DURÁN. 26 personas se reúnen en la Iglesia de Nuestra Señora de la Esperanza para conformar la institución.

Nace a la vida jurídica mediante Resolución 954 del 22 de Noviembre de 1994, expedida por la Gobernación de Santander.

Sus primeros años obtiene recursos mediante la realización de rifas y actividades culturales y deportivas.

En el año de 1996 con el producido de las rifas adquiere al Cuerpo de Bucaramanga, dos camiones contra-incendio modelo 1962 con bomba Hale 2CBP.

*Figura 1 : Bomba 2CBP*



También compra una camioneta Chevrolet Apache modelo 1958 que ha permitido el desplazamiento por diferentes regiones del país.

El 17 de Noviembre de 1997, mediante convenio entre la Constructora Marval y la Administración Municipal del Alcalde Miguel Ángel Santos Gálvis se hace entrega del

Cuartel de bomberos, ubicado en la carrera 15 A # 1 A 19 barrio San Francisco de la Cuesta.

En 1998 el Instituto Colombiano del Petróleo entrega un camión contra-incendio con brazo articulado que permite alcanzar una altura de 15 metros. Cuenta con una bomba Hale de 1000 galones por minuto.

Teniendo en cuenta las limitaciones presupuétales de los municipios, la entidad se propuso establecer el primer taller para recarga de extintores, que brinde a los clientes la seguridad que estos equipos funcionarán cuando se

requiera su uso y así obtener recursos para mantener un personal remunerado que pueda estar disponible las 24 horas del día.

### **1.3.2 Misión:**

Intervenir oportunamente, para salvaguardar la vida y bienes de la comunidad ante el riesgo de incendio y cualquier otro evento producto de los fenómenos naturales, tecnológicos o sociales, con la preparación técnica de su personal y la participación de la ciudadanía.

Asesorar y proveer a la comunidad los mejores equipos contra incendio.

*Fig. 2: Vehículo de Bomberos objeto del Proyecto.*



### **1.3.3 Visión:**

Contribuir como la Institución defensora de la normatividad en procura de lograr el respeto a las instituciones bomberiles en el país y de los bomberos en cuanto a sus derechos. Hacer de la Institución una empresa que genere los recursos suficientes para la renovación permanente de equipos.

Ser líderes en procesos de capacitación de bomberos y mantenimiento de equipos contra incendio.

## **2. PARTES DE UN CARRO DE BOMBEROS**

Un carro de bomberos según las normas internacionales (NFPA) se clasifica en siete vehículos diferentes de acuerdo a su capacidad de tanque, capacidad de la bomba, dispositivos montados y funciones, los cuales se denominan:

1. Vehículo de bomberos contra incendios
2. Vehículo de bomberos de ataque inicial
3. Vehículo de bomberos para suministro de agua
4. Vehículo de bomberos con dispositivos aéreos.
5. Vehículo de bomberos de quinta
6. Vehículo de bomberos para servicios especiales
7. Vehículo de bomberos con espuma

Esta clasificación no es excluyente, es decir que pueden existir vehículos de bomberos que presenten características que sean el resultado de una combinación de los requerimientos que implican cada uno de los anteriores.

Todos los carros empleados en la lucha contra incendios tienen partes esenciales y que por ende son constitutivas de todos los tipos de vehículos utilizados en este fin.

Una vista general de un vehículo de bomberos se muestra en la Fig. 3

**Fig. 3: Zonas constitutivas de todo vehículo de bomberos**



En la figura anterior podemos observar las diferentes zonas constitutivas de todo vehículo de bomberos; las cuales denominaremos:

Zona 1: Parte superior del vehículo

Zona 2: Compartimientos laterales

Zona 3: Panel o tablero de control de la bomba

Zona 4: Parte inferior del vehículo

Zona 5: Área de la tripulación

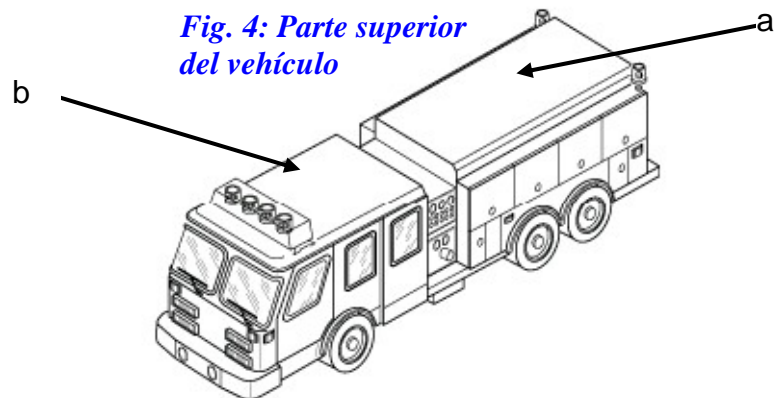
Zona 6: Cabina del conductor

Zona 7: Monitor

## **2.1 ZONA 1: PARTE SUPERIOR DEL VEHÍCULO**

En la zona ubicada generalmente sobre y contigua a la cubierta del tanque (Fig. 4), allí podemos encontrar la abertura para el llenado del mismo, la zona del monitor, el área de almacenamiento de manguera para descarga,

carreteles de descarga y adicionalmente representa el espacio de descanso de los dispositivos aéreos, si el vehículo los requiere.



Esta zona debe tener por lo menos un acceso por la parte posterior del vehículo, pero de acuerdo a los elementos montados arriba del mismo (escaleras telescópicas, grúa, o cualquier dispositivo aéreo), pueden colocársele escalones laterales para acceder a dicha zona.

La parte "a", es la cubierta del tanque y donde generalmente esta ubicada la zona de descanso de los dispositivos aéreos; y la parte "b" es empleada para la ubicación de carreteles de descarga, monitores, y compartimientos para almacenar la manguera adicional de descarga.

Adicionalmente, si lo requiere el vehículo, debe colocarse barandas laterales como las que se observan en la Fig. 3 con el fin de garantizar que el bombero no sufra una caída como consecuencia de eventualidades o sucesos propios de la emergencia.

El tanque de agua de los vehículos contra incendios que lo presentan, generalmente está ubicado entre la zona superior e inferior del mismo, y es el recipiente de almacenamiento de líquido, y que de acuerdo a las funciones de

la máquina van a determinar su capacidad, esto con el fin de facilitar el cumplimiento de las labores para las cuales fueron diseñados los diferentes carros. El abastecimiento principal del elemento de bombeo montado sobre los diferentes vehículos, resultan ser el procedente del tanque, puesto que es la manera más rápida de atacar los siniestros, según lo manifiestan los mismos bomberos.

El tanque presenta unas divisiones o bafles como se observa en la Fig. 5, más conocidas como rompeolas, son los elementos dispuestos de manera **Fig. 5: Bafles o rompeolas**



longitudinal y transversal al tanque con la finalidad de disminuir el momento de volcadura sobre el carro, cuando el recipiente está lleno de fluido y presenta un cambio brusco de posición, tal y como se presenta en la arrancada, frenada o al momento de dar una curva por parte del vehículo.

## 2.2 ZONA 2: COMPARTIMIENTOS LATERALES

En la zona ubicada en las partes laterales del vehículo (Fig. 6), y las cuales están diseñadas para soportar y mantener las herramientas manuales para trabajos mecánicos en el vehículo, así como los diferentes elementos auxiliares para la atención de los siniestros. ( hachas, picas, serruchos, etc. )

**Fig. 6: Parte lateral del carro**



Esta ubicación posee un volumen definido por las normas de acuerdo al vehículo a diseñar, y pueden ser colocados en una o en las dos paredes laterales del marco del vehículo.

### 2.3 ZONA 3: PANEL O TABLERO DE CONTROL DE LA BOMBA

*Fig. 7: Panel de control de la bomba*



Es una de las zonas más importantes del vehículo puesto que allí van montados generalmente los siguientes elementos:

- Un manómetro principal para la presión de succión
- Un manómetro principal para la presión de la descarga
- Un tacómetro del motor de la bomba
- Un Indicador de la temperatura del refrigerante del motor
- Un Indicador de la presión del aceite del motor
- Acelerador del motor
- Control de la bomba de cebado
- Control del ajuste de la válvula de seguridad
- Control de la válvula del tanque a bomba
- Indicador del nivel del tanque de agua
- Una entrada de 2 ½" para conectar la manguera que toma agua desde un hidrante o succiona de río, con su respectivo tapón.
- Salida(s) de descarga con su respectivo tapón.

- Un manómetro por cada salida de descarga que tenga la bomba
- Controles de las diferentes válvulas del sistema hidráulico

Todos estos elementos permiten el manejo, inspección, y facilitan el mantenimiento de la bomba.

La base del panel está diseñada usualmente de acero inoxidable con el fin de protegerlo de la intemperie. Los manómetros medidores generalmente presentan internos en bronce y tapas de acero inoxidable buscando evitarle daños prematuros por las condiciones de trabajo.

Las dimensiones del tablero son tal que le permiten al operador de la bomba tener control visual de todos los elementos en cualquier instante.

Es común encontrar este tablero ubicado en la parte izquierda del vehículo aunque no es requerido por la norma.

## 2.4 ZONA 4: PARTE INFERIOR DEL VEHÍCULO

*Fig. 8: Toma potencia*



Zona inferior o interna denominada en algunas ocasiones, es la conformada por todo el sistema hidráulico y el sistema de potencia del motor hacia la bomba.

Dicho sistema de potencia es mostrado en la figura 8, donde se aprecia el toma potencia y su posterior unión cardánica del eje que comunica al multiplicador de velocidad de la bomba.

En los vehículos de bomberos se presentan generalmente dos tipos de sistema de comunicación de potencia hacia la bomba; el primero es el observado en la Fig. 8, y el otro es una transmisión de eje partido, el cual es menos usual que el anterior pero requerido cuando por la robustez de la bomba no facilita el montaje con toma potencia.

En la zona inferior podemos designar el otro sistema compuesto por la tubería, accesorios, válvulas, bomba contra incendios, bomba de cebado (Fig. 9) y motor eléctrico de la bomba de cebado.



*Fig. 9: Bomba de cebado.*

## **2.5 ZONA 5: ÁREA DE LA TRIPULACIÓN**

Es la zona ubicada posterior a la cabina del conductor y está diseñada para albergar a la tripulación en una posición sentada y segura. En esta área, según las disposiciones del vehículo, se almacenan las unidades respiratorias de Auto contenido y elementos auxiliares, los cuales todos ellos están correctamente asegurados para impedirle riesgos a la tripulación.

## **2.6 ZONA 6: CABINA DEL CONDUCTOR**

Es la zona donde va sentado el conductor y tienen una visibilidad total de los indicadores y medidores montados sobre su panel. En este tablero van los elementos normales de cualquier vehículo y adicionalmente van colocados indicadores que manifiestan el estado de la bomba contra incendios, es decir,

si está engranada, funcionando, y sí el freno de parqueo está colocado correctamente.

**Fig. 10: Cabina del conductor**



Esta región es mostrada en la Fig. 10. Aquí podemos observar que es una zona libre de superficies puntiagudas o elementos que impidan o dificulten el manejo del conductor o su visibilidad tanto del terreno como de los instrumentos. Algunos vehículos presentan un acceso desde la cabina al motor con el fin de facilitar el mantenimiento y reparaciones en el mismo.

## 2.7 ZONA 7: MONITOR

**Fig. 11: Monitor.**

Es una zona ubicada en la parte superior del vehículo aledaña a la zona de los dispositivos aéreos. La catalogamos como una zona aparte porque el monitor puede ser fijo o móvil dependiendo del vehículo que



se requiera. En la figura 11 podemos observar un monitor descargando, ubicado en su posición superior ordinaria.

Esta zona presenta un espacio suficiente para permitirle al operador su ubicación en una posición de pie y libre de cualquier elemento que le dificulte

su operación o de cualquier manguera de descarga que represente un peligro para el bombero.

### 3. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA A ADECUAR

#### 3.1 TANQUE DE AGUA

De acuerdo a la resolución 241 de febrero 21 de 2001, parte séptima, sección 1

*Tabla 1: Categorías de municipios para la protección contra incendios*

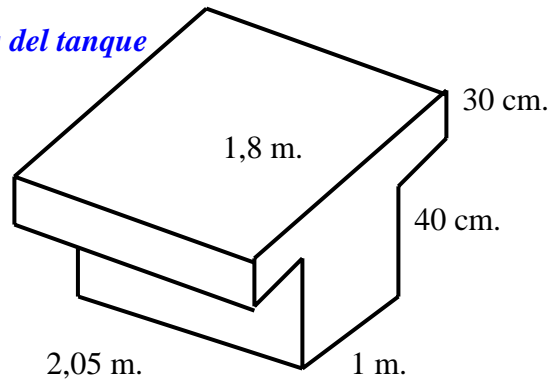
Categoría	Población Total del Municipio
A	Menos de 10.000 Habitantes
B	De 10.001 a 25.000 Habitantes
C	De 25.001 a 100.000 Habitantes
D	De 100.001 a 250.000 Habitantes
E	De 250.001 a 500.000 Habitantes
F	De 500.001 a 2.000.000 Habitantes
G	Más de 2.000.001 Habitantes

Y en base a la población actual de Piedecuesta que es de 60.351 personas de acuerdo al censo de 1993 y su actualización correspondiente empleando la fórmula del DANE (Piedecuesta ha venido presentando un crecimiento poblacional elevado), este municipio es clase "C" y por tanto debe cumplir con los requisitos expresados en la sección 2, capítulo 110 de la resolución anterior. En este dictamen se menciona que el municipio debe presentar lo siguiente:

- 1 máquina principal extintora de 500 galones de capacidad como mínimo.
- 1 máquina de ataque rápido de 300 galones de capacidad. Lo cual Piedecuesta da conformidad
- 1 tanque con capacidad de 300 galones como mínimo
- 1 maquina para forestales
- Un número mínimo de operativos de 7 unidades por turno de 24 horas con apoyo de 18 voluntarios operando.

De acuerdo a lo anterior y manifestando que la máquina de ataque rápido presenta un tanque de agua en forma de "T" como se observa en la Fig. 12., con una longitud de 2,05 m. y una altura total de 70 cm., para brindar una capacidad de 508 galones, con lo cual se satisface lo legalmente establecido en Colombia.

*Fig. 12: Dimensiones del tanque*



Los rompeolas longitudinales forman tres cavidades en el tanque y están dispuestos a una distancia de separación entre el primero y el borde del tanque de 60 cm. y a una distancia entre sí de 70 cm. En la Fig. 5 se pueden apreciar las divisiones del tanque. Cada división presenta en su intersección con cualquier otro plano espacios (Fig. 13) de forma triangular que le

*Fig. 13: Área de paso de agua.*

permiten al fluido comunicar las diferentes cámaras que se forman, constituyendo un 8% del área del baffle que presenta dichas aberturas. En cuanto a rompeolas transversales, presenta dos de estos elementos separados equidistantemente a una distancia de 70 cm. respectivamente.



Buscando dar cumplimiento a la NFPA 1901 en su capítulo 17, examinamos el tanque del vehículo y observamos que está elaborado en aluminio provisto de un recubrimiento anticorrosivo que le ha permitido, que a pesar del tiempo que ha sido usado no presente características de deterioro considerables (Fig. 13) que puedan causar desprendimiento de metal que puedan afectar el funcionamiento del elemento de bombeo. Sin embargo, presenta algunas partes de los bafles rotos en sus uniones.

El tanque presenta en su parte superior, dos tapas sujetas con tornillos, que permiten un acceso total al mismo, para las labores de limpieza, tal como se puede observar en la Fig. 14

***Fig. 14: Vista superior del tanque***



El tanque está montado sobre los muelles del chasis que le permiten estar protegido de esfuerzos indebidos que resultan del viaje a través de terrenos desnivelados y carreteras destapadas como lo son las existentes en gran parte del municipio y regiones aledañas por donde el Cuerpo de Bomberos tiene que prestar sus servicios.

El llenado del tanque se realiza por una abertura (Fig. 14) que tiene en su parte superior.

### 3.2 TUBERÍA DE SUCCIÓN

Para la succión de la bomba existen tres maneras por las cuales se puede abastecer de agua al vehículo:

- La primera y más utilizada es del tanque de 508 galones que posee el vehículo.
- La segunda por medio de una fuente natural, ya sea un río, quebrada o lago.
- Y por último a través de los múltiples hidrantes, dispuestos por el acueducto a lo largo de los municipios

#### 3.2.1 Tubería de Succión de Tanque a Bomba

El paso de agua del tanque a la bomba, había sido diseñado bajo estándares de acuerdo a la fecha en que fue elaborado el sistema de Carro de Bomberos (alrededor de 1970), presentando una longitud de tubería de 2 metros y 2" de diámetro, con 2 codos a 90° y uno a 45°. Esta disposición no cumple con los requerimientos de la NFPA edición del 2000, y adicionalmente su alto grado de corrosión indican que ya a cumplido su vida útil. Cabe mencionar que esta sección de tubería no presentaba ningún tipo de apoyo al chasis, que aunque por su diámetro no involucra un peso considerable, las vibraciones propias

del desplazamiento del vehículo le podrían provocar una falla.

*Fig. 15: Purga del tanque*



Este sistema presenta un paralelogramo en la parte inferior del tanque que cumple la función de embudo para minimizar las pérdidas por la entrada del fluido a la tubería, y para recolectar lodos y

sedimentos que se puedan presentar en el recipiente sin embargo el primer niple de la tubería se encontraba soldado a dicho rectángulo (Fig. 15) en uno de sus laterales, lo que presentaba una entrada brusca a la tubería, generando unas pérdidas por fricción adicionales, y por el hecho de estar adherida impedía cualquier tipo de reforma o sustitución en esta sección.

En su parte inferior presenta un agujero roscado donde va montado el tapón empleado para desaguar el tanque por gravedad. Tanto la unión como el tapón se encontraron en buen estado.

### **3.2.2 Tubería de Succión Lateral a Bomba**

El vehículo presentaba una entrada lateral izquierda, que era empleada para la toma de agua desde fuentes naturales o a partir de un hidrante. Dicha conexión se empalmaba con la tubería que se dirige del tanque a la bomba, a través de 80 cm de tubería con su respectiva válvula de 2". Esta sección estaba apoyada en un soporte a manera de "T" que evitaba que la tubería debido a su longitud oscilara por los altibajos que sufre el vehículo en movimiento.

Cuando se abastece desde una fuente natural, en el extremo de la manguera flexible de succión, se coloca una coladera o filtro para evitar que piedras o elementos lo suficientemente grandes puedan rayar o tapan la entrada de agua a los impellers. Sin embargo, este elemento presentaba una distancia de enmallado de 17 mm la cual es 1.3 veces mayor que la abertura de entrada a los álabes, por lo cual permite el paso de partículas que van a deteriorar prontamente el elemento de bombeo.

El sistema de succión se complementa con una bomba de desplazamiento positivo, tipo de engranajes accionado por un motor eléctrico que cumple la función de obtener presiones inferiores a la atmosférica para facilitar la toma de agua de fuentes naturales. Se encuentra en buen estado, aunque un poco abandonada por falta de un mantenimiento rutinario que le evite la

**Fig. 16: Mecanismo de cebado**



acumulación de gran cantidad de polvo en el cuerpo de la bomba y en su transmisión de potencia.

### **3.3 TUBERÍA DE DESCARGA**

El vehículo presentaba dos salidas de descarga, la principal o la ubicada en el panel, la cual se conoce como la “Salida lateral izquierda”, y la otra corresponde a los dos carretes.

#### **3.3.1 Salida Lateral Izquierda**

Estaba constituida por una tubería de 1 ½” que se encontraba en un alto grado de corrosión, su válvula de paso presentaba fugas, y adicionalmente su diámetro no corresponde con lo expresado en la norma NFPA.

