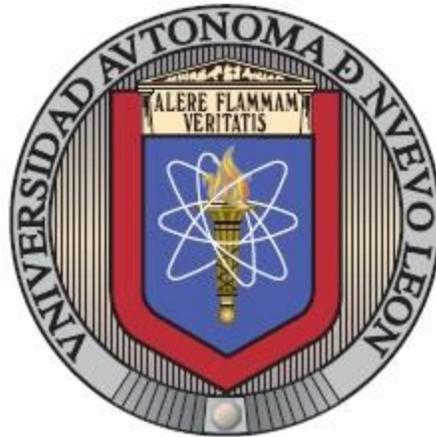


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



“ESTANDARIZACIÓN DE LA VALIDACIÓN DE SELLADO EN MANGUERAS DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO Y CALEFACCIÓN PARA VEHÍCULOS PESADOS.”

Por:
WALTER ALFONSO REYES LUNA

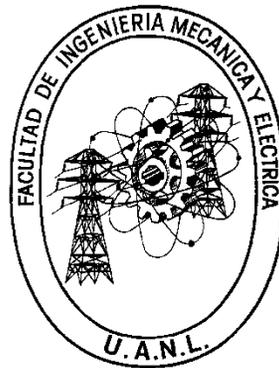
EN OPCIÓN AL GRADO DE:
MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN

Mayo 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

Subdirección de estudios de posgrado



“ESTANDARIZACIÓN DE LA VALIDACIÓN DE SELLADO EN MANGUERAS DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO Y CALEFACCIÓN PARA VEHÍCULOS PESADOS.”

Por:
WALTER ALFONSO REYES LUNA

EN OPCIÓN AL GRADO DE:
MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN

Mayo 2023

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Posgrado

Los miembros del Comité de Evaluación de Tesis recomendamos que la Tesis "Estandarización de la Validación de Sellado en Mangueras del Sistema de Aire Acondicionado y Calefacción", realizada por el estudiante Walter Alfonso Reyes Luna, con numero de matrícula 1416889, sea aceptada para su defensa como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias de la Ingeniería Automotriz.

El Comité de Evaluación de Tesis

Dr. Mario Alberto Bello Gómez
Director

Dra. Adriana Salas Zamarripa
Co-director

Dr. Diego Francisco Ledezma Ramirez
Revisor

Dra. Flor Esthela Palomar Perez
Revisor

M. en A. Jesus David Davalos de Hoyos
Revisor

Vo.Bo.


Dr. Simón Martínez Martínez
Subdirector de Estudios de Posgrado



Ciudad Universitaria, a 20 de julio 2022.

Institución 190001

Programa 554502

Acta Núm. 4102

AGRADECIMIENTOS

Mediante estos agradecimientos de tesis, quiero exaltar la labor de mi familia, amigos, profesores y compañero laborales que estuvieron presentes durante toda o la mayor parte del desarrollo de este proyecto de tesis.

Agradezco a la Universidad Autónoma de Nuevo León por brindar este programa de estudios de posgrado al cual pude ser parte, igualmente a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Al Dr. Mario Alberto Bello Gómez por su paciencia, enseñanzas, consejos y tutela brindados durante todo el tiempo del programa de estudios además de durante todo el proceso de esta investigación realizada.

A la Dra. Adriana Salas Zamarripa por su liderazgo, conocimientos y apoyo durante esta tesis.

A mi asesor industrial M.A. Jesus de David Davalos de Hoyos, porque su apoyo y labor de líder para poder guiarme durante todo el proceso de realización de este proyecto.

A la empresa <Confidencial> que me deposito su confianza en mí, para poder laborar con ellos y además poder desarrollar este proyecto, especial mente al equipo de ingeniera de producto para el sistema de HVAC, especialmente a mis compañero y amigos el Ing. Juan Ferniz, Ing. William Blanco, Ing. Scott Paciero y Ing. Nic Hugh, por siempre guiarme en la dirección óptima para encontrar las soluciones del sistema en cuestión.

DEDICATORIA

Esta dedicatoria va dirigida a mi madre por su apoyo, a mi padre que en el transcurso de este proyecto se adelantó en este camino llamado vida, a mis amistades M.C. Sergio Cruz, Ing. Claudia Martinez, M.C. Carlos Zavala, Psic. Alberto Vázquez, por su invaluable apoyo, consejos que me dieron a lo largo de este camino que siempre estaré agradecido y bendecido con su amistad.