#### **3.3.2 Carretes**

El vehículo presenta dos carretes en su parte superior, en la zona aledaña a la cubierta del tanque, como se puede observar en la Fig. 32. Estos elementos reciben su nombre de acuerdo al lado del vehículo en el que están montados, es decir, carretel derecho, o izquierdo. La manguera del carretel derecho se encontró en buen estado, a diferencia de la del otro carretel, la cual está rota y evidentemente presenta por allí una gran fuga. Los dientes montados sobre el tambor de la manguera y sobre el manubrio del tambor, los cuales engranan para producir el movimiento de retroceso; presentaban en su superficie una grasa a la cual se le había adherido gran cantidad de polvo, lo cual dificulta el

movimiento de las partes y evidenciaba una falta de mantenimiento de estas zonas.

### 3.4 BOMBA PRINCIPAL

La bomba que tenía montada el vehículo era una de tipo 2CBP que de acuerdo a la NFPA de 2000 no cumple con las demandas actuales. Dicho elemento presentaba 60 años de servicio intermitente sin un adecuado mantenimiento a lo largo de este tiempo. Recientemente le habían

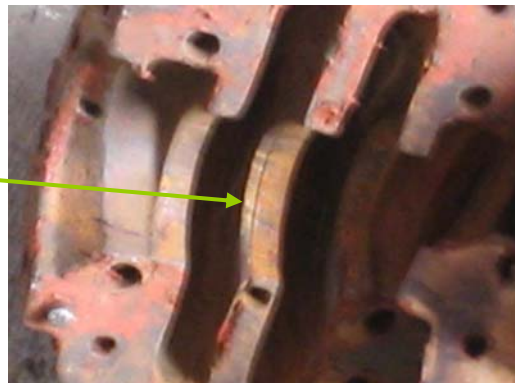
*Fig. 17: Impellers de la bomba anterior*



soldado una lámina de bronce en los laterales del impulsor y de la carcasa como se puede observar en la Fig. 17 y 18 respectivamente, provocándole un desbalanceo y por ende una inapropiada rotación y desgaste prematuro.

*Fig. 18: Lámina de bronce pegada a la carcasa*

Lámina de  
bronce



Prueba del desmesurado descuido en el mantenimiento, fue la presencia de múltiples piedras en la entrada de los álabes de los impulsores, hecho que se debe al poco aseo que le realizaban al tapón de desagüe del tanque.

### 3.5 PANEL DE CONTROL

El panel de control es la zona donde van montados los diferentes medidores *Fig. 19: Panel de control a adecuar* del sistema de bombeo, junto con la entrada a la



succión lateral, la salida de la descarga lateral, los manubrios de articulación de las diferentes válvulas y el acelerador secundario del motor. Este panel estaba montado en la parte izquierda del vehículo, por ser la zona más propicia para la rápida atención del maquinista del sistema. De los medidores montados, - manómetro del aceite del motor, medidor de temperatura del motor, tacómetro, manómetro principal de la tubería, manovacuómetro, y medidor de nivel del tanque -

todos a excepción del manómetro principal no estaban funcionando correctamente. Las luces del tablero no funcionaban puesto que sus bombillos estaban quemados. La lámina sobre la cual estaban montados los diferentes implementos del tablero, era una lámina de dos secciones, la parte superior en acero inoxidable, y la otra en hierro negro forrada en un plástico, la cual al observarse se encontraba erosionada por la corrosión.

## 4. EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DEL SISTEMA

### 4.1 TANQUE DE AGUA

Al tanque se le realizó una prueba de filtración, con lo cual se comprobó el buen estado en que se encontraba, adicionalmente se le revisaron sus apoyos para evaluar el grado de sostenimiento y estabilidad del tanque cuando el vehículo transita por terrenos agrestes. Dicha prueba arrojó un resultado positivo, puesto que el tanque está sostenido en los muelles traseros del vehículo, y estos se encuentran en buen estado.

### 4.2 TUBERÍA DE SUCCIÓN

La tubería de succión se hace necesario su sustitución completa, para lo cual diseñamos y seleccionamos la nueva de línea en tubería de hierro galvanizado tipo pesado, por que es más económica que la de acero al carbono, presenta mayor resistencia a la corrosión, es más liviana, y debido a las bajas presiones que se manejan en la línea de succión no se ve enfrentada a altos esfuerzos.

Los requisitos de la NFPA 1901 y 1961 en cuanto a succión se refiere son:

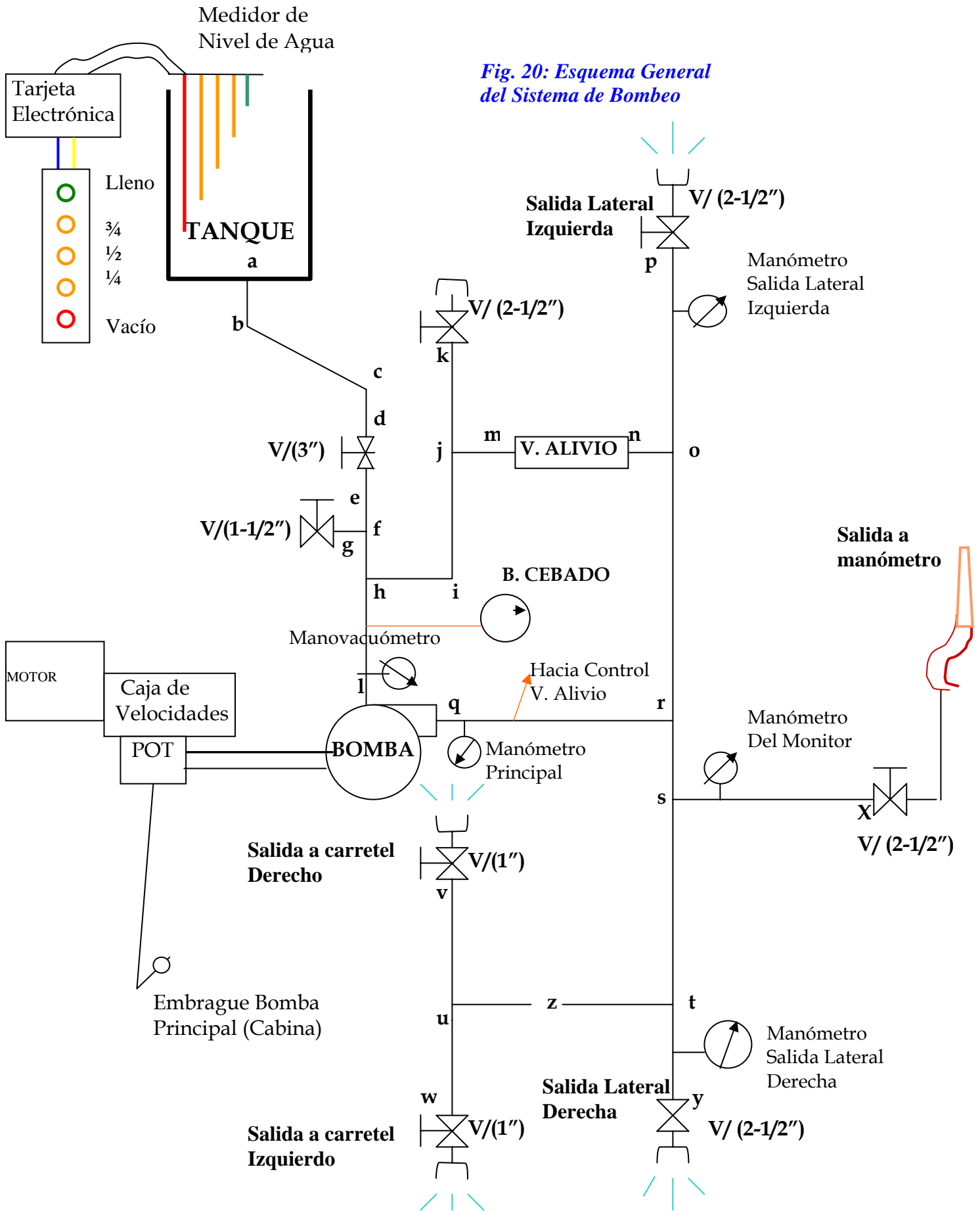
- NFPA 1901 14-2.4.2 expresa que para una capacidad de bomba de 250 GPM, el sistema de bombeo debe tener una manguera de succión de río de máximo 3".
- NFPA 1961 5-4.2 expresa que la manguera de succión debe ser en tramos de máximo 3 m., debe ser de un material capaz de soportar las presiones de trabajo, con unión tipo macho para conectar con la entrada al vehículo, y así mismo debe permitir conectarse un filtro o coladera en el otro extremo.

- NFPA 1901 expresa en 14-6.2 *“El filtro debe restringir desechos esféricos que son grandes para pasar por la bomba”*.
- NFPA 1901 expresa en 14-6.3 *“Debe ser suministrada por lo menos una válvula de admisión que pueda ser controlada desde la posición del operador de la bomba. La tubería y válvula deben ser de un tamaño nominal mínimo de 2 ½ pulg. (65 mm). Si la succión tiene un tamaño nominal de 2-1/2 pulg. (65 mm) , la admisión debe estar equipada con una rosca nacional tipo hembra”*.
- NFPA 1901 expresa en 14-6.7 *“Todas las admisiones deben estar provistas con tapones o tapas capaces de soportar un incremento repentino hidrostático de 500 psi (3450 kPa)”*.
- NFPA 1901 expresa en 14-8 *“Una válvula de drenaje accesible fácilmente que es marcada con una etiqueta que indica su funcionamiento debe ser colocada para permitir drenar la bomba y todos los accesorios y líneas cargadas con agua”*.

Las condiciones de capacidad del sistema de bombeo para un Vehículo de Ataque Inicial exigidas por la NFPA son:

- 14-2.1 *“La bomba contra incendios debe estar montada en un aparato y debe tener una capacidad nominal mínima de 250 gpm(946 L/min) a 150 psi (1035 kPa)”*.
- 14-2.4.1. El sistema de bombeo debe ser capaz de succionar desde una fuente natural a través de 6 m de manguera de río.

**Fig. 20: Esquema General del Sistema de Bombeo**



**Tabla 2 : Descripción General de la Tubería**

TRAMO	MATERIAL	LONGITUD (cm)	DIAMETRO
a-b	Hierro galvanizado	5	3"
b-c	Hierro galvanizado	35	3"
c-d	Hierro galvanizado	5	3"
e-f	Hierro galvanizado	18	3"
f-g	Hierro galvanizado	10	1-1/2"
f-h	Hierro galvanizado	25	3"
h-i	Hierro galvanizado	10	3"
h-l	Manguera de succión	30	3"
i-j	Hierro galvanizado	15	3"
j-k	Hierro galvanizado	15	3"
j-m	A. Carbono sch 40	15	2-1/2"
n-o	A. Carbono sch 40	8	2-1/2"
o-p	A. Carbono sch 40	15	2-1/2"
o-r	A. Carbono sch 40	20	2-1/2"
r-q	A. Carbono sch 40	20	2-1/2"
s-x	A. Carbono sch 40	72	2-1/2"
r-s	A. Carbono sch 40	8	2-1/2"
s-t	A. Carbono sch 40	10	2-1/2"
t-y	A. Carbono sch 40	40	2-1/2"
u-v	A. Carbono sch 40	30	1"
u-w	A. Carbono sch 40	8	1"
t-z	A. Carbono sch 40	8	2-1/2"
z-u	A. Carbono sch 40	15	1"

#### 4.2.1 Tubería de Succión de Tanque a Bomba

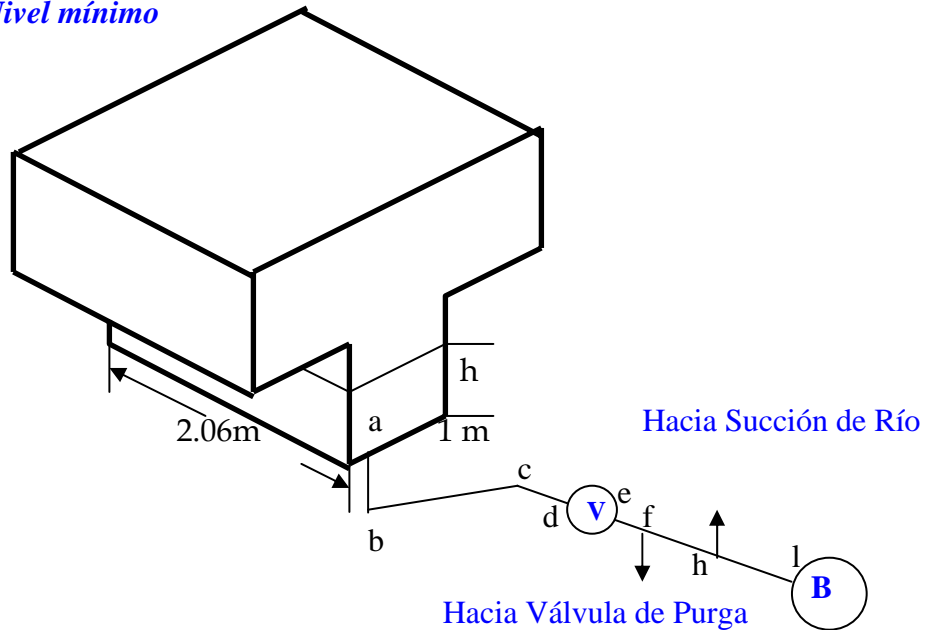
Datos:

- $f_T = 0.018$  para tubería diámetro 3" <sup>¥</sup>
- 1 Entrada a tubería a tope ;  $K = 0.78$  <sup>¥</sup>

<sup>¥</sup> Tomado del manual de Crane.

- 1 " T " de diámetro 3" flujo a 90° ;  $K = 60 * f_T = 1.08^{\text{¥}}$
- 1 codo a 45° ;  $K = 16 * f_T = 0.288^{\text{¥}}$
- 2 " T " flujo directo ;  $K = 2 * (20 * f_T) = 0.72^{\text{¥}}$

**Fig. 20.a: Nivel mínimo del tanque**



- 1 válvula de bola ;  $K = 30 * f_T = 0.54^{\text{¥}}$
- Longitud de la tubería =  $5 + 35 + 5 + 18 + 25 + 30 = 118$  cm
- Diámetro interno;  $D_i = 77.9$  mm.
- $Q = 250$  gpm =  $0.95$  m<sup>3</sup>/min =  $0.016$  m<sup>3</sup>/s

$$(4.1) \quad K_{\text{longitud de tubo}} = f_T * \frac{L_{\text{total}}}{D_i} = 0.018 * \frac{1180}{77.9} = 0.27^{\text{¥}}$$

$$K_{\text{total}} = \Sigma K_1 + K_2 + \dots + K_n = 3.7$$

Cálculo de pérdidas

$$(4.2) \quad H_{\text{pérdidas}} = \frac{K_{\text{total}} * V^2}{2g} = \frac{K_{\text{total}}}{2g} * \left[ \frac{Q}{A} \right]^2 = \frac{K_{\text{total}}}{2g} * \left[ \frac{Q}{\frac{D_i}{4} * \pi} \right]^2 = 2.1m + 10\% = 2.31 \text{ m}^{\text{¥}}$$

$$H_{\text{pérdidas}} = 7.58 \text{ ft}$$

<sup>¥</sup> Tomado del manual de Crane

El 10% agregado a las pérdidas se debe al envejecimiento en la tubería.

$$(4.3) \text{ NPSH}_d = 2.31 (P_a - P_v) + Z - H_P^{\epsilon}$$

Formula sacada de libro "Bombas; selección y mantenimiento"; donde :

$P_a$  = Presión atmosférica local.

$P_v$  = Presión vapor local.

$H_P$  = Pérdidas.

$Z$  = Diferencia de altura entre el nivel del agua y la bomba.

- Según datos del IDEAM, la presión atmosférica más baja en la zona aledaña a Piedecuesta se presenta en el municipio de los Santos con  $P_a = 12.54$  psia.
- Para una temperatura de  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  la  $P_v = 4.2455$  KPa o  $0.616$  psia.
- Para determinar la diferencia del nivel de agua, la norma NFPA 1901, exige garantizar las condiciones de flujo y presión hasta que se ha consumido un 80% de la capacidad del tanque de  $\text{H}_2\text{O}$ , por lo tanto, la cantidad mínima que debe existir en el tanque es el 20% de su capacidad, entonces:

Volumen del tanque es de : 508 Gal. (Ver Fig. 20.a)

$$508 * 20\% = 102 \text{ Gal.} = 0.386 \text{ m}^3$$

$$0.386 \text{ m}^3 = 2.06 * 1 * h; h = 0.1871 \text{ m} = 18 \text{ cm.}$$

- La bomba está 5 cm por debajo de la salida del tanque; pero para ser más conservativos consideramos a nivel estos dos elementos, por lo tanto  $Z = 18 \text{ cm} = 0.59 \text{ ft}$

$$\text{NPSH}_d = 2.31 (12.54 - 0.616) + 0.59 - 7.58 = 20.55 \text{ ft} = 6.27 \text{ m.}$$

Lo cual es un NPSH mayor que el requerido para una bomba Hale Americana, el cual es de 3.8 m. @ 250 GPM.

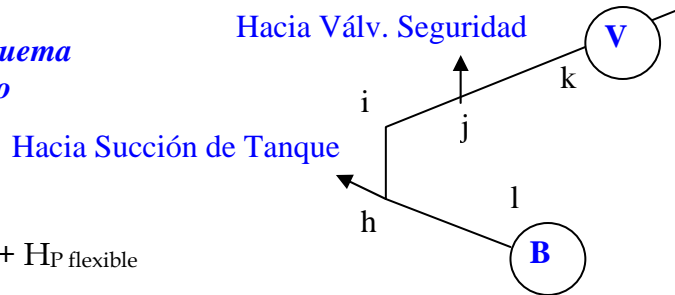
---

$\epsilon$  Tomado del libro BOMBAS Selección uso y mantenimiento ed. Mc Graw Hill

#### 4.2.2 Tubería de Succión Lateral a Bomba

Para hacer este cálculo de pérdidas hay que tener en cuenta que se está succionando por dos tipos de tuberías diferentes; una es tubería rígida galvanizada y la otra es manguera de succión.

**Fig. 20.b: Esquema  
Succión de Río**



(4.4)  $H_P = H_{P \text{ rígida}} + H_{P \text{ flexible}}$

Pérdidas por la tubería rígida.

- $f_T = 0.018$  para tubería diámetro 3" <sup>‡</sup>
- 1 Ampliación brusca 2 1/2" a 3" ;  $\beta = \theta_1 / \theta_2 = 0.83$ ;  $K = 0.32$  <sup>‡</sup>
- 1 " T " de diámetro 3" flujo a 90° ;  $K = 60 * f_T = 1.08$  <sup>‡</sup>
- 1 codo a 90° ;  $K = 30 * f_T = 0.54$  <sup>‡</sup>
- 1 " T " de diámetro 3" flujo directo ;  $K = (20 * f_T) = 0.36$  <sup>‡</sup>
- 1 válvula de bola ;  $K = 30 * f_T = 0.54$  <sup>‡</sup>
- Longitud de la tubería = 5 + 10 + 24 + 16 + 8 = 63 cm
- $\Phi_i$  = Diámetro interno = 77.9 mm.

De la formula (4.1) tengo que  $K_L = f_T * \frac{L_{\text{total}}}{D_i} = 0.018 * \frac{630}{77.9} = 0.14$

De la formula (4.2)  $H_{P \text{ rígida}} = \frac{3.52}{2g} * \left[ \frac{0.016}{\frac{0.0779_i * \pi}{4}} \right]^2 = 1.6 \text{ m.}$

Se le adhiere el 10% por envejecimiento de la tubería;  $H_{P \text{ rígida}} = 1.76 \text{ m}$

Pérdidas por la Manguera Flexible.

- Longitud = 6 m.

<sup>‡</sup> Tomado del manual de Crane.

- $Q = 0.95 \text{ m}^3/\text{min} = 250 \text{ gpm}$ .
- $\Phi_{\text{interno}} = 2.5'' = 63.5 \text{ mm}$
- Velocidad;  $v = Q / A = 5 \text{ m/s}$

$$(4.5) \quad f_T = (0.79 * \ln(\text{Re}) - 1.64)^{-2} \text{ para } 10^4 \leq \text{Re} \leq 5 * 10^6 \text{ ¶}$$

$$(4.6) \quad \text{Re} = \frac{\rho * \phi_{\text{interno}} * v}{\mu} \text{ Donde; } \mu = 0.805 * 10^{-3} \text{ Kg/m}^2\text{s} \text{ ¶}$$

$$\rho = 996 \text{ Kg/m}^3 @ 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Re} = \frac{996 * 0.0779 * 5}{0.805} = 393 * 10^3$$

$$f_T = (0.79 * \ln(393 * 10^3) - 1.64)^{-2} \text{ para } 10^4 \leq \text{Re} \leq 5 * 10^6 = 0.014$$

$$\text{De (4.1); } K_{\text{longitud de tubo}} = f_T * \frac{L_{\text{total}}}{D_i} = 0.014 * \frac{6}{0.063} = 1.30$$

$$\text{De (4.2); } H_{P \text{ flexible}} = \frac{1.30}{2g} * \left[ \frac{0.016}{\frac{0.0635}{4} * \pi} \right]^2 = 0.007$$

Como las mangueras de caucho y PVC no se le tiene en cuenta el envejecimiento siempre y cuando solo trasporten agua

$$\text{De (4.4); } H_P = H_{P \text{ r\u00edgida}} + H_{P \text{ flexible}} = 1.76\text{m} + 0.007\text{m} = 1.77\text{m} = 5.79 \text{ ft}$$

$$\text{De (4.3); } \text{NPSH}_d = 2.31 (12.54 - 0.616) - 6.56 - 5.76 = 15.2 \text{ ft} = 4 \text{ m}$$

Cuando se succiona de una fuente externa que puede ser un hidrante, o la salida de un carro tanque, la presi\u00f3n positiva que ellos suministran le permite a la bomba no requerir un NPSH menor a cuando se toma desde una fuente natural. Sin embargo, cuando se abastece desde un r\u00edo o pozo, siempre se emplea para cebar la bomba principal, el mecanismo de cebado, compuesto como se ha mencionado, y el cual garantiza que la bomba de agua no vaya a presentar cavitaci\u00f3n.

---

¶ Transferencia de Calor A. F. Mills. Ed Mc Graw Hill

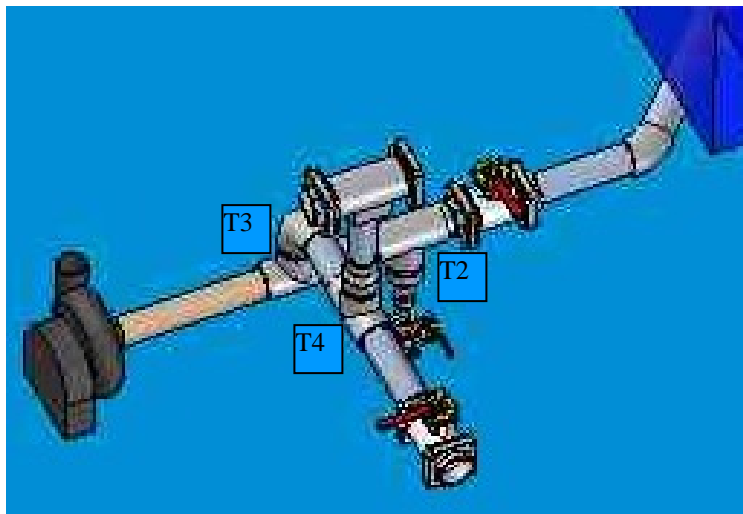
¶ Transferencia de Calor A. F. Mills. Ed Mc Graw Hill

Adicionalmente, esta línea de succión esta diseñada para ser conectada con la salida de otra bomba auxiliar, constituyendo un sistema en serie que nos proporcione una mayor presión de salida de bomba.

#### 4.2.3 Disposición de la tubería

La disposición de la tubería garantiza un cumplimiento de la norma NFPA 1901, y emplea la menor cantidad de accesorios. En la Fig. 21 se puede observar el arreglo para dicha sección de tubería.

*Fig.21: Diagrama de la tubería de succión*



#### 4.2.4 Descripción de la línea de succión

La tubería de succión parte de un niple todo-rosca de 3" para conectar una "T", ubicada bajo el tanque y que brinda una salida hacia la bomba y en la otra punta el tapón para drenar el tanque, como se puede observar en la Fig. 15. Posteriormente en la línea hacia el elemento impulsor se colocará un niple de 35 cm. seguido de un codo a 45 para obtener a partir de allí una entrada recta hacia la bomba, pero inclinada respecto a la horizontal para facilitar la descarga a través de la válvula de sangrado de todas las líneas, incluyendo las de descarga, cuando se termina de trabajar el sistema de bombeo. En este

semi-codo se montará un niple de 28 cm. en el cual se colocará la válvula de 3" principal de paso entre el tanque y la bomba, a continuación irá un niple todo rosca de 10 cm. donde se montará una "T" T2, como se observa en Fig. 21, para dividir esta línea en dos flujos, uno que continúa hacia la bomba y otro dirigido a la válvula de purga. El encaminado hacia la válvula es un flujo a 90° de la "T" T2, es decir una línea vertical descendente, compuesta de una reducción de 3" a 1 1/2", un niple todo rosca de 10 cm. y finalmente una válvula de 1/2" que constituye el elemento de purga de las líneas, esto con el fin de evitar una rápida corrosión del sistema.

Después de la "T" T2, en el flujo hacia la bomba encontramos un niple de 3" de 16 cm. que prosigue con una "T" T3, que es la encargada de recibir el fluido que viene de la válvula de seguridad o de la toma de succión lateral. En flujo directo en la "T" anterior, encontramos un espigo de 3", el cual nos permite gracias a sus estrías acoplar por medio de abrazaderas industriales una manguera de caucho de 3" de diámetro por 25 cm. de largo. Dicha manguera es la encargada de proporcionar una ecualización entre el tanque y la bomba, y a su vez brinda una corrección de la alineación entre la tubería y el elemento impulsor. En el otro extremo de este elemento flexible se encuentra otro espigo, roscado a la bomba, y donde se montará la manguera igualmente con abrazadera.

A partir de la "T" T3 en flujo a 90°, en dirección vertical ascendente encontramos un niple de 3" de diámetro por 10 cm. de largo donde continúa un codo a 90° que se dirige hacia el lado izquierdo del vehículo. Posteriormente a este codo existe un niple de 18 cm. donde irá montada una "T" T4 subsecuentemente.

Cabe mencionar que todos los niples de la línea de succión son en hierro galvanizado, a excepción del niple que sigue a la "T" anterior en dirección de 90° o vertical ascendente, puesto que allí se colocará un niple de acero al

carbono Sch 40 de diámetro 2 1/2" de 20 cm. de largo, para que soporte la válvula de seguridad. Este niple está acoplado a una reducción de 3" a 2 1/2" en un extremo, y en el otro a una unión de 2 1/2" de acero carbono. Esta unión va soldada a una platina cuadrada de 15 cm., que tiene cuatro agujeros, para igual número de tornillos, que sujetan a la válvula de seguridad por su zona inferior.

De la otra salida de la "T" T4 se desprende un niple de 3" X 25 cm. el cual es seguido por una válvula de bola, que es la encargada de permitir el paso a partir de la entrada lateral de succión hacia la bomba.

Después de esta válvula, se encuentra una reducción de 3" a 2 1/2", que continua con el niple de 2 1/2" X 10 cm. en bronce, para finalmente llegar a la caperuza de esta entrada.

#### **4.3 TUBERÍA DE DESCARGA**

La tubería de descarga se hace necesario su sustitución completa, para lo cual diseñamos y seleccionamos los diferentes accesorios de la nueva de línea.

Requisitos de la NFPA:

- NFPA 1961 expresa que la manguera de descarga no debe presentar uniones roscadas en por lo menos 20 m., y debe ser de un material capaz de soportar las presiones de trabajo.
- NFPA 1901 expresa en 14-7.1 que para una capacidad de bomba de 250 GPM se recomienda un diámetro de salida de 2 1/2" y *"Todas las salidas mayores o iguales a 2 1/2-pulg. (65-mm) deben estar equipadas con roscas nacional tipo macho"*.
- NFPA 1901 expresa en 14-7.8 *"Cada descarga de la bomba debe tener una válvula que pueda ser controlada desde la posición del operador de la bomba"*.

- NFPA 1901 expresa *“Debe ser colocado un sistema , que de acuerdo a lo establecido en las instrucciones del fabricante , que controlará automáticamente la presión en la descarga”*.

En el diseño preliminar del sistema de bombeo solo se incluía una salida lateral y la descarga en los carreteles, pero se quiso mejorar en base a la experiencia de los miembros del cuerpo de bomberos voluntarios de Piedecuesta quienes nos manifestaron que en algunas respuestas a las emergencias no había tiempo de poner en posición la máquina a lado del siniestro por lo cual se hacia necesario tener descarga tanto al lado derecho, como al izquierdo así que a dicho diseño le anexamos la salida lateral opuesta, excediendo lo propuesto por la NFPA 1901-14-7.1.2. *“Deben ser colocadas como mínimo dos salidas de 2½-pulg. (65-mm) para bombas con capacidad mayor o igual a 750 gpm (2850 L/min) y un mínimo de una salida de 2½-pulg. (65-mm) debe ser colocada en cualquier bomba con capacidad menor a 750 gpm (2850 L/min)”*.

Adicionalmente se pensó en ubicar un monitor con salida de 2 ½” en la parte superior del vehículo, dando como resultado que el vehículo M1 del cuerpo de bomberos voluntarios de Piedecuesta pueda contar con cuatro descargas: (Ver figura 22)

- a. Descarga lateral izquierda.
- b. Descarga lateral derecha.
- c. Monitor.
- d. Carreteles.

La tubería, así como todos los accesorios tales como “T”, codos, y reducciones y son de acero al carbono, Sch 40, y son capaces de resistir una presión de 500 psi manométricos, tal como lo exige la NFPA, para dicha sección.

En la articulación de las válvulas de descarga, presentamos un diseño que permite manipularlas subiendo o bajando una palanca, y no halando como hasta ahora se venía haciendo; este diseño es más ergonómico para el operador de la bomba

#### **4.3.1 Salidas Laterales**

La tubería principal es de 2 ½" puesto que es la opción que nos ofrece una mejor relación entre los factores, costo, pérdidas por fricción, y disponibilidad de espacio dado por su diámetro. Este diámetro se extiende hasta las salidas laterales, es decir, en cada punta de ellas encontramos tubería de 2 ½". Tiene al igual que en la succión lateral, el extremo en bronce para acoplarle la manguera y evitar que se produzcan chispas que en una emergencia de fuga de gas aumentaría la catástrofe. Cabe mencionar que el precio de este accesorio en bronce es 8 veces mayor que en acero. Para evitar el ingreso a través del extremo en bronce de elementos que puedan perjudicar a la bomba, se ha dispuesto colocar una caperuza en cada salida lateral, con su respectiva cadena para evitar que se extravíe en la eventualidad de un emergencia. Cada salida cuenta con su respectiva válvula de 2 ½".

#### **4.3.2 Carreteles**

El carretel izquierdo requiere que sea reemplazada su manguera totalmente, así como para ambos tambores se hace necesario lavar sus dientes de engrane y aplicarles grasa nueva. La tubería que llega a los carreteles es de 1" de diámetro, y con el mismo tamaño para la válvula de paso de cada una de estas salidas.

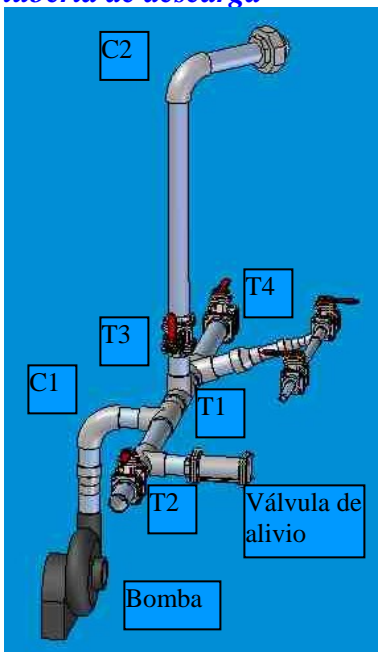
#### **4.3.3 Monitor**

El monitor irá ubicado en la parte superior del vehículo, montado sobre una base, unido con tornillos, que a su vez irá apoyada en el marco de la

estructura de los tambores de los carretes. Estará ubicado en una zona que le permite al bombero total visibilidad del terreno, y le permite manejar el elemento en los 360° tanto horizontales como verticales. Para abastecer el monitor se desprenderá de la tubería de descarga lateral derecha un tramo de tubería de 2 ½" que atravesará la lámina del piso superior, y que a través de un codo le permitirá llegar en línea recta a la entrada del monitor. En dicha sección recta irá montada una universal, para permitir al monitor ser retirado de la tubería para sus labores de limpieza y mantenimiento. La válvula de paso a emplear será una válvula marca Hale, que se cuenta con ella, presenta buenas condiciones y no requiere su compra.

#### 4.3.4 Disposición de la tubería

**Fig. 22: Diagrama de la tubería de descarga**



La salida de la bomba es de 2" de diámetro, por lo

cual se coloca una expansión de 2" a 2 1/2" , seguido de un niple todo rosca, que va a su vez acoplado al extremo de una universal, que va permitir el desmonte de la bomba para las labores de mantenimiento. Posterior a esta universal se encuentra un niple de 2 ½" X 10 cm. donde irá montado un racor para la lectura del manómetro principal de descarga, a continuación encontramos un codo a 90° C1, que es el encargado de pasar de un flujo vertical, a uno horizontal como se observa en la Fig. 22. En la

salida del codo va un niple de 8 cm. el cual va a permitir que tanto las salidas laterales, como la del monitor estén suficientemente alejadas del borde de la cabina para su fácil manipulación.

Después de este codo viene una "T" T1 que bifurca para las salidas izquierdas y derechas.

En la tubería que se dirige hacia la salida derecha va una "T" T3 que bifurca hacia la parte superior que va a desembocar en el codo C2 que se dirige posteriormente al monitor. De la T3 en dirección hacia a la derecha se encuentra la "T" T4, que en flujo a 90° se dirige hacia los carretes. A continuación de esta "T" encontramos las reducciones de 2 1/2" a 1 1/2" y la de 1 1/2" a 1". Después de la T4 en flujo recto se encuentra la válvula de paso de la salida lateral derecha.

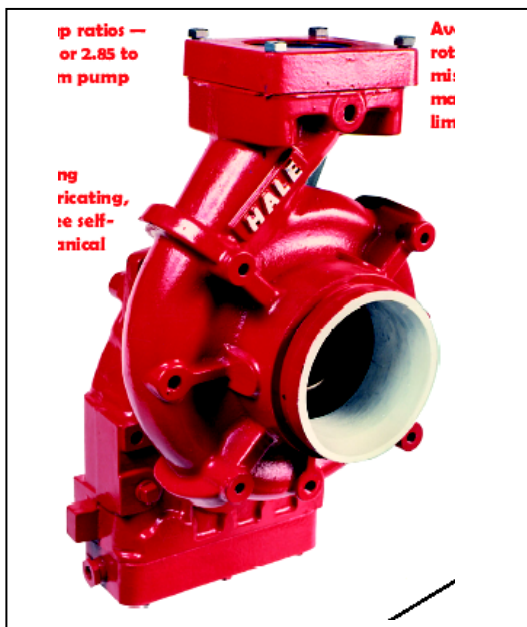
Del otro extremo de la "T" T1 se encuentra la tubería que va hacia la "T" T2 que divide el flujo, uno hacia la válvula de la salida lateral izquierda, y el otro hacia la válvula de seguridad.

#### 4.4 BOMBA PRINCIPAL

##### Selección de la Bomba Nueva

Los valores de  $NPSH_d$  son relativamente altos, y la existencia de una bomba de cebado auxiliar que siempre trabaja cuando se abastece desde una fuente natural, hacen que este factor no sea tan determinante para la selección de la

*Fig. 23: Bomba AP*



bomba.

De acuerdo al diagnóstico de la bomba actual, y a los cálculos anteriores procedemos a realizar la selección del elemento de bombeo partiendo adicionalmente de que las cuatro posibilidades a analizar cumplen con las capacidades de rateo necesarias, siendo dichas opciones:

- a) Bomba Hale 2CBP de segunda mano en estado estándar.
- b) Bomba CBP nueva de fabricación nacional.
- c) Bomba Hale AP nueva.
- d) Bomba UND – II/ A40

Para definir empleamos el análisis de factores ponderados, para lo cual tendremos en cuenta los siguientes ítems:

**Tabla 3: Valores máximos para los factores ponderados**

FACTOR	VALOR MÁXIMO
Información técnica dada por el vendedor	10
Costo	10
Tiempo de entrega	8
Experiencia del fabricante	8
Estado de la bomba	4

**Información técnica dada por el vendedor**

- Curvas de operación, garantía y certificación 10
- Curvas de operación, garantía 6
- Garantía 4

**Fig. 24. Bomba UND – II/ A40**



**Costo**

- Menos de 5'000.0000 10
- Entre 5'000.000 y 10'000.000 5
- Más de 10'000.000 2

**Tiempo de entrega**

- Menos de 8 días 8

- Entre 8 y 20 días 6
- Más de 20 días 4

**Experiencia del fabricante**

- Más de 10 años en estar laborando 8
- Más de 5 años 4
- Más de 1 año 2

**Estado de la bomba**

- Nueva 4
- Usada 2

De acuerdo a lo anterior:

*Tabla 4: Resultados del análisis de factores ponderados.*

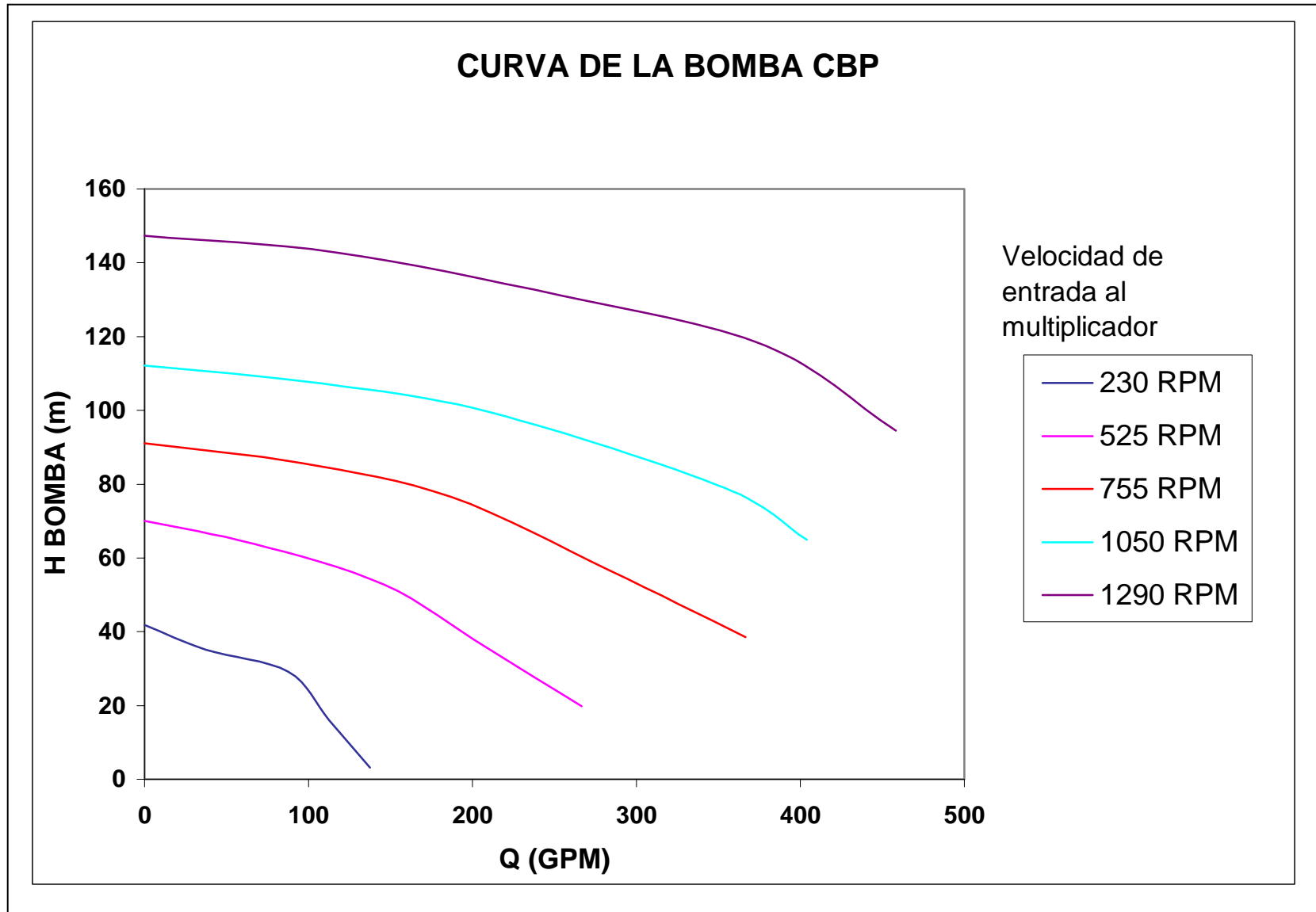
Factor	Bomba Hale 2CBP	Bomba CBP fabricación nacional	Bomba Hale AP	Bomba UND-II/A40
Información técnica dada por el vendedor	4	4	10	6
Costo	10	10	2	5
Tiempo de entrega	8	8	4	4
Experiencia del fabricante	8	8	2	4
Estado de la bomba	2	4	4	4
<b>TOTAL</b>	<b>32</b>	<b>34</b>	<b>22</b>	<b>23</b>

*Fig. 25. Bomba CBP*



Concluimos que la bomba CBP de fabricación nacional, representa la mejor opción, sin embargo, para nuestro análisis nos basamos en la curva de la CBP Hale puesto que el fabricante de la bomba nacional no proporciona las curvas de la misma, lo que hizo necesario la realización de pruebas para corroborar el cumplimiento de las condiciones de funcionamiento necesarias.