Ing. Walter Alfonso Reyes Luna

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1. INTRODUCCION	1
1.1 Planteamiento del Problema.	2
1.2 Hipótesis	2
1.3.1 Objetivo General:	3
1.3.2 Objetivos Específicos:	3
CAPÍTULO 2. Sistema HVAC.	4
2.1 Introducción	4
2.2 Sistema de calefacción automotriz	6
2.1.1 Núcleo de calefacción.	7
2.2 Mangueras.	8
2.2.1 Grados.	9
2.2.2 Sufijo.	10
2.3 Abrazaderas.	10
2.3.1 Partes de una abrazadera.	11
2.4 Sistema de Aire Acondicionado.	14
2.4.1 Compresor.	15
2.4.2 Condensador.	16
2.4.3 Válvula de expansión termostática.	17
2.4.4 Evaporador.	18
2.6 Distribución de aire dentro de la cabina.	19
2.7 Fluidos de trabajo del sistema.	22
2.7.1 Fluido del sistema de calefacción.	22
2.7.2 Fluido del sistema de aire acondicionado.	24
CAPÍTULO 3. Diseño de componentes.	27
3.1 Introducción	27
3.2 Selección de material.	29
3.3 Mejora de geometría.	33
3.4 Tolerancias.	35
CAPÍTULO 4. Desarrollo Experimental.	38
4.1 Identificación del problema.	38
4.2 Selección de material de la manguera.	39
4.3 Cálculos teóricos de sellado.	40
4.4 Optimización de geometría del conector.	46
4.5 Mejora de marcas de alineación.	48
4.6 Pruebas físicas.	49
CAPÍTULO 5. Resultados.	51
5.1 Resultados selección de materiales.	51

5.2	Resultados diseño del conector	52
5.3	Resultados cálculos teóricos	54
5.4	Resultados prueba física	56
CAPÍTULO 6.	Conclusiones y Recomendaciones	57
CAPITULO 7	Bibliografía	58
Anexo A	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura 2.1 Componentes de un camión.....	5
Figura 2.2 Interacción del sistema de enfriamiento con el sistema de calefacción.....	6
Figura 2.3 Detalle del sistema de enfriamiento.....	7
Figura 2.4 Partes típicas de un núcleo de calefacción.....	8
Figura 2.5 Abrazadera tipo oreja.....	11
Figura 2.6 Partes de una abrazadera.....	11
Figura 2.7 Ejemplos de abrazadera de Presión Baja.....	12
Figura 2.8 Ejemplos de abrazadera de Presión Media.....	13
Figura 2.9 Ejemplos de abrazadera Super y Supra.....	13
Figura 2.10 Ejemplos de abrazadera Automotriz.....	14
Figura 2.11 Componentes sistema aire acondicionado automotriz.....	15
Figura 2.12 Esquema de un compresor automotriz.....	16
Figura 2.13 Estructura típica de un condensador.....	17
Figura 2.14 TXV y sus componentes internos.....	17
Figura 2.15 Evaporador con sus temperaturas estimadas dirigiendo el aire a la cabina del vehículo.....	18
Figura 2.16 Ejemplo de Modulo HVAC.....	19
Figura 2.17 Detalle de componentes del módulo HVAC.....	20
Figura 2.18 Configuración dentro del módulo para mandar aire caliente a la cabina.....	21
Figura 2.19 Configuración dentro del módulo para mandar aire frío a la cabina.....	22
Figura 2.20 Grafica de propiedades de porcentajes de anticongelante mezclado con agua.....	24
Figura 2.21 Vapor de presión R1234yf vs R134a.....	26

Capítulo 3

Figura 3.1 Interacción entre las distintas variables en la selección de materiales.....	30
Figura 3.2 Grafico de barras mostrando el rango de conductividad térmicas.....	32
Figura 3.3 Grafico de propiedades de material según metodología de Ashby.....	32
Figura 3.4 Pasos en el proceso de diseño.....	34
Figura 3.5 Ejemplo de tolerancia de limite.....	37
Figura 3.6 Ejemplo de tolerancia bilateral igual, unilateral y bilateral desigual.....	37

Capítulo 4

Figura 4.1 Dimensiones del conector de medida 1.....	42
Figura 4.2 Dimensiones del conector de medida 1.....	42
Figura 4.3 Dibujo del conector con referencia al número de parte de catálogo de proveedor.....	47
Figura 4.4 Conector de medida 1 de granel usado en el ensamble.....	47
Figura 4.5 La línea azul representa la marca “I” en la manguera donde se alineará la abrazadera.....	48
Figura 4.6 Thermotron cámara de control de temperatura y humedad.....	49
Figura 4.7 Muestra instaladas listas para empezar la prueba.....	50