Figura 26: Curvas de la bomba



Curvas Experimentales. Ver tablas 9, 10, 11, 12, 13 en el capítulo 6 , Pruebas del Sistema de Bombeo.

De acuerdo a estas curvas confirmamos que la bomba CBP de fabricación nacional es la más idónea para nuestro propósito.

#### 4.5 PANEL DE CONTROL

Requisitos de la NFPA:

- NFPA 1901 expresa que debe ser colocado un indicador luminoso para indicar cuando la bomba y el freno de parqueo estén engranados.
- NFPA 1901 expresa *“Cualquier sistema debe ser controlado por una persona en la posición del operador de la bomba”*.
- NFPA 1901 expresa *“El indicador de succión debe leer desde 30 pulg. Hg (101.6 kPa) de vacío hasta una presión manométrica 300 psi (2070 kPa). El indicador de la descarga debe leer desde 0 psi manométricos o menor hasta una presión manométrica de 300 psi (2070 kPa)”*.
- ASME B40-1 expresa *“Los números para los medidores principales deben ser de una altura mínima de 0.25 in. (6.4 mm). Deben haber líneas de graduación por lo menos cada 10 psi (69 kPa), con líneas principales e intermedias subrayadas y numeradas por lo menos cada 100 psi (690 kPa)”*, esto corresponde a un medidor con 4” de carátula.
- NFPA 1901 expresa *“Un flujómetro o indicador de la presión debe ser colocado para cada salida de la descarga mayor o igual a 1 1/2 pulg. (38 mm) y deben ser marcados con una etiqueta para indicar la salida a la cual está conectado el indicador”*.
- ASME B40-1 expresa para los medidores secundarios *“Los números para estos medidores deben ser de una altura mínima de 5/32 pulg. (4 mm). Deben haber línea de graduación por lo menos cada 10 psi (69 kPa), con líneas principales e intermedias subrayadas y numeradas por lo menos cada 100 psi (690 kPa)”*, esto corresponde a una carátula de 2 1/2”.

El tablero o panel de control se montará en los dos laterales, es decir, el principal irá sobre el lado izquierdo del vehículo, y el panel secundario y más pequeño irá sobre el otro costado. La lámina a utilizar como base de estos tableros es de acero inoxidable K - 16, con el fin de evitar su corrosión y presentar una buena presentación. La instrumentación será totalmente nueva a excepción del manómetro principal, y se colocarán los medidores que exige la norma en los tamaños especificados, es decir de 4" de carátula para los medidores principales, y de 2 ½" para los manómetros de cada salida. Los medidores de las características del motor, serán de 2" de carátula para la lectura de la presión del aceite y la temperatura, y de 3" para el tacómetro. La altura respecto al piso a la cual van a estar dispuestos los diferentes medidores, no excede los máximos estipulados por la norma NFPA 1901.

## **5. IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE**

## **5.1 TANQUE DE AGUA**

Los bafles que estaban deteriorados se procedió a soldarlos y aplicar pintura epóxica anti-corrosiva a dichas zonas adheridas para evitar su rápida oxidación.

## **5.2 TUBERÍA DE SUCCIÓN**

### **5.2.1 TUBERÍA DE SUCCIÓN DE TANQUE A BOMBA**

El tapón montado para la purga del tanque, posee dos varillas soldadas para facilitar su desmontaje, pero se hizo necesario doblar las dos puntas, como se observa en la figura 15, para evitar cualquier roce con la transmisión del vehículo, bajo cualquier circunstancia de carga que se pueda presentar en la cubierta del tanque y que puedan hacer golpear estas dos zonas, debido a la amortiguación del mismo.

La línea de succión cuenta con los apoyos necesarios para prevenir los impases de los caminos agrestes, rurales o poco pavimentados que tiene el municipio de Piedecuesta y pueblos aledaños. Dichos elementos sostienen la tubería al chasis del vehículo (Ver Fig. 28)

Estos apoyos presentan entre su área de contacto con la tubería, elementos elásticos que amortiguan posibles vibraciones.

**Fig. 27: Soporte de succión**



Todas las uniones de niples con válvulas y accesorios se hicieron con rosca NPT de 3" ya que la norma NFPA 1901 sugiere que las conexiones sean roscadas y no soldadas.

## 5.2.2 TUBERÍA DE SUCCIÓN LATERAL

**Fig. 28: Filtro de río**



La succión cuenta con un filtro removible y accesible dentro de la conexión. El filtro o coladera restringe los desechos esféricos o piedras que son grandes para pasar por el ojo del impeller. Dicha entrada a los álabes es de 12 mm para la nueva bomba, es así

que instauramos un enmallado en esta coladera, donde su máxima dimensión es de 10 mm.

El extremo de la succión de río tiene rosca tipo NS o Standard hembra de 2 1/2"; que se acopla correctamente a la manguera que el cuerpo de bomberos Voluntario de Piedecuesta cuenta para la toma desde una fuente natural.

Esta entrada lateral es en bronce, lleva una

**Fig. 29: Tapón de succión y caneruzza de descarga**



gorra o tapa en el mismo material, capaz de soportar un incremento repentino hidrostático de 500 psi (3450 kPa) manométricos; asegurada al vehículo con una cadena, (ver Fig. 29). En estos elementos se empleo dicho material para evitar las chispas que se pudieran presentar al momento de acoplar la manguera con la entrada de la succión de río si sus puntas fuesen en hierro. En la Fig. 29 también se observan las llaves necesarias para apretar o aflojar la manguera de succión a la entrada lateral.

La tubería de succión no interfiere con el mantenimiento rutinario de la bomba, motor, y los sistemas auxiliares, ni restringe indebidamente el servicio de estos componentes.

La bomba de cebado fue limpiada y el tanque de aceite que la abastece fue llenado con valvulina, el cual es el aceite recomendado por el fabricante.

Por último en la bomba en la zona de succión van montados dos racores, el primero es con el fin de medir la presión y el otro va dirigido a la válvula de la bomba de cebado.

## 5.3 TUBERÍA DE DESCARGA

### 5.3.1 Descarga Lateral Izquierda.

Es tal vez la descarga más importante y más utilizada que tiene la máquina, por estar en el panel de control principal, tiene salida de 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>" macho con rosca tipo NS o standard, aún que por los terrenos agrestes que tiene el municipio de Piedecuesta la manguera de este diámetro es

*Fig 30: Descarga lateral izquierda*



**Fig. 31: Válvulas gemelas**

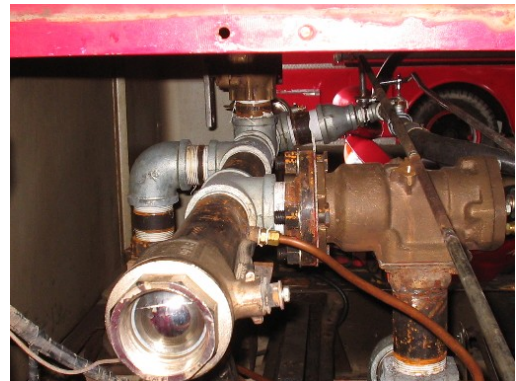


difícil de manejar entre dos bomberos, y por ende se colocó una adaptación para pasarla a 1<sup>1/2</sup>" y poder conectarle unas válvulas gemelas especiales (ver Fig. 31); esto se tuvo en cuenta al momento del montaje de la tubería para que los accesorios y adaptaciones no quedaran muy retiradas del panel de control, y pudieran representar una obstrucción para el libre movimiento en esta zona. La válvula de 2<sup>1/2</sup>" de la salida lateral izquierda esta lo más cerca posible a la parte posterior del panel de control para favorecer la manipulación de la misma con un diseño novedoso donde se articula subiendo y bajando y no halando, para hacer más fácil su cierre .

De esta línea es donde sale la conexión para la válvula de seguridad.

La conexión del manómetro va antes de la válvula, como se observa en la Fig. 32, a través de una unión soldada a la tubería y donde se conecta un racor que termina en el manómetro montado en el panel.

**Fig. 32: Válvula de descarga lateral izquierda**



Todos los elementos que se refieren a la salida lateral izquierda están debidamente marcados con su etiqueta en el panel.

En la parte de descarga de la carcasa de la bomba van montados dos racores, uno que se dirige hacia la válvula de refrigeración del motor, y el otro hacia el control remoto de la válvula de seguridad.

Todas las uniones de tubería roscada tanto succión como descarga se recubrieron con teflón y a la parte de la descarga se le aplicó Gastop, o sellante de alta presión para tubería, con el fin de garantizar un 100% de hermeticidad del sistema.

Los racores machos fueron igualmente recubiertos con teflón comercial que presenta un menor espesor y más es adecuado para estos elementos.

### 5.3.2 Descarga Lateral Derecha.

Se encuentra en el panel secundario con salida de 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>"", el accesorio para conectar la manguera es de bronce con rosca macho tipo NS o standard, al igual que la caperuza, que esta atada al tablero con una cadena, para que en el momento de una emergencia no se extravie.

La válvula esta cerca a la parte posterior del panel secundario y como no lleva reducción esta un poco más afuera que la descarga lateral izquierda.

*Fig. 33: Descarga lateral derecha*



*Fig. 34: Soporte de la descarga*



Tiene sus respectivas etiquetas para identificar el manómetro, la descarga y la perilla que controla la salida de agua, para saber hacia donde cierra y abre la válvula.

Se le unió un sistema de dos soportes o pie de amigo al chasis del vehículo con un par de tornillos, (Ver Fig. 34) los cuales reciben el peso de la tubería de

descarga, para evitar que todo el peso de la tubería y accesorios lo reciba los soportes de la bomba.

Para la salida lateral derecha se hizo necesario romper la lámina que

**Fig. 35: Válvula de descarga lateral derecha**



presentaba anteriormente, como se puede observar en la Fig. 35, con el fin de dejar una zona amplia para la puerta de acceso lateral para las diferentes labores de revisión y mantenimiento del sistema de bombeo.

La tubería de descarga no interfiere con el mantenimiento rutinario de la bomba, motor, o de los sistemas auxiliares y no restringe indebidamente el servicio de estos componentes.

### 5.3.3 Carreteles.

El vehículo de bomberos de ataque inicial, tiene dos carreteles de manguera de 1" en la parte superior izquierda y derecha de la máquina; no posee rebobinado eléctrico de las mangueras, por lo tanto hay que hacerlo manualmente, lo que para los bomberos es considerado como incómodo y tratan en lo posible no utilizarlas.

**Fig. 36: Carreteles**



La conexión a los carretes o carreteles sale de la descarga lateral derecha y para reducirle a 1" fue necesaria la utilización de dos reductores de 2 1/2" \* 1 1/2", y 1 1/2" \* 1" porque en el mercado no se encuentra la reducción de 2 1/2" \* 1". La posición de los carreteles ya estaba fija, por lo cual se montó dos

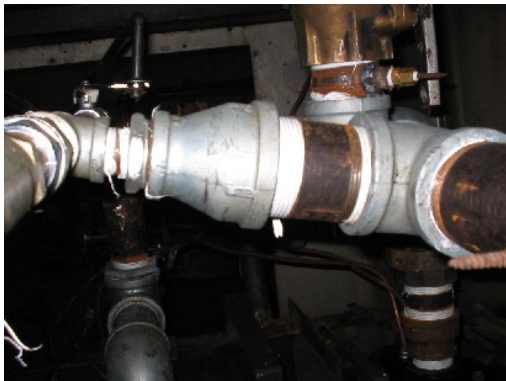


Fig. 37: Reducción hacia los carreteles

niples de 10 cm. en el lado derecho y 29 cm. en el lado izquierdo.

Las dos válvulas con que cuenta la línea de los carreteles son de 1" y se pueden manipular desde el panel de control halando para abrir y empujando para

cerrar con su respectiva etiqueta.

Algunas de las extensiones que se usan para controlar las válvulas ya las tenía el vehículo anteriormente, las que no, fueron reacomodadas de acuerdo a unas extensiones que estaban en desuso en el departamento, y todas fueron niqueladas para prolongar su vida útil y mejorar su apariencia.

Fig. 38: Control de los carreteles



**EN CUANTO AL TAMBOR Y SU MANIPULACIÓN, SE LE HIZO UN LAVADO GENERAL Y SE LE APLICÓ GRASA NUEVA.**

#### 5.3.4 Monitor.

En la descarga del monitor o cañón de ataque, va la única válvula de todo el sistema de bombeo que no se compro nueva ya que el cuerpo de bomberos

voluntario de Piedecuesta la tenía en desuso de otro equipo que dieron de baja; este elemento es de fabricación Americana marca HALE y está en

**Fig. 39: Válvula del monitor**



perfectas condiciones; es manipulada desde el panel de control halando para abrir y empujando para cerrar con su respectiva etiqueta.

En la figura 39 se puede ver la conexión del manómetro que esta antes de la

válvula.

Para el montaje de está tubería se necesitó romper la lámina superior, pero posteriormente fue tapada, con dos platinas a manera de media luna, las cuales fueron soldadas y se le aplicó silicona como empaque, a fin de evitar la filtración de agua del medio que puedan caer sobre la batería del vehículo.

**Fig. 40: Monitor Instalado**



Al monitor se le diseño una base de 60 cm de alto en la parte superior del tanque para permitirle disparar chorros de agua a los 360° en la dirección horizontal y vertical, aun por encima de las luces de emergencia delanteras. Se le unió una junta universal con lo cual se hace fácil su desmontaje para el mantenimiento, además de una extensión roscada de 3/4" X 40

cm en su parte superior para su fácil maniobrabilidad.

Lleva en la punta una boquilla de bronce para aumentarle la velocidad al chorro.

Habiendo determinado el lado en el cual colocaremos la bomba, procedemos a observar el espacio disponible para la ubicación del elemento. Para observar la zona disponible se hizo necesario retirar la puerta lateral derecha de acceso al sistema de bombeo para facilitar la entrada de herramientas y máquinas manuales para retirar la tubería de succión, la de descarga, con cada una de las válvulas que presentaban unidas a ellas, así mismo se sacó el tanque de aceite de la bomba de cebado.

## 5.4 BOMBA PRINCIPAL

### 5.4.1 Posibilidades de Ubicación

Dentro de las secciones a ubicar la bomba encontramos como primera medida, el lado del vehículo, bien sea izquierdo o derecho. El toma potencia puede ser ubicado en cualquiera de las dos zonas de la caja de velocidades, debido a que en cada lado presenta una tapa por donde al retirarla pueden acoplarse estos dos elementos. Sin embargo dependiendo en que parte se coloque, determinará el sentido de rotación del eje que llega al multiplicador

de la bomba.

*Fig. 41: Posición de la bomba.*



Posición anterior

Posterior al puente

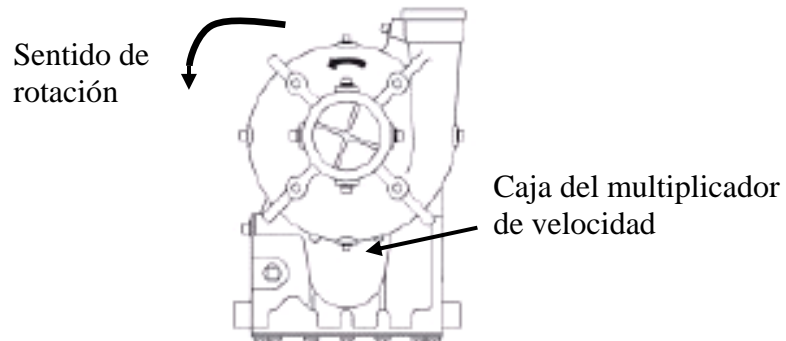
En segunda instancia, se debe definir la posición dentro del lado ya definido, en la cual irá el elemento impulsor. Tomando como base la posición anterior de la bomba es posible emplear este punto, el cual se encuentra en la zona aledaña al borde entre la carrocería y la cabina. También puede emplearse la zona posterior al primer puente

del chasis.

### 5.4.2 Selección de la Ubicación

La bomba CBP debe girar, visto desde la parte posterior del vehículo, en sentido contrario a las manecillas del reloj, como se muestra en la figura 40,

*Fig. 42: Sentido de rotación de la bomba.*



para que pueda cumplir correctamente con su función. El posicionamiento del elemento de bombeo en cualquiera de los dos lados nos brinda el sentido de giro deseado; sin embargo en el vehículo se encuentra montado un toma potencia izquierdo, lo cual nos inclina por esta opción, porque de lo contrario se haría necesaria la adquisición del toma potencia derecho lo cual es un costo representativo e innecesario. Por tanto montamos la bomba en la zona izquierda.

*Fig. 43: Vista posterior del vehículo*



## Bomba

*Fig. 44: Bomba en su sitio*



Una vez evacuado estos elementos, procedimos a colocar la bomba sobre apoyos de madera, buscando la posición ideal, la cual estaba representada por una ubicación que implicara la menor distancia de tubería o manguera flexible, la más recta, es decir, el menor empleo de codos, "T", y cualquier otro tipo de accesorios, y adicionalmente que ofreciera la inclinación necesaria para la purga de las líneas. También se buscaba que dicha posición no representará una obstrucción para la transmisión de potencia al eje trasero del vehículo.

Buscando cumplir con lo anterior, seleccionamos la zona inferior inmediata a la división entre la carrocería del vehículo y la cabina, como se puede observar en la Fig. 44, puesto que la zona posterior al primer puente del chasis no permite el montaje de la succión lateral, por el espacio tan reducido que quedaría entre la bomba y la pared del tanque.

### 5.4.3 Apoyos de la Bomba

Para montar la bomba al chasis diseñamos un sistema de apoyos colgantes, compuesto de dos piezas, que le brindan a la bomba sostenimiento y facilitan su desmontaje para labores de mantenimiento.

#### 5.4.3.1 Apoyo Desplazable

Constituido por una lámina de 3/8" en hierro fundido a una medida de 7" de largo por 12" de alto.

Esta pieza está dispuesta en forma de "L" como se muestra en la figura 45, con dos áreas definidas, la vertical y la horizontal.