Capítulo 5

Figura 5.1 Dibujo de conector con medidas optimizado.....	52
Figura 5.2 Dimensiones del nuevo conector de medida 1.....	53
Figura 5.3 Dimensiones del nuevo conector de medida 2.....	53
Figura 5.4 Conector de medida 1 en físico ya con medidas optimizado.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 2

Tabla 2.1 Clasificación de vehículos de transporte pesado.	4
---	---

Capítulo 3

Tabla 3.1 Factores de influencia en la selección de materiales.	31
--	----

Capítulo 4

Tabla 4.1 Material A dimensiones y tolerancia para manguera preformada.	39
Tabla 4.2 Parámetros de diseño conexión de manguera con conector.	40
Tabla 4.3 Parámetros de las abrazaderas tipo muelle.	43
Tabla 4.4 Validación de parámetros para ensamble de conexiones de medida 1.....	43
Tabla 4.5 Validación de parámetros para ensamble de conexiones de medida 2.....	44
Tabla 4.6 Parámetros de las abrazaderas tipo tensión constante.....	45
Tabla 4.7 Validación de parámetros para ensamble de conexiones de medida 1 con abrazaderas de tensión constante.....	45
Tabla 4.8 Validación de parámetros para ensamble de conexiones de medida 2 con abrazaderas de tensión constante.....	46
Tabla 4.9 Parámetros de Temperatura, Tiempo y Presión para la prueba de validación de sellado para ensambles de conexión de mangueras y abrazaderas.....	50

Capítulo 5

Tabla 5.1 Material B dimensiones y tolerancia para manguera preformada.....	52
Tabla 5.2 Resultados con los nuevos parámetros para ensamble de conexiones de medida 1.....	55
Tabla 5.3 Resultados con los nuevos parámetros para ensamble de conexiones de medida 2.....	55

CAPÍTULO 1. INTRODUCCION

El sistema automotriz de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC, por sus siglas en inglés), tiene como principal objetivo el regular la comodidad ambiental dentro del vehículo motor para el conductor y los pasajeros. Además, el sistema tiene un rol de seguridad manteniendo la visibilidad del parabrisas del vehículo durante el camino, libre de hielo o humedad. Para cumplir con estas funciones el sistema HVAC se conforma de dos subsistemas: el sistema de calefacción, que está conectado al sistema de enfriamiento del motor del vehículo y el de aire acondicionado (AC, por sus siglas en inglés) que consta de componentes, tales como, compresor, condensador, válvula de expansión, evaporador entre otros.

Dentro de estos dos subsistemas, la regulación de temperatura en la cabina se logra gracias a los fluidos refrigerantes que ceden o liberan energía. Estos fluidos viajan a través de los diferentes componentes en los sistemas por medio de conexiones de mangueras con accesorios, como conectores, o conexión a tubos rígidos. Estos ensambles son asegurados con abrazaderas de presión que restringe cualquier fuga no deseada en los sistemas, y son diseñadas para tener una tensión de compresión óptima en las mangueras, y una instalación en los ensambles sencilla y rápida.

Un operador podía tardar, en ocasiones, hasta un minuto por instalación de una abrazadera, y en algunos procesos se necesita instalar hasta múltiples conexiones por ensamble. Dentro de los modelos de la empresa fabricante de vehículos pesados se decidió realizar una mejora para estandarizar el diseño e instalación de las conexiones de manguera a conectores o tubos rígidos, con la finalidad de realizar la instalación de manera más eficaz y robusta. Esta mejora del proceso puede resultar en una reducción del costo de procesos, ya que se utilizan unas abrazaderas de mayor costo, por su facilidad de ensamble y son utilizadas en todos los modelos de la empresa en los ensambles del sistema HVAC.

La presente investigación abarca los pasos realizados para la mejora de los procesos de estos ensambles y los resultados obtenidos.

1.1 Planteamiento del Problema.

Actualmente, en la industria automotriz todo se trata de que tan rápido puede ser el proceso de manufactura, o que tan bajo costo se puede lograr, debido a lo anterior se decidió realizar esta investigación de mejora en la instalación de los componentes del sistema de HVAC; centrándose en los procesos de los ensambles de las mangueras con conectores o conexiones con tubos rígidos. Como se mencionó anteriormente, un operario podía tardar alrededor de un minuto para instalar una abrazadera con su respectivo conector; sin embargo, en algunos casos se instalaban hasta seis abrazaderas por manguera, esto resulto en cambiar la abrazadera original por una más costosa, ya que los operarios tenían la percepción de que este tipo de abrazadera era más fácil de instalar, sin considerar que representaban un costo adicional del 90%, contra el costo del modelo original.