La primera de ellas está compuesta por:

- Cuatro (4) agujeros de diámetro  $1/2"$ , dispuestos en un cuadrado que tiene por lado  $4\ 15/16"$ . En cada uno de estos agujeros se colocó un

**Fig. 45: Apoyo principal de la bomba**



tornillo de acero 1020 de  $1/2"$  de diámetro que van a acoplarse con cada uno de los orificios roscados de la bomba respectivamente.

Un agujero matriz de  $4\ 21/64"$  de diámetro, y cuyo centro es el punto medio del cuadrado anterior.

Dicho agujero es para albergar la succión de la bomba.

El área horizontal, que va estar en contacto con el ángulo o lámina soldada al chasis, está formada por un ranura pasante a manera de chavetero, cuyas dimensiones son  $1/2"$  de ancho por

$1"$  de largo, y cuyo fin es facilitar el montaje y desmontaje de la bomba al permitir desplazar la bomba junto con el apoyo móvil sobre el ala de un ángulo de  $1/4" \times 1\ 1/2"$  de acero al carbono y ubicarlo más cómodamente al momento de realizarle el respectivo mantenimiento.

**Fig. 46: Apoyo secundario de la bomba**



El ángulo va soldado al chasis del vehículo con electrodo revestido 6013 X  $1/8"$ .

### 5.4.3.2 Apoyo fijo

Aprovechando que existía en el carro una lámina calibre de 1/4" soldada en una longitud de 8" al chasis, decidimos emplear este elemento como apoyo frontal; para lo cual se hizo necesario realizarle 2 huecos de 1/2", ubicados a una altura de acuerdo a la posición seleccionada para la bomba y separados a una distancia de 3 7/16" (Fig. 46). Adicionalmente se procedió a aplicar soldadura de refuerzo con electrodo revestido 6013 x 1/8".

## 5.5 PANEL DE CONTROL

La siguiente instrumentación y mandos fueron colocados en el panel de control, identificados y visibles para el conductor en el momento de operar la bomba.

Los controles e interruptores que van a ser operados por el conductor mientras el aparato esté estacionado y encendido están al alcance conveniente para el mismo, y los cuales son:

1. Amperímetro.
2. Acelerador.
3. Tacómetro.
4. Indicador o Medidor de la presión del aceite.
5. Indicador o Medidor de la temperatura del refrigerante.
6. Interruptor de luces.
7. Manómetros principales de succión y de descarga.
8. Manómetros de descarga.
9. Indicador del PTO-engranado.
10. Control de la válvula de alivio.
11. Abertura y cierres de válvulas (de tanque a bomba, de purga, de succión, y las de descarga).

12. Control de la bomba de cebado.
13. Control de la válvula de refrigeración.
14. Indicador de nivel del agua.

### 5.5.1 Sub - Sistema eléctrico

Los tamaños reducidos de tripulación han obligado al operador del aparato a que asuma muchas nuevas labores del bombero, excepto la de operar el sistema. Aun cuando el maquinista está en el aparato, él o ella está demasiado ocupado prestando mucha atención con las tareas de prioridad más altas y no la de supervisar la condición de todos los sistemas.

Las cargas eléctricas en modernos aparatos de bomberos frecuentemente exceden la capacidad del alternador y sólo pueden concluir en la descarga de las baterías del aparato. Las baterías del alto-ciclo que se diseñan para proporcionar la cantidad grande de amperaje para mover los modernos motores diesel se dañan severamente cuando se descargan. Se piensa que la dirección automática de carga protege el sistema eléctrico del daño innecesario mientras mantiene en funcionamiento los dispositivos esenciales. Sin embargo, en nuestro caso recurrimos a la necesaria inspección del operador de los diferentes medidores eléctricos con el fin de evitar problemas dentro de este Sub - sistema del vehículo.

**Fig. 47: Amperímetro**



Un amperímetro esta montado en el tablero del instrumento del conductor en la cabina para permitir observación directa de los amperios del sistema.

**Fig. 48: Batería**



Las baterías en el aparato de bomberos deberían ser más grandes que aquéllas utilizadas en los vehículos comerciales porque además del arranque del vehículo, ellas necesitan proporcionar la energía suplemental para impulsar el alto-

amperaje, necesario para los dispositivos de funcionamiento intermitentes como las sirenas mecánicas y el rebobinado eléctrico de las mangueras.

Usualmente estas tienen dos rangos: “Movimiento de los Amperios,” que determina el tamaño del motor que puede arrancarse, y “la Capacidad de la Reserva,” que suministra una medida de la potencia total que puede proporcionarse a una constante de descarga.

Dicha batería se encuentra montada de manera tal que previene el movimiento durante el funcionamiento del aparato, protegerla contra el rocío del camino y esta prontamente accesible para su examen, prueba, y mantenimiento.

### 5.5.2 Acelerador

**Fig. 49: Acelerador**



El vehículo cuenta con un sistema acelerador (Fig. 49)

que mantiene una posición determinada para controlar la velocidad del motor. Dicho control está a una altura inferior a 72 pulg. (1829 mm) y superior a 42 pulg. (1067 mm) del piso o de la posición de pie del operador y con todos los instrumentos a la vista. La característica

principal del acelerador es que dispone de un dispositivo que permite la aceleración continua y la mantiene; y la desaceleración instantánea con sólo oprimir un botón.

### 5.5.3 Tacómetro.

*Fig. 50: Tacómetro*



Tanto el tacómetro, el manómetro de aceite del motor, como su termómetro, son instrumentos de medición nuevos ya que los que tenía el

vehículo no servían o estaban muy viejos (más de 40 años) y no representaba una medida real y confiable para la operación normal de la bomba.

*Fig. 52: Termómetro del motor*



está trabajando la bomba.

*Fig. 51: Manómetro de aceite del motor*



Estos tres instrumentos se encuentran también en la cabina del carro, pero se hace necesario tenerlos en el panel de control para que el maquinista pueda inspeccionar el correcto funcionamiento del motor, mientras

### 5.5.4 Interruptor de Luces

#### 5.5.4.1 Luces de Emergencia

La norma NFPA 1901 exige un interruptor para el master del dispositivo de advertencia óptico y debe ser prontamente accesible por el

*Fig. 53: Interruptores de luces de emergencia*



conductor del vehículo en la cabina. Las luces se deben colocar para minimizar la rotura casual.

El sistema de la advertencia óptico en el aparato de bomberos presenta dos modos separados de señalización

***Fig. 54: Luces de emergencia delanteras***



durante los funcionamientos de la emergencia. Un modo que señala a chóferes y peatones que el aparato está respondiendo a una emergencia y está requiriendo vía, y el otro modo señala que el aparato se detiene y está bloqueando la vía.

Bajo condiciones típicas, el sistema de la advertencia óptico especificado proporciona la advertencia eficaz y equilibrada. En algunas situaciones, sin embargo, la seguridad del aparato puede aumentarse apagando algunos dispositivos de advertencia. Por ejemplo, si otros vehículos necesitan pasar

***Fig. 55: Luces de emergencia traseras***



dentro de la proximidad íntima del aparato estacionado, la posibilidad de distraer a otros chóferes puede reducirse si los faros de automóvil y las luces de la advertencia bajas se apagan. Al responder en nieve o neblina, podría ser deseable apagar las luces estroboscópicas del

paramento delanteros o las luces oscilantes para reducir la desorientación visual del conductor del aparato.

El ligero intento de advertencia del sistema puede ser el de proporcionar los signos del respaldo completos a través del funcionamiento de un solo interruptor del master cuando se bloquea la vía. No hay ningún intento para prevenir el uso de los niveles bajos de advertencia cuando el conductor del aparato cree que tales reducciones son apropiadas, dado la misión del vehículo, el tiempo, u otros factores operacionales.

Los dispositivos de la advertencia ópticos están contruidos y colocados para evitar la proyección de luz, directamente o a través de los espejos, en cualquier lugar o compartimiento de la tripulación

#### **5.5.4.2 Luces de frenado y luces direccionales traseras.**

El aparato como todos los vehículos esta equipado con luces de frenado y luces direccionales traseras requeridas por la *Norma de Seguridad Federal de Vehículo de Motor (FMVSS) No. 108*, "Las Lámparas, dispositivos reflectivos, y equipo asociado se deben montar los Equipos para que no obstaculicen luces de frenado y

*Fig. 56: Luz de frenado y direccionales traseras*



luces direccionales traseras". Las luces direccionales del vehículo son visibles del frente, los lados, y parte trasera del mismo

### 5.5.5 Dispositivos de advertencia audibles.

**Fig. 57: Sirena**



El equipo de advertencia sonoro con que cuenta el aparato es un sirena eléctrica que reúne los requisitos de *SAE J1849, Sirenas de Vehículo de Emergencia*. Dicha sirena se encontraba en desuso debido a la falta de mantenimiento y limpieza la cual ya fue reparada, montada en el techo del vehículo y cuenta con el medio para permitir su activación dentro del alcance conveniente del conductor.

### 5.5.6 Iluminación de trabajo.

Todos los medidores, salidas de descarga, admisiones a la bomba están iluminados. (Ver fig. 58) El compartimiento de la bomba y el área del tanque del lubricante de cebado, también están iluminados.

**Fig. 58: Panel iluminado**



El área de trabajo inmediatamente detrás del vehículo se puede iluminar con una exploradora dentro de un área 10 \* 10 pies (3 \* 3 m) y cuyo interruptor se encuentra en la cabina del conductor junto con las luces rutilantes traseras y delanteras (Fig. 53). Además pudimos lograr iluminar todos los gabinetes donde se guarda el equipo contra incendio y las mangueras ya que muchos bomberos voluntarios manifestaron que gran parte de la emergencias ocurrían en horas de la noche y al momento de sacar las mangueras de su compartimientos se cortaban con objetos corto-

punzantes debido a la poca iluminación; esto excede la norma NFPA 1901, puesto que no exige la iluminación de los gabinetes laterales.

### **5.5.7 Gabinetes especiales para guardar el equipo de aire auto contenido SCBA**

Las unidades de SCBA y equipo montado en la cabina de la tripulación pueden causar daños a los ocupantes si ellos sobre vuelan alrededor de si mismo como resultado de un accidente u otro impacto. Todo instrumento almacenado en la cabina de la tripulación debería ser colocado con anaqueles o gabinetes para minimizar la probabilidad de accidente si hay suficiente espacio.

*Fig. 59: Equipo de Auto Contenido*



Teniendo en cuenta esta recomendación y el hecho de que en el vehículo no se tiene espacio en la cabina de la tripulación, se optó por dejar el espacio suficiente para guardar el equipo de aire auto contenido en la zona derecha de la

parte interna, opuesta al sitio donde se instaló la bomba, se suplió la necesidad de poderlo llevar siempre a todas las emergencias ya que es un instrumento necesario para la seguridad del bombero; además se diseño una compuerta suficientemente grande para asegurar la entrada y retiro del equipo fácilmente.

### **5.5.8 Manómetro Principal de Succión y Descarga**

Los manómetros principales que indican la presión en la succión y en la descarga están ubicados dentro de 8 pulg. (200 mm) uno del otro, de borde a

borde, con el indicador de la presión en la succión colocado a la derecha del de la descarga. El manómetro de succión lee desde 30 pulg. Hg (101.6 kPa) de vacío hasta una presión manométrica 300 psi (2070 kPa). El manómetro de la descarga lee desde 0 psi manométricos hasta una presión manométrica de 1000 psi (2070 kPa). Cada uno está marcado con etiquetas que dicen “Succión de la bomba” para el de admisión y “Descarga de la bomba” para el manómetro que indica la presión en la salida de bomba.

*Fig. 60: Manómetros principales*



Los números para los medidores principales están a una altura 0.25 in. (6.4 mm). Tiene líneas de graduación por cada 20 psi (69 kPa), con líneas principales e intermedias subrayadas y numeradas cada 100 psi (690 kPa). Están amortiguados para la vibración y pulsaciones de la presión, resistentes a la corrosión, condensación y choques, y tienen los mecanismos internos lubricados para prolongar su vida. Todo lo anterior en complacencia con la norma NFPA 1901 14-12.2.1 y 14-12.2.1.1; además se les hizo una prueba a todos los manómetros tanto los nuevos como el usado, en el laboratorio de Mecánica de Fluídos UIS, con el fin de probar su estado de calibración y corregirlos de ser necesario.

Existen dos formas de comprobar y calibrar los manómetros en el laboratorio de la UIS:

La primera es colocando un manómetro ya calibrado junto al que se va a calibrar ponerle peso gradualmente e ir comparando los valores.

La segunda consiste en comparar un valor teórico con el valor mostrado por el manómetro. El valor teórico es el peso que se esta aplicando sobre el área la cual se esta ejerciendo dicho peso que es igual a 2 cm<sup>2</sup>. Hay que tener en cuenta el peso propio del porta-masa que es de 4 Kg.;este resultado se compara con el valor real que muestra el manómetro a calibrar y se saca un porcentaje de error.

Pudimos concluir que el manómetro principal esta en perfectas condiciones a pesar de los años en servicio y el pequeño porcentaje de error puede ser de error de apreciación; a continuación se mostrara la Tabla 6 tomada del laboratorio con todos los valores, una conversión ya que el manómetro solo tiene la escala en PSI y no en Kg./cm<sup>2</sup> y el porcentaje de error.

**Tabla 5 : Calibración del manómetro principal de descarga**

PESO		Presión	Conversión	Valor teórico	Porcentaje de error
Peso de carga	Peso total	PSI	Km/cm2	Kg/ cm2	(V,T - V.R)/V.R * 100
4	8	55	3,5	4	3,12
6	10	70	5,6	5	1,36
8	12	85	6,3	6	0,19
10	14	100	7,3	7	3,67
14	18	130	9,2	9	1,77
17	21	150	10,6	10,5	0,65
20	24	165	11,6	12	3,12
25	29	200	14,1	14,5	2,82
30	34	240	16,9	17	0,53
40	44	305	21,5	22	2,32

### 5.5.9 Manómetros Secundarios de Descarga

En el vehículo de emergencia se instalaron tres manómetros análogos nuevos (uno por cada salida como ordena la norma NFPA 1901); dos están ubicados

**Fig. 61: Manómetro descarga lateral izquierda**



en el panel de control principal y el tercero en el lado de la descarga derecha o panel secundario.

Los manómetros de la descarga leen desde 0 psi manométricos hasta una presión manométrica de 600 psi (2070 kPa). Los números son de una altura de  $\frac{5}{32}$  pulg. (4 mm) y las líneas de graduación son cada 20 psi (69 kPa), con líneas principales e intermedias subrayadas y numeradas de cada 100 psi. Están amortiguados para la vibración y pulsaciones de la presión, resistentes a la corrosión, condensación y choques, y tienen los mecanismos internos lubricados para prolongar su la vida.

Al igual que el manómetro principal de descarga estos tres a pesar de ser nuevos también fueron calibrados y se concluyo que están en perfectas condiciones para su uso. En las Tablas 7, 8 y 9 aparecen los valores tomados de los manómetros, en PSI y en Kg./cm<sup>2</sup> ; el valor teórico y el porcentaje de error.

**Tabla 6: Calibración del manómetro de descarga lateral derecha.**

Peso Kg.		Presión		Valor teórico	Porcentaje de error %
Peso de carga	Peso total	Kg./cm <sup>2</sup>	PSI	Kg./ cm2	(V,T - V.R)/V.R * 100
4	8	4	25	4	0
6	10	5	40	5	0
16	20	9,50	120	10	5
20	24	11,50	160	12	4,17
25	29	14	200	14,5	3,45

30	34	16,50	235	17	2,94
35	39	19	270	19,5	2,56

**Tabla 7: Calibración del manómetro de descarga lateral izquierda**

Peso Kg.		Presión		Valor teórico	Porcentaje de error %
Peso de carga	Peso total	Kg./cm <sup>2</sup>	PSI	Kg./ cm <sup>2</sup>	(V,T - V.R)/ V.R * 100
4	8	4	50	4	0
6	10	5	70	5	0
8	12	6	85	6	0
10	14	7	105	7	0
14	18	9	130	9	0
17	21	10,2	150	10,5	2,86
20	24	12	165	12	0
25	29	14	200	14,5	3,45
30	34	17	240	17	0
40	44	21	300	22	4,55

**Tabla 8 : Calibración del manómetro del monitor.**

Peso Kg.		Presión		Valor teórico	Porcentaje de error %
Peso de carga	Peso total	Kg./cm <sup>2</sup>	PSI	Kg./cm <sup>2</sup>	(V,T - V.R)/V.R * 100
4	8	4	25	4	0
6	10	5	40	5	0
16	20	9,50	120	10	5
20	24	11,50	160	12	4,17
25	29	14	200	14,5	3,45
30	34	16,50	235	17	2,94
35	39	19	270	19,5	2,56

### 5.5.10 Indicador del POT Engranado

**Fig. 62: Indicador de POT engranado**

Fue instalado un dispositivo que indica cuando la bomba esta correctamente engranada y el freno de seguridad está puesto.

Para lograr esto fue necesario una pera de presión instalada en el mecanismo de embrague de la bomba, debajo del vehículo (ver Fig. 63), una pera de aire en el freno de emergencia (ver Fig. 64) y una luz en el panel de control (ver Fig. 62). La condición es que cuando el vehículo este encendido, el freno de parqueo puesto y la bomba engranada, el indicador se iluminará, y con ello le indica al operador que ya puede acelerar la bomba.



**Fig. 63: Pera de presión**



**Fig. 64: Freno de aire**



### 5.5.11 Válvula de Alivio

Sistema de control de presión:

Existe dos formas conocidas para controlar la presión en vehículo de emergencia:

- Una válvula de seguridad.
- Un sistema gobernador que controle la velocidad del motor.

Válvula de seguridad

*Fig. 65: Control válvula de alivio*

El sistema de bombeo cuenta con una válvula de seguridad, encargada de controlar automáticamente la presión en la descarga a un máximo de 30 psi (207 kPa) arriba de la presión establecida cuando todas las válvulas de descarga son cerradas. Dicho sistema es manipulado por una persona en la posición del



operador de la bomba y no descarga agua a la atmósfera para no exponer al personal a los flujos de agua a alta presión si no que descarga a la misma succión de la bomba.

#### 5.5.12 Apertura y Cierres de Válvulas

*Fig. 66: Control de la válvula de descarga lateral derecha*



Se hizo necesaria la ubicación de una válvula de purga entre la válvula de tanque y la bomba que permitiera drenar los accesorios, la bomba, y líneas cargadas con agua donde no es necesario que el operador tenga que ubicarse bajo el vehículo para maniobrarla.

Todas las válvulas del sistema son manipuladas desde el panel de control excepto la válvula de descarga del lado derecho que se controla allí mismo. Están marcadas con una etiqueta que indica su funcionamiento al igual que su forma

de accionarla.

Las válvulas de descarga laterales, succión y purga se cierran hacia arriba, y se abren hacia abajo.

Las válvulas de tanque a bomba, de monitor y carreteles se abren halando, y se cierran empujando la varilla controladora.

### 5.5.13 Bomba de cebado

El vehículo contaba ya con un mecanismo de cebado colocado y controlado desde la posición del operador de la bomba. Dicho mecanismo opera con fluido lubricante tóxico biodegradable, ya que cuando se utiliza no se puede reciclar y se descarga al ambiente mezclado con agua.

*Fig. 67: Control de la válvula de cebado*



### 5.5.14 Sistema de refrigeración

*Fig. 68: Racores del intercambiador de calor*



Al igual que la bomba de vacío en el vehículo ya existía un sistema de enfriamiento del motor conductor de la bomba, con su válvula instalada en el panel para permitir que el agua del lado de la descarga enfríe el refrigerante, que circula a través del sistema de enfriamiento del motor, sin ínter-mezclarse. El intercambiador mantiene la temperatura del refrigerante en el motor conductor de la bomba para que no exceda la máxima temperatura dada por el fabricante del motor bajo cualquier condición de bombeo. Un drenaje al ambiente fue colocado para

permitir evacuar el intercambiador, para de esta manera prevenir daño por congelación y corrosión.

**Fig. 69: Intercambiador de calor**

El maquinista debe vigilar constantemente el medidor de la temperatura del refrigerante (Ver Fig. 52) instalado en el panel de control para manipular la válvula del sistema de refrigeración y no permitir que se recaliente el motor.



#### **5.5.15 Indicador de nivel del agua**

En el tablero de control principal de la bomba está colocado un medidor luminoso de capacidad, visible desde la posición del operador, que muestra el contenido de agua dentro del tanque, y está compuesto de cuatro partes esenciales que son:

- Las varillas sensoras.
- La tarjeta electrónica.
- Los interruptores.
- La carátula.

Este indicador realiza su función empleando electrodos que están constituidos por 4 varillas metálicas de diferente longitud y que están conectados en su parte superior a través de cables a la tarjeta electrónica y el otro extremo está libre sumergido en el agua, para que se realice la conducción eléctrica entre dichos elementos y las paredes del tanque a través de este fluido conductor. La parte superior y orificio por donde se introducen los electrodos se puede observar en la Fig. 14

**Fig. 70: medidor de nivel**



Las cuatro varillas manifiestan los estados de lleno, tres cuartas partes, medio, y un cuarto, y el diseño de la tarjeta electrónica es tal que activa la luz de vacío cuando ninguno de los electrodos está en contacto con el agua. La carátula se puede observar en la Fig. 70 evidenciando 5 niveles.

Inicialmente este medidor no servía, razón por la cual se hizo necesario revisarlo y diagnosticar su estado. Cuando se procedió a observarlo se encontró que 2 varillas estaban rotas, que algunos de los bombillos de la carátula estaban dañados, pero la tarjeta electrónica estaba en buen estado. El Departamento de Bomberos poseía un medidor similar, con las varillas en buen estado, así que empleándose estas junto con la tarjeta del medidor inicial y la sustitución de los bombillos necesarios, permitieron que el indicador cumpliera con su misión nuevamente.

## 6. PRUEBAS DEL SISTEMA DE BOMBEO

**Figura 71: Monitor en descarga**



### 6.1 PRUEBA DE UNIONES ROSCADAS Y SOLDADAS

En esta prueba fue realizada, posteriormente al montaje del nuevo sistema de bombeo.

#### **Objetivo**

Determinar la hermeticidad del sistema de bombeo.

#### **Procedimiento**

1. Apagar el vehículo y colocar el freno de seguridad.
2. Conectar a la entrada de succión lateral una manguera de 2 1/2", que a su vez irá conectada a la salida del mismo diámetro del Carro de Bomberos de Piedecuesta con capacidad de 500 psi.

3. Cerrar todas las válvulas de descarga, así como la válvula de tanque a bomba del vehículo de ataque inicial.
4. Prender el Carro de Bomberos de alta capacidad.
  1. Abrir la válvula de paso de la succión lateral
  2. Acelerar el vehículo hasta que los manómetros del carro de ataque inicial indiquen 300 psi.
  3. Mantener está presión por 10 min.

### **Desarrollo Y Análisis De Resultados**

La prueba se llevó acabo según el procedimiento anterior y de bombeo completo es decir, todas las líneas de succión, descarga, y las válvulas montadas sobre ellas, no presentaron ninguna fuga; a excepción de la válvula del monitor que al final de la prueba, dejó pasar un poco de fluido, que se pudo evidenciar al ser observado en la boquilla de dicho monitor.

### **Conclusión**

El sistema de bombeo presenta en todas sus conexiones, válvulas y accesorios una hermeticidad correcta de acuerdo a lo estipulado por la norma NFPA 1901.

## **6.2 PRUEBA DE CAPACIDAD DE LA BOMBA**

### **Objetivo**

Determinar las condiciones que nos ofrece la nueva bomba, y establecer si estos regímenes cumplen con lo estipulado en la NFPA.

### **Procedimiento**

1. Cierre de la válvula presente entre el tanque y la bomba.

2. Toma de la lectura de la distancia del punto central de la salida lateral a emplear, al piso.
3. Llenado total del tanque.
4. Cierre de todas las válvulas dispuestas en las salidas del lado de la descarga.
5. Se abre la válvula de tanque a bomba.
6. Se arranca la bomba.
7. Toma de la lectura del manómetro dispuesto en la salida de la descarga de la bomba.
8. Abertura completa de una de las salidas laterales del vehículo.
9. Medir la distancia promedio alcanzada por el chorro.
10. A la misma velocidad abrir la válvula a sus 3/4 partes, media, 1/4 y con la válvula completamente cerrada. Medir la distancia del chorro en cada abertura y registrar la lectura del manómetro correspondiente en cada posición del obturador.
11. Mantener el tanque llenándose simultáneamente, a medida que se repiten los pasos 7, 8, 9 y 10 para 500, 1000, 15000, 2000, 2500 rpm. del motor.

### **Desarrollo Y Análisis De Resultados**

Para determinar la cabeza de la bomba ( $H_b$ ) se procedió de acuerdo a la siguiente fórmula, la cual es una aplicación de la ecuación de Bernoulli:

$$(9.1) \quad Z_s + \frac{P_s}{\gamma} + H_b = \frac{V_{sal}^2}{2g} + Z_d + \frac{P_d}{\gamma} + H_{Pérd.}$$

Donde se aplicó una relación de corrección para la lectura del manómetro, por estar ubicado con una diferencia de altura respecto al punto donde sensa. Dicha expresión es la siguiente:

$$(9.2) \quad P_d = P_{manómetro} + \Delta Z * \gamma$$

## Cálculo tipo

Datos:

- ♦ La salida de la descarga presenta un diámetro nominal de 1 ½", con un diámetro interior de 40.9 mm.
- ♦ Diámetro nominal de la tubería de descarga 2 ½", para un diámetro interior de 62.7 mm.
- ♦ Con la válvula de la salida completamente abierta, y el motor bajo 500 rpm. se obtuvo una distancia horizontal del chorro de 3.3 m.
- ♦ La presión leída para la línea de succión a través del manovacuómetro es aproximadamente cero.
- ♦ Presión ala salida de la descarga empleada, aproximadamente cero.
- ♦ Altura de la salida de la descarga respecto a la bomba: 38 cm.
- ♦ Altura de la salida de la descarga respecto al piso: 1.23 m.
- ♦ Diferencia de alturas entre el nivel de agua en el tanque y la bomba: 70 cm.
- ♦ Diferencia de altura entre el punto central del manómetro y la tubería donde está sensando: 14 cm.
- ♦ Peso específico: 9800 N/m<sup>3</sup>

$$P_s = 0$$

$$Z_s = 70\text{cm} = 0.7\text{m}$$

$$Z_d = 38\text{cm} = 0.38\text{m}$$

$$A_{sal} = \frac{\pi * d_i^2}{4} = 0.0013\text{m}^2$$

$$P_d = 0$$

Por cinemática:

$$y = V_{oy} + \frac{g * t^2}{2} \quad \text{Entonces: } t = \sqrt{\frac{2 * y}{g}} = 0.5\text{seg.}$$

$$V_{sal} = \frac{x}{t} = \frac{3.3}{0.5} = 6.6 \text{ m/seg}$$

Por conservación de la energía sabemos que:

$$Q = V_{sal} * A_{sal} \text{ Entonces: } Q = 0.0087 \text{ m}^3/\text{seg} = 137 \text{ gpm}$$

De la ecuación 9.2:

$$\Delta Z = 0.14 \text{ m}$$

$$P_d = 0 + 0.14 * 9800 = 1.4 \text{ KPa}$$

- Ahora calculamos las pérdidas por fricción:

Accesorios:

De la Crane:  $f_T = 0.018$

1 ampliación 2 - 2 1/2" -----  $\beta = d_2/d_1 = 0.8$ ,  $K = 0.1$

1 codo 90° -----  $K = 30f_T$ ,  $K = 0.54$

1 "T" flujo a 90° -----  $K = 60f_T$ ,  $K = 1.08$

1 "T" flujo directo -----  $K = 20f_T$ ,  $K = 0.36$

1 reducción brusca de 2 1/2" - 1 1/2" ----  $\beta = 0.6$ ,  $K = 0.32$

1 válvula bola -----  $K = 30f_T$ ,  $K = 0.54$

Longitud de la tubería 66 cm.

$$K_{Long} = f_T * \frac{L}{d_{id}} = 0.018 * \frac{660}{62.7} = 0.19$$

$$K_T = 0.1 + 0.54 + 1.08 + 0.36 + 0.32 + 0.54 + 0.19 = 3.13$$

$$A_d = 30.9 \text{ cm}^2$$

$$V_d = \frac{Q}{A_d} = \frac{0.0087}{0.00309} = 2.81 \text{ m/seg}$$

$$H_p = K_T * \frac{V^2}{2g} = 1.26 \text{ m}$$

De la ecuación ( 9.1 )

$$H_b = 3.16 \text{ m}$$

Este tipo de cálculo se repitió para cada una de las posiciones de abertura de la válvula y para las velocidades del motor mencionadas anteriormente; obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 9 : Capacidad para 500 rpm.**

Veloc. del motor	Veloc. Toma Potencia	Posición válvula	Distancia del chorro	Veloc. Chorro	Caudal	Caudal	Presión salida	Pérdidas	H Bomba
(r.p.m.)	(r.p.m.)	Abertura	(m)	(m/seg.)	(m3/seg)	(gpm)	(Psi)	(m)	(m)
500	272	total	3,3	6,6	0,0087	137	0	1,26	3,16
500	272	3/4	2,7	5,4	0,0071	112	20	0,84	16,07
500	272	1/2	2,1	4,2	0,0055	87	40	0,51	29,22
500	272	1/4	0,9	1,8	0,0024	37	50	0,09	35,10
500	272	Cerrada	0,0	0,0	0,0	0	60	0,0	41,87

**Tabla 10 : Capacidad para 1000 rpm.**

Veloc. del motor	Veloc. Toma Potencia	Posición válvula	Distancia del chorro	Veloc. Chorro	Caudal	Caudal	Presión salida	Pérdidas	H Bomba
(r.p.m.)	(r.p.m.)	Abertura	(m)	(m/seg.)	(m3/seg)	(gpm)	(Psi)	(m)	(m)
1000	543	total	6,4	12,8	0,0168	267	10	4,73	19,79
1000	543	3/4	5,0	10,0	0,0131	208	40	2,88	35,79
1000	543	1/2	3,5	7,0	0,0092	146	70	1,41	52,81
1000	543	1/4	1,6	3,2	0,0042	67	90	0,30	63,78
1000	543	Cerrada	0,0	0,0	0,0	0	100	0,0	70,00

**Tabla 11 : Capacidad para 1500 rpm.**

Veloc. del motor	Veloc. Toma Potencia	Posición Válvula	Distancia del chorro	Veloc. Chorro	Caudal	Caudal	Presión salida	Pérdidas	H Bomba
(r.p.m.)	(r.p.m.)	Abertura	(m)	(m/seg.)	(m3/seg)	(gpm)	(Psi)	(m)	(m)
1500	815	total	8,8	17,6	0,0231	367	20	8,93	38,47
1500	815	3/4	6,8	13,6	0,0179	283	60	5,33	56,63
1500	815	1/2	4,5	9,0	0,0118	187	100	2,34	76,46
1500	815	1/4	2,3	4,6	0,0060	96	120	0,61	85,75
1500	815	Cerrada	0,0	0,0	0,0	0	130	0,0	91,09

**Tabla 12 : Capacidad para 2000 rpm.**

Veloc. del motor	Veloc. Toma Potencia	Posición Válvula	Distancia del chorro	Veloc. Chorro	Caudal	Caudal	Presión salida	Pérdidas	H Bomba
(r.p.m.)	(r.p.m.)	Abertura	(m)	(m/seg.)	(m3/seg)	(gpm)	(Psi)	(m)	(m)
2000	1087	total	9,7	19,4	0,0255	404	50	10,85	64,88
2000	1087	3/4	8,5	17,0	0,0223	354	80	8,33	79,00
2000	1087	1/2	5,1	10,2	0,0134	212	130	3,00	99,40
2000	1087	1/4	2,6	5,2	0,0068	108	150	0,78	107,32
2000	1087	Cerrada	0,0	0,0	0,0	0	160	0,0	112,19

**Tabla 13 : Capacidad para 2500 rpm.**

Veloc. del motor	Veloc. Toma Potencia	Posición Válvula	Distancia del chorro	Veloc. Chorro	Caudal	Caudal	Presión salida	Pérdidas	H Bomba
(r.p.m.)	(r.p.m.)	Abertura	(m)	(m/seg.)	(m3/seg)	(gpm)	(Psi)	(m)	(m)
2500	1359	total	11,0	22,0	0,0289	458	80	13,96	94,56
2500	1359	3/4	9,1	18,2	0,0239	379	130	9,55	117,53
2500	1359	1/2	6,1	12,2	0,0160	254	170	4,29	131,10
2500	1359	1/4	2,8	5,6	0,0074	117	200	0,90	142,82
2500	1359	Cerrada	0,0	0,0	0,0	0	210	0,0	147,35

### Conclusiones

- De acuerdo a los datos anteriores, el sistema nos ofrece los siguientes puntos de operación:

250 GPM @ 199 psi

188 GPM @ 204 psi

125 GPM @ 215 psi

Lo cual satisface lo demandado por la norma NFPA 1901 para vehículos de Ataque Inicial, donde se expresa que debe el Carro Contra incendios debe brindar:

250 GPM @ 150 psi, el 75% de la capacidad a 200 psi, y el 50% de la capacidad a 250 psi, brindando un 10% de variación para vehículos rehabilitados o con prolongado funcionamiento.

- La bomba de acuerdo al fabricante puede brindar unos mayores valores tanto de caudal como de presión, sí al vehículo se le acondiciona un motor que pueda brindar mayores velocidades, y se le acompaña de un toma potencia con una menor relación.

### **6.3 CEBADO DE LA BOMBA**

#### **Objetivo**

Comprobar el funcionamiento de la bomba de cebado.

#### **Procedimiento**

1. Ubicar el vehículo lo más cercano a la orilla del río.
2. Cerrar todas las válvulas, tanto de las líneas de succión como las de descarga.
3. Prender la bomba de cebado.
4. Registrar el mínimo valor observado en el manovacuómetro.
5. Apagar la bomba cuando se presente el valor anterior.
6. Mantener en ese estado el sistema de bombeo por 10 min.
7. Finalizado ese período, tomar la lectura del manovacuómetro.

#### **Desarrollo Y Análisis De Resultados**

El manovacuómetro ubicado a la entrada de la bomba centrifuga registró un valor de -23 pulg. de Hg, y pasados los 10 min. se observó un registro de -18 pulg. de Hg.

#### **Conclusión**

El sistema de bombeo cumple con los requisitos de la norma NFPA 1901, en cuanto al sistema de cebado se refiere

## 7. CONCLUSIONES

ANTES



DESPUÉS



- El vehículo presenta dentro de sus características finales la facilidad de llegar pronto ante una emergencia y le permite atacarla bajo 4 frentes diferentes, siendo cada uno de ellos las respectivas salidas del sistema de bombeo.
- Gracias a este trabajo, el Cuerpo de Bomberos Voluntarios del municipio de Piedecuesta, dispone de un vehículo de emergencias de Ataque Inicial con un sistema de bombeo para laborar a lo largo de por lo menos 25 años más siempre y cuando se siga el manual de servicio y mantenimiento.
- Se logró recuperar un vehículo en desuso y reconstruirlo bajo normas internacionales a un costo final, tres veces menor al del mercado nacional.
- El Cuerpo de Bomberos, ahora cuentan con un manual de trabajo y mantenimiento, con el fin de evitar los errores anteriormente cometidos

con las máquinas y de esta manera se pueda mejorar y prolongar el trabajo y tiempo de vida del sistema de bombeo.

- El vehículo presenta un diseño innovador en cuanto al control de las válvulas del sistema, ofreciéndole al maquinista una visión total de la posición el obturador de la válvula, y así mismo reduce el esfuerzo para la manipulación de estos elementos.
- La realización de las pruebas permitieron corroborar la excelente calidad de la bomba producida en nuestro país y lo cual nos muestra que la ingeniería en Colombia puede dar origen a múltiples elementos que en la actualidad se adquieren de proveedores extranjeros.
- El vehículo de este proyecto es un orgullo para quienes trabajamos en él, para la institución de bomberos y para la Universidad que nos fundamentó y permitió que se ejecutará esta labor social.
- Ayudamos al cumplimiento del artículo 97, parte sexta, sección 2 de la resolución 241 de febrero de 2001, dotando al Cuerpo de Bomberos de Piedecuesta de un vehículo capaz de atender las emergencias de su municipio.
- En Colombia, no existe un ente que reglamente, supervise, y asesore a los Cuerpos de Bomberos, en cuanto a equipos contra incendio se refiere.
- Quedó demostrado la oportuna y eficaz ayuda por parte de los docentes de Ingeniería Mecánica, para con este proyecto, en especial la del Ingeniero Néstor Raúl D’Croz T. quien con su conocimiento y experiencia supo guiar este trabajo al éxito. Además nos acompañó en uno de nuestros viajes a Bogotá a ser parte del VII Congreso Internacional de Protección Contra Incendios, el cual fue costeado de su propio bolsillo.

## 8. RECOMENDACIONES

El campo de la protección contra incendios, hace parte de la aplicabilidad del ingeniero mecánico, porque involucra conocimientos que a lo largo de su fundamentación son adquiridos y adicionalmente porque brinda la oportunidad de trabajar por la seguridad y el bienestar de la comunidad, lo cual es un objetivo claro que debemos tener todos aquellos profesionales que deseamos construir patria. Sin embargo, pudimos apreciar, que está abandonado por aquellas personas que como nosotros pueden aportar demasiado, y sea visto en manos de quienes buscan un lucro bajo procesos y técnicas irregulares.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ACERO; Sierra Francisco.** Nuevo Atlas De Colombia. Periódicos Asociados Ltda. 1997.

**CONGRESO INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.** Bogotá D.C. Septiembre 7 al 10.

**CRANE, División de Ingeniería.** Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías. Mc. Graw Hill. 1987.

**FIRE TRAINING SCHOOL TEXAS.** Fire Department Pump Maintenance. Texas Engineering Extension Service. 2003.

**GREENE; Richard.** Bombas: selección, Uso y Manteniendo. Mc. Graw Hill. 1998.

**GREENE; Richard.** Válvulas: Selección, Uso y Mantenimiento. Mc. Graw Hill. 1998.

**HOLMAN; J.P.** Métodos Experimentales para Ingenieros; Mc. Graw-Hill; 1977.

**IDEAM** Bucaramanga

**MANUAL HALE.** Operation and Maintenance Manual for Hale Booster Pump. Hale Products, INC. 2002.

**MILLS;O. D.** Fundamentos de Transferencia de Calor Mc. GRAW-HILL  
**NFPA;** Normas. 2000

**REGLAMENTO TECNICO, ADMINISTRATIVO Y OPERATIVO DEL  
SISTEMA NACIONAL DE BOMBEROS.**

**PÁGINAS DE INTERNET**

- [www.haleproducts.com](http://www.haleproducts.com) .
- [www.e-one.com](http://www.e-one.com)
- [www.incoldext.com](http://www.incoldext.com)
- [www.nfpa.org](http://www.nfpa.org)
- [www.caballerosdelfuego.com.ve](http://www.caballerosdelfuego.com.ve)
- [www.omel.products.com.br](http://www.omel.products.com.br)

## ANEXO

**MANUAL DE OPERACIÓN, SERVICIO Y MANTENIMIENTO**

**DEL SISTEMA DE BOMBEO**

**DEL**

**VEHICULO DE EMERGENCIA M1**

**CON BOMBA CONTRA INCENDIO**

**MARCA: EMERGENCY E. U.**

**MODELO: CBP**

## CONTENIDO

1. BOMBA DE VOLUMEN.....	125
2. EXPLICACIÓN DE TÉRMINOS .....	126
<b>2.1. IMPULSOR.....</b>	<b>126</b>
<b>2.2. VÁLVULA DE ALIVIO .....</b>	<b>126</b>
<b>2.3. CONTROL DE LA VÁLVULA DE ALIVIO .....</b>	<b>126</b>
<b>2.4. TOMA FUERZA.....</b>	<b>126</b>
<b>2.5. CEBADO.....</b>	<b>127</b>
<b>2.6.BOMBA DE CEBADO.....</b>	<b>127</b>
<b>2.7. VÁLVULA DE CEBADO.....</b>	<b>127</b>
<b>2.8. REFRIGERACIÓN AUXILIAR – INTERCAMBIADOR DE CALOR.....</b>	<b>127</b>
3. OPERACIÓN.....	129
<b>3.1 GENERAL.....</b>	<b>129</b>
<b>3.2. TRABAJO DESDE HIDRANTE.....</b>	<b>129</b>
<b>3.3. TRABAJO DESDE UN POZO.....</b>	<b>130</b>
<b>3.4. TRABAJO DESDE EL TANQUE.....</b>	<b>131</b>
4. LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	132
<b>4.1. BOMBA PRINCIPAL Y CAJA DE TRANSFERENCIA.....</b>	<b>132</b>
4.1.1. <i>Lubricación.....</i>	<i>132</i>
4.1.2. <i>Mantenimiento .....</i>	<i>132</i>
4.1.3. <i>Monte y desmonte de la bomba principal.....</i>	<i>133</i>
<b>4.2. BOMBA DE CEBADO .....</b>	<b>134</b>
4.2.1. <i>Lubricación.....</i>	<i>134</i>
4.2.2. <i>Mantenimiento .....</i>	<i>134</i>
4.2.3 <i>Ubicación y desmonte.....</i>	<i>135</i>
<b>4.3. MONITOR, VÁLVULAS DE DESCARGA , SUCCIÓN Y DE ALIVIO.....</b>	<b>135</b>
4.3.1. <i>Lubricación.....</i>	<i>135</i>
4.3.2. <i>Mantenimiento.....</i>	<i>135</i>
<b>4.3.2.1. EMPAQUES.....</b>	<b>135</b>
4.3.3. <i>Desmonte de la válvula de alivio.....</i>	<i>136</i>
5. CUIDADOS.....	137
<b>5.1. AL TERMINAR DE BOMBLEAR.....</b>	<b>137</b>
<b>5.2. PRUEBA FINAL ANTES DE GUARDAR LA MÁQUINA AL REGRESAR DE UN INCENDIO.....</b>	<b>137</b>
<b>5.3. ALGUNAS SUGERENCIAS QUE PUEDEN SER ÚTILES.....</b>	<b>138</b>
<b>5.4. BOMBEO DE AGUA SALADA.....</b>	<b>138</b>
6. CAUSAS QUE ORIGINAN DEFICIENTE FUNCIONAMIENTO LA BOMBA .....	139

<b>6.1. BAJA POTENCIA DEL MOTOR.</b> .....	<b>139</b>
<b>6.2. FUGA Y FILTRACIONES DE AIRE.</b> .....	<b>139</b>
<b>6.3. OBSTRUCCIONES EN LA SUCCIÓN.</b> .....	<b>139</b>
<b>6.4. MATERIAS EXTRAÑAS EN LOS IMPULSORES.</b> .....	<b>140</b>
<b>6.5. SUCCIÓN DEMASIADO ALTA.</b> .....	<b>140</b>
<b>6.6. RECIRCULACIÓN (BY-PASS) ALREDEDOR DE LA BOMBA.</b> .....	<b>140</b>
<b>6.7. DESGASTE EN LOS ANILLOS Y EN LOS BUJES DEL IMPULSOR.</b> .....	<b>140</b>
7. RECOMENDACIONES QUE DEBEN TENERSE EN CUENTA.....	142
8. EFECTO DE LAS CONDICIONES ATMOSFERICAS SOBRE EL MOTOR Y LA EFICIENCIA DE LA BOMBA .....	143
9. CARTA DE DIAGNOSTICO DE LAS BOMBAS HALE. ....	144

## 1. BOMBA DE VOLUMEN

<b>Tipo :</b>	Centrífuga.								
<b>Marca:</b>	Emergency.								
<b>Modelo:</b>	CBP.								
<b>Etapas:</b>	Una.								
<b>Material:</b>	Cuerpo en hierro fundido de alta resistencia; impulsor en bronce, eje en acero inoxidable.								
<b>Montaje:</b>	A la caja de velocidades del camión con un toma fuerza con un par de apoyos atornillados a la bomba.								
<b>Potencialización:</b>	Eje cardánico.								
<b>Succión:</b>	Una entrada de 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ".								
<b>Descarga:</b>	Una lateral izquierda de 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ", una lateral derecha de 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ", dos carretes superiores de 1" y un monitor de 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "								
<b>Capacidad:</b>	250 gpm @ 150 PSI en volumen.								
<b>Rateo:</b>	<table><thead><tr><th>GPM</th><th>PSI</th></tr></thead><tbody><tr><td>250</td><td>150</td></tr><tr><td>150</td><td>200</td></tr><tr><td>100</td><td>250</td></tr></tbody></table>	GPM	PSI	250	150	150	200	100	250
GPM	PSI								
250	150								
150	200								
100	250								
<b>Accesorios:</b>	Válvula de alivio incorporada y filtro en la succión.								



## 2. EXPLICACIÓN DE TÉRMINOS

A continuación se definen algunas operaciones propias de la bomba, además de algunos accesorios que merecen especial cuidado para el perfecto funcionamiento y conocimiento de su utilización y labor en la operación general de la máquina.

### 2.1. Impulsor

Parte móvil de una bomba centrífuga, la cual cuando rota imparte energía al agua, esencialmente consta de un disco separado por aletas curvas. Las aletas forzan al líquido a girar entre los discos de tal manera que ella es lanzada hacia fuera a altas velocidades debido a la fuerza centrífuga. Desde el impulsor es descargada dentro de los pasajes internos, convirtiendo la energía de alta velocidad en presión.

### 2.2. Válvula de alivio

**Fig.1 Válvula de alivio**



Es una válvula automática que actuada por el control de la válvula de alivio, mantendrá la presión de la bomba constantes cuando las válvulas de descarga y las boquillas controlables sean cerradas. Esta mantiene la presión dada al traspasar el flujo de descarga de la bomba a la succión de la misma.

**Fig. 2 Control de la Válvula de alivio.**

### 2.3. Control de la válvula de alivio

**Fig. 3: Control del toma potencia**



*Es un volante de ajuste manual el cual, al fijarse en la posición deseada, controla la válvula de alivio para mantener la presión de trabajo.*



### 2.4. Toma fuerza

La bomba está equipada con un toma fuerza instalado en la ventana lateral izquierda de la caja de velocidades del camión.

En él, un piñón que se desliza para engranar en la caja y así transmitir la potencia mediante un eje cardánico a la caja de engranajes de la bomba.

Los piñones de la bomba no son deslizables, lo que indica que una vez engranado el toma fuerza la bomba iniciará su trabajo.

El comando de toma fuerza se hace por medio de una palanca que esta al lado izquierdo del asiento de conductor.

## 2.5. Cebado.

El cebado evacua el aire de la bomba y la manguera de succión creando un vacío.

Esto permite que la presión atmosférica sobre la fuente (Pozo o Tanque auxiliar), impulse el agua hacia la manguera y la bomba.

**Fig. 4 Bomba de cebado**



## 2.6. Bomba de cebado

*Es una bomba de desplazamiento positivo que crea el vacío necesario para cebar la bomba principal. Comandada eléctricamente la de cebado es una bomba de engranajes.*

## 2.7. Válvula de cebado.

**Fig. 5 Control de la bomba de cebado**



Es una válvula tipo Poppet localizada en la línea de cebado entre la bomba de cebado y el lado de succión de la bomba principal. Esta válvula permanece cerrada todo el tiempo excepto cuando se ceba. El manual de halar está localizado en el panel de control.

## 2.8. Refrigeración auxiliar - intercambiador de calor.

El agua que pasa por la bomba se bifurca en una pequeña línea que es controlada por la válvula del sistema de refrigeración; dicha línea de agua fresca pasa por dentro de un serpentín de cobre por fuera del cual se tiene el líquido del radiador,

manteniéndose en esta forma una temperatura apropiada para el motor que se encuentra funcionando sin desplazarse de su sitio por un período de tiempo relativamente grande.

El agua de refrigeración auxiliar que sale de la bomba principal hacia el intercambiador de calor se arroja al ambiente ya que su volumen es muy poco y no requiere recuperarse.

**Fig. 6 Intercambiador de calor**



Es de hacerse notar que el agua de refrigeración auxiliar y el líquido de radiador son independientes y que en ningún momento se mezclan.

El intercambiador de calor se halla situado encima del motor, muy cercano a la parte de entrada de agua del radiador del camión.

### 3. OPERACIÓN

#### 3.1 General.

El operador experimentado bombeará de tal forma que pueda obtener el flujo y la presión requerida a las más bajas revoluciones de motor y hacer, a la vez, el uso más racional del agua con la mayor seguridad para el pitonero.

Las bombas HALE están diseñadas para bombear hasta 200 PSI con razonable velocidad del motor.

*Están instrucciones se aplican, tanto para trabajar desde hidrantes como desde pozo o tanques, cuando la bomba va a ser puesta en operación inmediatamente después de llegar al fuego. No engrane la bomba si no va a utilizarla de inmediato.*

#### 3.2. Trabajo desde hidrante.

- Acople un extremo de la manguera de succión al hidrante y el otro a la succión de la bomba.
- Cierre todas las válvulas y gire el volante del control de la válvula de alivio todo hacia la derecha tan rápido como sea posible.
- Abra el hidrante
- Abra la válvula de la succión lateral
- Con la transmisión del vehículo en neutro y el motor en ralentí, engrane el toma fuerza que da potencia a la bomba.
- Abra la válvula de descarga.
- Abra gradualmente el acelerador hasta alcanzar la presión deseada

**Atención:** Si el manovacuómetro muestra vacío antes de alcanzar la presión deseada, esto es una indicación definitiva de que se está tomando toda el agua que al hidrante puede suministrar. En este caso, la única forma de tener mas presión es usar pitones mas pequeños.

- Regule la válvula de refrigeración del motor.
- Ajuste la válvula de alivio observando el manómetro de presión y girando el volante de la válvula de control hacia la izquierda hasta cuando la presión empiece a caer, luego gírelo hasta la derecha hasta restablecer la presión original. Cada vez que la presión en la bomba sea variada debe reajustarse la válvula de alivio. Gire el volante hacia la derecha para presiones altas y hacia la izquierda para presiones bajas.

**Para tener en cuenta.**

- La bomba no descargará mas agua de la suministrada por el hidrante.
- Si las revoluciones por minuto del motor aumentan sin aumentar la presión, la bomba esta trabajando en falso.
- Cierre el acelerador hasta cuando la presión empiece a caer y la velocidad se haga razonable
- La cavitación causa serios daños en la bomba.

**3.3. Trabajo desde un pozo.**

- Acerque la máquina lo mas posible a la fuente. Entre mayor sea la distancia entre la superficie del pozo y la bomba, menor será la capacidad de ésta.
- Transmisión en neutro, freno aplicado y llantas bloqueadas.
- Acople la manguera de succión a la bomba y coloque el filtro en el otro extremo. Sumérla evitando ondulaciones y el filtro a una proximidad menor de 50 cm al fondo.
- Cierre todas las válvulas de descarga y drenaje, y abra la de paso de la succión lateral.
- Revise la existencia de empaques y el ajuste conveniente de acoples
- Con la transmisión del vehículo en neutro y el motor en ralentí, engrane el toma fuerza que da potencia a la bomba.
- Hale la manija del cebador la cual abre la válvula y opera el motor de la bomba de cebado. Manténgala así.
- La bomba de vacío descargará inicialmente aceite, luego, antes de 30 segundos , una mezcla atomizada de agua y aire, y finalmente agua.
- Abra el acelerador hasta alcanzar de 25 a 50 PSI
- Abra lentamente la válvula de descarga hasta obtener un chorro estable.
- Suelte la manija del cebador.
- Abra gradualmente el acelerador hasta alcanzar la presión deseada.
- Regule la válvula de enfriamiento del motor.
- Ajuste la válvula de alivio de la forma descrita en **“trabajo desde hidrante”**
- Si necesita cambiar una manguera o detener una descarga, simplemente bajo la presión hasta 20 PSI, cuando la altura del pozo no sea mayor de 6 pies y hasta 35 PSI para alturas mayores, y cierre las válvulas de descarga.
- No permita que la bomba se caliente por falta de flujo, evite esto abriendo momentáneamente una válvula. Para seguir trabajando, sencillamente abra válvulas y el acelerador.

**Para recordar:**

*Si la velocidad del motor se aumenta sin aumentar la presión, la bomba está cavitando o lo que es igual succionando aire, por cualquiera de las siguientes causas*

- Altura del pozo bastante grande ( mas de 10 pies o 3 metros ) y grandes descargas ( volúmenes ) con pitones de gran diámetro. Para obviarla, reduzca la velocidad hasta cuando la presión comience a caer y luego acelere suavemente.
- Bomba con cebado deficiente. Es deseable buscar entradas de aire y volver a cebar.
- Si el agua continua saliendo por la bomba de cebado una vez cebada la bomba principal, abra y cierre la válvula de cebado varias veces.
- No bombee con flujo tan alto que cree un remolino en el filtro. Esto hará que la bomba tome aire.
- Si necesita mas agua, sumérjala más la manguera. Se recomienda dos pies de agua ( 60 cm) por encima del filtro.

#### **3.4. Trabajo desde el tanque.**

El trabajo desde el tanque se efectúa de la misma forma que el **Trabajo desde el pozo**, iniciando el trabajo abriendo la válvula de tanque a bomba.

En lo posible no trabajar la bomba cuando el nivel del tanque sea inferior a 1/4 de la capacidad del mismo, puesto que puede provocar cavitación en la bomba.

## 4. LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO

### 4.1. Bomba principal y caja de transferencia.

#### 4.1.1. Lubricación

*Los rodamientos de la bomba y los piñones son lubricados con aceite desde la carcasa de la caja de engranajes. Utilice un buen aceite grado 90, llene hasta el tapón de nivel ubicado a un lado de la caja de transmisión, aproximadamente ¼ de galón. Demasiada cantidad de aceite, de viscosidad muy alta o grueso resultará en una innecesaria pérdida de potencia y alta temperatura del mismo. Drene el aceite y cámbielo por lo menos una vez al año.*

#### 4.1.2. Mantenimiento

*Excepto por la lubricación esta bomba requiere muy poca atención. Sin embargo es muy importante:*

- Primero que todo asegúrese de drenar toda el agua de la bomba, esto se logra abriendo las válvulas de descarga y removiendo sus gorras de bronce y el tapón de succión. Abra la válvula de purga.
- Una vez la bomba esté completamente drenada, todas las tapas deben ser colocadas y ajustadas en su sitio y las válvulas cerradas. No deje para más tarde el cerrar las válvulas y drenajes ya que olvidarlo podría costarle el no conseguir agua cuando intente trabajar nuevamente desde el pozo.
- Después de bombear agua salada, enjuague la bomba con agua limpia y fresca bombeando por unos minutos y permitiendo la descarga de la misma por todas las salidas. Si utiliza el tanque auxiliar para almacenar agua salada, drénelo o vacíelo totalmente y repita por varias ocasiones la operación con agua dulce limpia.

##### **4.1.2.1 Sello mecánico.**

El sello mecánico es de tipo de cartucho operado con resorte y no necesita ajuste alguno. Debe tenerse en cuenta sin embargo, que este sello puede dañarse si se opera la bomba en seco por un período extenso de tiempo.

**Fig. 7. Transmisión Toma potencia-Bomba**



#### 4.1.3. Monte y desmonte de la bomba principal

Los soportes de la bomba principal fueron diseñados de tal manera que se facilitará su desmonte sin necesidad de soltar válvulas, niples o algún instrumento de medición. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Cerciórese que la máquina tenga activado el freno de emergencia. No se necesita que el vehículo este apagado pero para evitar quemarse con el exosto se recomienda hacerlo; si estuvo funcionado, dejar un tiempo prudente hasta que se enfríen todas sus partes.
- Desconecte el cardan de transmisión de la bomba soltando el tornillo prisionero en el jockey del eje de la

**Fig. 9 Llave para junta universal**



**Fig. 8. Junta universal**



engranajes.(ver Fig. 7)

- Suelte la junta universal de 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>” que se encuentra encima de la descarga de la bomba con la llave especial con que cuenta el cuerpo de bomberos

voluntarios de Piedecuesta (ver Fig.8 y 9).

**Fig. 10 Manguera, espigo y abrazadera universal**



- Quite la manguera de succión de 3” soltando el par espigos y las dos abrazaderas industriales (ver Fig. 10).
- Corra hacia atrás todos los racores que llegan o salen de la bomba sin que sea necesario soltar los medidores.
- Afloje el par de tornillos que unen el apoyo principal de la bomba con el ángulo que esta soldado al chasis del vehículo. (ver Fig. 11)

- Retire los cuatros tornillos que sostienen a la bomba del apoyo principal y los dos tornillos de apoyo opuesto. Haga hacia atrás el apoyo principal por medio de unas correderas que este cuenta para que no sea necesario quitarlo del todo.
- Cuando se este haciendo este desmonte trate que otra persona le este sosteniendo la bomba para que no se golpee contra el suelo debido a su considerable peso.

**Fig. 11 Apoyo principal de la bomba**



Para volver a ubicar la bomba simplemente se monta sobre su par de apoyos ajustada con los tornillos, se le conecta la manguera de succión y los racores, se ajusta a la junta universal y por último se monta el cardan para ensamblar la bomba con el toma fuerza del motor.

## **4.2. Bomba de cebado**

### **4.2.1. Lubricación**

Mantenga el tanque de aceite de la bomba de cebado permanentemente lleno con aceite de motor SAE-30.

*Lubrique siempre la bomba de cebado cuando regrese al cuartel después de una operación. Esto puede hacerse operándola, una vez que la bomba principal ha sido drenada, hasta cuando salga aceite atomizado por la descarga de la bomba de cebado.*

*El motor de la bomba de cebado tiene un dispositivo de lubricación en el extremo de la bomba. Adicione unas pocas gotas de aceite de buena calidad cada tres meses.*

### **4.2.2. Mantenimiento**

No opere la bomba de cebado sin aceite en el tanque.

El tanque de aceite de la bomba de cebado debe **permanecer siempre completamente lleno con aceite de motor SAE-30**

Si el aceite continua saliendo una vez que la bomba se ha detenido, revise el venteo en el racor del tanque de aceite y asegúrese que está abierto.

Si en la operación de cebado no se obtiene aceite, el agua seguramente ha entrado a el tanque de aceite desde la bomba. Esto puede ocurrir si la válvula de cebado gotea

mientras la bomba principal está en operación. Para corregir, drene completamente el tanque de aceite y revise la válvula de cebado.

El agujero de venteo en el racor del tanque previene que el aceite forme un sifón con la bomba. Este agujero no puede ser agrandado y debe permanecer siempre abierto al igual que el agujero en la tapa de llenado del tanque.

#### **4.2.3 Ubicación y desmonte.**

*La bomba de cebado esta situada en la parte lateral izquierda del vehículo, justo detrás del panel de control. (Ver Fig. 4) La base de metal de la bomba de cebado esta unido al chasis por medio de cuatro tornillos los cual se pueden remover muy fácilmente.*

### **4.3. Monitor, válvulas de descarga, succión y de alivio.**

#### **4.3.1. Lubricación.**

Utilizando un pincel o una brocha, lubrique la parte rectificada de la esfera con grasa a prueba de agua por lo menos una vez a la semana. El monitor cuenta con un par de graseras las cuales se les pueden adicionar unas cuantas gotas de aceite, una vez al mes.

#### **4.3.2. Mantenimiento.**

*Si se ha visto obligado a bombear agua con arena u otras materias extrañas enjuague la bomba, válvulas de descarga, de alivio, manómetros y líneas de enfriamiento con agua limpia y fresca bombeando por unos minutos y permitiendo la descarga de la misma por todas las salidas.*

*La válvula de alivio tiene un orificio donde llega presión al obturador que se puede tapar, en dado caso es necesario bajar la válvula y con un pequeño alfiler destaparlo. Aparte de este inconveniente, requiere muy poco mantenimiento, debido a una pequeña lubricación en su dispositivo de control.*

##### **4.3.2.1. Empaques.**

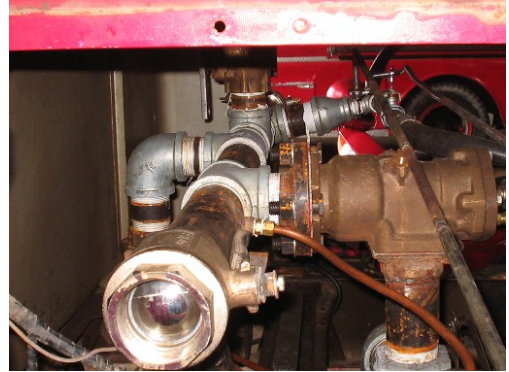
Inspeccione frecuentemente los empaques de los acoples de las mangueras de succión y su tapón. Su falta o la presencia de materias extrañas debajo de ellos ocasionará

entrada de aire que impedirán obtener agua cuando se requiera succionar de un pozo o aún obteniéndola, oscilaciones irregulares del chorro de agua.

#### 4.3.3. Desmonte de la válvula de alivio.

La válvula de alivio se encuentra en la línea de la válvula de descarga principal, esta unida por medio de una brida que tiene cuatro tornillos de  $\frac{1}{2}$ " . A la línea de succión esta unida por otro cuatro tornillos de  $\frac{1}{4}$ " en su parte inferior. Es necesario soltarles los racores que van al control de esta válvula. (Ver Fig. 12)

**Fig. 12 Válvula de alivio**



## 5. CUIDADOS.

### 5.1. Al terminar de bombear.

- Debe abrirse todas las válvulas de descarga y la válvula de drenaje.
- No se olvide cerrar la válvula de drenaje una vez que se haya escurrido el agua. Si esto se olvida, la próxima vez que se vaya a trabajar habrá dificultades para el cebado.
- Todas las uniones o aberturas de la carcasa de la bomba tienen que quedar absolutamente herméticas antes de que se pueda cebar nuevamente.
- Cierre la línea de refrigeración para que la bomba quede lista para cebarse nuevamente.
- Compruebe la lubricación correcta después de cada operación.
- Las bombas que no se empleen con frecuencia en el servicio de incendios deben revisarse periódicamente para cerciorarse de que están listas en caso de una emergencia.

### 5.2. Prueba final antes de guardar la máquina al regresar de un incendio.

Después de que todas las instrucciones sobre mantenimiento y lubricación se hayan seguido, cierre las válvulas de descarga, la válvula de drenaje y las demás líneas.

Apriete el tapón de la línea de succión. Hale el control del cebador para operar la bomba. Hágala funcionar suavemente hasta cuando el manóvacuómetro marque aproximadamente -20 pulgadas en más o menos 15 segundos. Si el vacío cae rápidamente, es una indicación cierta de que hay una o varias entradas de aire las cuales deben ser eliminadas antes de poder considerar la bomba en condición de servicio. El vacío no debe caer más de 10 pulgadas en 10 minutos.

Las entradas de aire pueden, a menudo, ser detectadas con el oído, si el motor está detenido.

Es aconsejable, aún más, probar las mangueras de succión por este mismo método a intervalos de tiempo razonablemente frecuente. Esto puede hacerse ajustando la manguera de succión a la bomba y colocando el tapón en la boca de succión al final de ella en lugar del filtro.

Si no se puede detectar filtraciones de aire por el método de vacío anterior, se aconseja probar **“hidrostáticamente”**; para hacer esto, conecte la bomba a alguna fuente de agua y observe las fugas.

### **5.3. Algunas sugerencias que pueden ser útiles.**

- Las entradas de aire causarán alta velocidad del motor en relación con la presión.
- Materiales extraños en el impulsor causarán alta velocidad en el motor y menor volumen que el normal.
- Cuando trabaje desde un pozo no bombee tanto que pueda causar un remolino en el filtro. Esto puede hacer que el aire entre a la bomba ocasionando una operación brusca y pulsada. Si necesita mas agua trate de obtener una mejor inmersión del filtro.

### **5.4. Bombeo de agua salada.**

*La bomba y el tanque auxiliar deben lavarse con agua dulce, por varias veces, inmediatamente después de bombear agua salada para evitar la corrosión excesiva.*

## 6. CAUSAS QUE ORIGINAN DEFICIENTE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA

### 6.1. Baja potencia del motor.

*Esta es la causa más probable y es especialmente verdadero cuando la velocidad del motor tiende a ser baja que la velocidad original.*

#### *Posibles causas de baja de potencia de la máquina*

- El sistema de aceleración no abre completamente el acelerador de la máquina.
- Tiempo de ignición incorrecto.
- Flujo de combustible restringido debido a filtro obstruido u otra restricción.
- Operación de la máquina recalentada

Las causas anteriores son relativamente simples de corregir y algunas veces pueden ajustarse inmediatamente.

- Deslizamiento del clutch (embrague)
- Salida de gases restringida.
- Mal estado de las bujías, bobina, condensador, etc.
- Mala carburación.
- Válvulas mal sentadas.
- Anillos de pistón desgastados.
- Baja compresión en uno o más cilindros.

Estas causas son más graves e indican reparaciones totales o parciales de máquina

### 6.2. Fuga y filtraciones de aire.

Son causas frecuentes de bajo funcionamiento reconocidas por exceso de velocidad del motor, pulsaciones en la manguera y fluctuaciones en los manómetros. Para remediar esto hay que chequear que la bomba mantenga su vacío; encuentre las filtraciones. Las fugas o filtraciones se pueden oír con el motor parado.

### 6.3. Obstrucciones en la succión.

Estas obstrucciones causan velocidad más altas que las normales y reducen capacidad. También causan fluctuaciones del manómetro y un vacío en la lectura del manovacuometro.

Las obstrucciones pueden ser materias extrañas tales como hierbas u hojas en los filtros de la manguera de succión o en los filtros de los cubos de succión. Para chequear los filtros cierre y abra una válvula de descarga ligeramente dejando que el agua corra por las mangueras de succión lentamente. Esto previene que las materias extrañas sean expulsadas pudiendo así observarlas y determinar las causas del problema.

La obstrucción puede ser causada por una línea de manguera de succión colapsada. Manguera de succión viejas o defectuosas pueden hacer una línea floja que puede ser obstruida por un vacío reduciendo sustancialmente el flujo a través de la manguera.

#### **6.4. Materias extrañas en los impulsores.**

Esto ocasiona velocidad en la máquina más alta que lo normal y reduce la capacidad, sin embargo esto ocasiona altos vacíos anormales en el manovacuometro. Para limpiar materias extrañas de los impulsores usualmente requiere remover la mitad del cuerpo de la bomba y sacar las obstrucciones de los impulsores con una varilla o con la mano.

#### **6.5. Succión demasiado alta.**

Causará altas velocidades en la máquina, altos vacíos, bomba con problemas de funcionamiento y oscilaciones en los manómetros.

#### ***Solución***

No probar con una altura mayor a 10 pies, con no más de 20 pies de manguera de succión.

#### **6.6. Recirculación (by-pass) alrededor de la bomba.**

SE reconoce por una capacidad reducida y una necesidad de aceleración más alta que la normal. Es causada por el control de la válvula de alivio que está ajustado a una presión demasiado baja permitiendo que la válvula de alivio haga una recirculación interna.

#### **6.7. Desgaste en los anillos y en los bujes del impulsor.**

Puesto que el reemplazo de anillos con tolerancia requiere un desensamble de la bomba, es aconsejable chequear completamente otras posibles fuentes de bajo rendimiento antes de asumir que la tolerancia en los anillos usados sea la causa.

Anillos de tolerancia o anillos de sello mantienen en una cantidad despreciable el paso de agua desde el lado de la descarga a la succión.

La tolerancia radial entre los bujes del impulsor y los anillos de tolerancia es solamente unas pocas milésimas de pulgadas cuando nueva, que afectivamente previenen un gran paso. En agua clara ellos continúan siendo un sello efectivo durante cientos de horas de bombeo. Con agua sucia o arenosa los bujes de los impulsores y los anillos de tolerancia se gastarán mas rápido que con agua limpia.

*A medida que se desgastan, mayor es el paso y menor el rendimiento. Además a mayor presión a la cual cada etapa es operada mayor es el paso y mayor la reducción de eficiencia.*

Cuando nueva la tolerancia radial entra los bujes impulsores y los anillos de tolerancia es de 5 a 7 milésimas de pulgada. Cualquier incremento permitirá mas paso y menor rendimiento, pero cuando la bomba está adecuadamente suministrada de potencia no debe ser necesario remplazar los anillos de tolerancia radial ni los impulsores hasta que estas alcancen un promedio de 15 a 20 milésimas o mas, observada con un medidor apropiado. Puesto que los anillos de tolerancia se gastan más rápido que los impulsores, frecuentemente es necesario reemplazar solamente los anillos de tolerancia. Esto reducirá ampliamente los pasos y restaurará la bomba casi a su desempeño original.

Una restauración completa requiere que los impulsores también sean reemplazados.

Cuando la bomba es desensamblada parcialmente para chequeo, los anillos de tolerancia, el eje, las empaquetaduras y rodamientos deben observarse en su desgaste.

## 7. RECOMENDACIONES QUE DEBEN TENERSE EN CUENTA.

- Siempre engrane la bomba con el motor funcionando y la transmisión en **neutro**.
- Cierre la válvula de cebado, drenado, la de alivio, la línea de refrigeración y las de descarga antes de intentar arrancar la bomba.
- Mantenga la válvula de cebado excepto cuando necesite crear vacío.
- **NO** haga funcionar la bomba en seco excepto momentáneamente cuando arranca.
- Acelere y disminuya gradualmente la velocidad del motor, no se desboque.
- Examine la temperatura del motor y descargue el agua de enfriamiento a los primeros signos de calentamiento.
- Mantenga en buen estado los empaques en la mangueras de succión y úselas con cuidado para evitar que se dañen las roscas de los acoples.
- Entradas de aire a las líneas de succión son la causa mas frecuente de problemas cuando se bombea succionando de un pozo o tanque.
- Use siempre un filtro de succión cuando se está succionando de un pozo, use también los filtros cuando se está succionando de la línea del acueducto.
- Partículas extrañas en los impulsores son el resultado de no usar filtros adecuados y la causa frecuente de muchos problemas.
- Drene la bomba inmediatamente después de cada operación.
- Revise el nivel del aceite en la caja de piñones después de cada operación.
- **NO** haga funcionar la bomba por mucho tiempo con las descargas completamente cerrada.
- **NO** cierre la válvula de descarga cuando la bomba se encuentre funcionando con el acelerador del motor completamente abierto, a menos que el regulador de presión esté ajustado correctamente.

## **8. EFECTO DE LAS CONDICIONES ATMOSFERICAS SOBRE EL MOTOR Y LA EFICIENCIA DE LA BOMBA**

- La potencia del motor se reduce  $3\frac{1}{2}\%$  por cada pulgada de disminución de la presión barométrica o por cada 1000 pies de elevación sobre el nivel del mar.
- Cada 12 grados de elevación de la temperatura por encima de 60 °F del aire de entrada, se reduce la potencia de motor aproximadamente 1%.
- Cada pulgada de caída en la presión barométrica reduce la subida estática máxima de una bomba en aproximadamente 1 pie.
- La temperatura del agua que entra afecta la subida en la succión de la bomba. El efecto es ligero a temperaturas bajas del agua pero aumenta y es mayor al subir la temperatura del agua de alimentación.

## 9. CARTA DE DIAGNOSTICO DE LAS BOMBAS HALE.

A continuación se enumera una serie de condiciones susceptibles de presentar en las bombas centrífugas, así como su posible causa y la corrección sugerida. Esta carta de diagnostico puede emplearse en cualquier tipo de bomba HALE por lo cual no todas las condiciones, causas y correcciones sugeridas pueden aplicarse e forma general a una determinada bomba:

<i>CONDICIÓN</i>	<i>POSIBLE CAUSA</i>	<i>CORRECCION SUGERIDA</i>
<b>La bomba no engranada. Transmisión estandar con engrane neumático (VPS)</b>	Insuficiente suministro de aire en el actuador neumático.	Repita los procedimientos recomendados en engrane.
<b>La bomba no ceba o pierde cebado</b>	No hay aceite en el tanque de cebado.	Rellene el tanque con aceite SAE-30 para motor.
	La velocidad del motor demasiado baja.	Incremente la RPM del motor a un rango recomendado entre 1000 y 1200 RPM
	Sistema de cebado defectuoso.	Chequee el sistema de cebado siguiendo las recomendaciones de NFPA 1901, parágrafo 2.4. si la bomba esta ajustada pero el cebado logra menos de 22 pulgadas de vacío, esto puede modificar excesivo uso en el cebado.
		Pueden estar defectuosos los anillos de sellamiento.
		Reemplace si es necesario. Lubrique los anillos, la válvula de cebado desgastada ocasionará pérdida de cebado y requerirá accionamiento innecesario del motor de cebado.
		Asegúrese de una completa hermeticidad en dicha válvula, desmonte y lubrique si es necesario.
		Nota: El uso semanal se recomienda para mantener el sistema de cebado, en buenas condiciones de operación.

	Altura de succión demasiado alta.	No trate de exceder succión a más de 22 pies.
	El filtro de succión se halla taponado.	Remueva las obstrucciones del filtro de la manguera de succión que descansan en el fondo del suministro de agua.
	Conexiones de succión	Limpie y ajuste todas las mangueras y conexiones.
		Verifique que la manguera de succión y sus empaques no tengan defectos.
	El cebador no opera el tiempo suficiente.	No suelte el control de cebado hasta asegurarse de una succión completa. Abra la válvula de descarga ligeramente durante esta operación para asegurarse por completo.
		<b>NOTA:</b> No opere el cebador por más de 30 segundos. Si el cebado no se obtiene en ese tiempo, para y busque la causa posible.
	Aire atrapado en la línea de succión	Evite colocar cualquier parte de la manguera de succión más alta que la entrada a la succión.
		Esta manguera debe situarse con un declive continuo hasta el suministro de agua.
		Si no es evitable, el aire atrapado en la manguera, repita el cebado cuanto sea necesario para eliminar estos colchones de aire.
	Presión en la bomba demasiado baja cuando se abra la boquilla	Cebe de nuevo y mantenga mas alta presión en la bomba mientras se abre lentamente la válvula de descarga.
	Filtraciones de aire	Localice y corrija las entradas de aire.
		Si se obtiene vacío de 22" y las pérdidas no exceden de 10" en diez minutos, verifique prueba según NFPA 1901. Si no se obtiene un mínimo de 22", los dispositivos de cebado en el sistema pueden estar defectuosos, o las filtraciones son

		<p>tan grandes que se pierde el cebado. Por ejemplo: Válvula abierta.</p> <p>Pérdidas de vacío indican filtración de aire. Haga funcionar el cebado en seco y apague la máquina, una señal audible es fácil de detectar.</p> <p>Conecte la manguera de succión desde el hidrante o desde la descarga de otra bomba para presurizar la carcasa y buscar filtraciones para corregir. Una presión de 100 PSI debe ser suficiente, nunca exceder las limitaciones de presión de la tubería y accesorios.</p> <p>Si se presentan grandes escapes por la empaquetadura, ajústela, de acuerdo a las instrucciones del manual.</p>
<b>Insuficiente capacidad de bombeo</b>	Insuficiente potencia del motor	Afine el motor a su mejor desempeño. El acelerador no está bien abierto
	La válvula de alivio no está correctamente ajustada	Este control puede estar ajustado y se obtendrá un “by-pass” de agua a baja presión, otras líneas o válvulas de by-pass, por ejemplo: Sistema de espuma, puede reducir la capacidad de la bomba.
<i>Presión insuficiente.</i>	Chequear causas similares a las de insuficiente capacidad de bombeo. Impulsor tapado	Puede ocasionar pérdidas en la capacidad y presión de la bomba. Saque la mitad del cuerpo de la bomba y destape el impulsor.
<b>Velocidad del motor demasiado alta para la capacidad y presión requerida.</b>	Desgaste en el impulsor y los anillos.	Instalar partes nuevas.
	Taponamiento de la tubería y manguera de succión-	Limpie la línea de succión y filtro de suministro de agua por lo menos dos pies por debajo de la superficie
	Manguera de succión defectuosa	Trate con un tubo de succión diferente.
	Altura de succión muy	Succión de más de 10 pies

	grande o manguera de succión muy pequeña	ocasionarán altas velocidades del motor, alto vacío y operación deficiente, lo anterior se corrige con manguera de succión mas grande.
<b>La válvula de relevo no alivia la presión cuando las válvulas están cerradas</b>	Incorrecto ajuste de la válvula de control (válvula piloto)	Chequee y repite el procedimiento adecuado para ajustar el sistema de la válvula de alivio.
	Válvula de alivio inoperante	Posible necesidad de lubricación. Saque la válvula de alivio de la bomba. Limpie y lubrique. El uso semanal de esta válvula de alivio es recomendado
<b>La válvula de alivio no se recupera y no retorna al ajuste inicial de presión después de abrir</b>	Suciedad en el sistema, ocasiona atascamientos o reacción	Siga las instrucciones desensamble, limpie y lubrique. Si está taponado limpie con un alambre pequeño.
LA válvula de relevo se abre cuando la válvula de control esta ajustada	El agujero del drenaje en la carcaza o el pistón están bloqueados.	Limpie el agujero de la misma manera que el anterior
	Filtro taponado.	Inspeccione y limpie el filtro en la línea de suministro desde la descarga de la bomba hasta la válvula de control.
		Verifique el esquema en el manual para la localización exacta, chequee y limpie las líneas de tubería que conducen a la válvula de alivio y a la válvula de control.
		Materias extrañas, remueva y limpie la válvula de control.
	Condiciones extrañas	Insuficiente suministro de agua que llega desde la bomba hasta la válvula de control. Observe el filtro en el sistema de la válvula de alivio.
<b>Fuga en la empaquetadura de la bomba.</b>	Ajuste el empaque de la bomba.	Siga el procedimiento del manual “ajuste de empaquetadura” ( de 8 a 10 gotas de filtraciones se prefieren)
	Reemplazo de la	Siga el manual de la bomba para

	empaquetadura de la bomba.	reemplazarlo de la empaquetadura el cual debe realizarse cada 2 ó 3 años.
<b>Agua en la caja de engranajes de la bomba</b>	Escapes que vienen desde la parte superior de la bomba	Mire que todas las conexiones de tubería y sobre llenado de tanque para la posibilidad de que esta agua caiga sobre la caja de engranajes
	Filtración excesiva en la empaquetadura de la bomba	Siga el procedimiento de arriba para la empaquetadura.
		Exceso de la filtración en la empaquetadura permitirán que el agua fluya sobre la carcasa de la caja de engranajes hacia al área del eje. Inducción de este exceso de agua ocurre a través del sello de aceite o conexión retenedora.
		Inspeccione y reemplace el sello si fuese necesario. Inspeccione la conexión del velocímetro, su tapa y ajuste si es necesario. Drene el aceite contaminado de la caja de engranajes. Lave con aceite ligero SAE-30, drene de nuevo y reemplácelo por aceite para cajas SAE EP-90
	Falta lubricación.	Lubricación semanal recomendada para las válvulas de descarga y succión. Úsese grasa de buen grado a base de petróleo o siliconas.
<b>Válvulas de descarga difícil de operar</b>	La válvula necesita tolerancia.	Adicione empaques a la cubierta de la válvula. Un diseño de empaques múltiples permiten mas tolerancia y liberad de operación
<b>Control remoto difícil para operar.</b>	Falta lubricación.	<b>NOTA:</b> la adición de demasiados empaques en la válvula permitirán filtraciones.
		Lubrique el control remoto con aceite