Estas dificultades durante el ensamble e instalación provocaban un alto grado de estrés en el operario, ya que dudaba de su habilidad, y, a su vez, provocaba paros innecesarios retrasando la línea de producción. Como referencia un paro de línea representa un costo estimado de \$360 (USD) por minuto, por lo que era esencial agilizar la instalación y así evitar más costos adicionales.

Otro punto importante por considerar es que una parte del sistema de HVAC, específicamente, la parte de la calefacción está en interacción constante con el sistema de enfriamiento del motor, y cualquier cambio sin precaución podría afectarlo, provocando un mal funcionamiento del vehículo como un sobrecalentamiento repentino. Es por esto por lo que las mejoras propuestas durante esta investigación fueron cuidadosamente planeadas y estructuradas, para no comprometer el funcionamiento de ambos sistemas del vehículo y entregar el producto con la calidad necesaria para realizar su función tal como el cliente lo espera.

1.2 Hipótesis

Es viable calcular y definir los parámetros necesarios para mejorar el ensamble de mangueras en el sistema HVAC, mediante cálculos matemáticos y optimización de diseño de componentes y validando este con pruebas físicas.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo General:

Desarrollar una metodología de mejora de los ensambles de conexión de manguera y abrazadera en el sistema HVAC para vehículos pesados, con ayuda de modelos matemáticos y experimentación física, para garantizar su funcionamiento y fácil instalación.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Desarrollar modelo matemático aproximado para las conexiones de abrazadera y mangueras para validar que la deformación de estos últimos componentes sea la correcta.
- Realizar una optimización de dimensionado al conector mediante una revisión de tolerancias.
- Documentar las mejoras al conector mediante la realización de GD&T en el dibujo en base a la revisión de tolerancias.
- Investigar una selección de material ideal para las mangueras de acuerdo con su aplicación.
- Validar mediante pruebas físicas que las mejoras consideradas al sistema sean las adecuadas sin poner en riesgos la integridad y función del sistema.
- Proponer una metodología de solución de problemas de este tipo de ensambles.

CAPÍTULO 2. Sistema HVAC.

2.1 Introducción

En los Estados Unidos, la clasificación comercial de camiones es determinada basándose en el peso bruto del vehículo en camiones ligeros, camiones medianos y camiones pesados. Los camiones ligeros tienen un peso no mayor de 4,535 kg, los camiones medianos tienen un peso entre 4,536 kg a 8,845 kg, y los camiones de 8,846 kg a más de 14,969 kg, siendo esta última la máxima clasificación para vehículos de carga. La empresa fabricante de vehículos pesados donde se desarrolló esta investigación, cuenta con configuraciones y clasificaciones de sus distintos tipos de productos o modelos de camión. Los camiones se clasifican de acuerdo con el peso bruto del vehículo (GVWR, por sus siglas en inglés de Gross Vehicle Weight Ratio) como se muestra en la tabla 2.1[1].

Tabla 2.1 Clasificación de vehículos de transporte pesado [1].

Clase	Rango (GVWR)	Clase de peso
1	2,722 kg a menos	Trabajo ligero
2	2,722 a 4,535 kg	Trabajo ligero
3	4,536 a 6,350 kg	Trabajo medio
4	6,351 a 7,257 kg	Trabajo medio
5	7,258 a 8,845 kg	Trabajo medio
6	8,846 a 11,793 kg	Trabajo pesado
7	11,794 a 14,969 kg	Trabajo pesado
8	14,969 kg o mayores	Trabajo pesado

Los camiones pesados incluyen entre sus funciones los camiones mezcladores de cemento, camiones recogedores de basura, grúas, camiones de volteo, camiones refrigerados, camiones de largo recorrido, camiones con tanque para líquido [1]. Los camiones se componen de los siguientes sistemas (Figura 2.1):

1. Estructura.
2. Ejes.
3. Suspensión.

4. Frenos.
5. Dirección.
6. Escape.
7. Eléctrico.
8. Llantas y misceláneos.
9. Transmisión y embrague.
10. Motor.
11. Tanque de Combustible
12. Cabina
13. Sistema de HVAC.

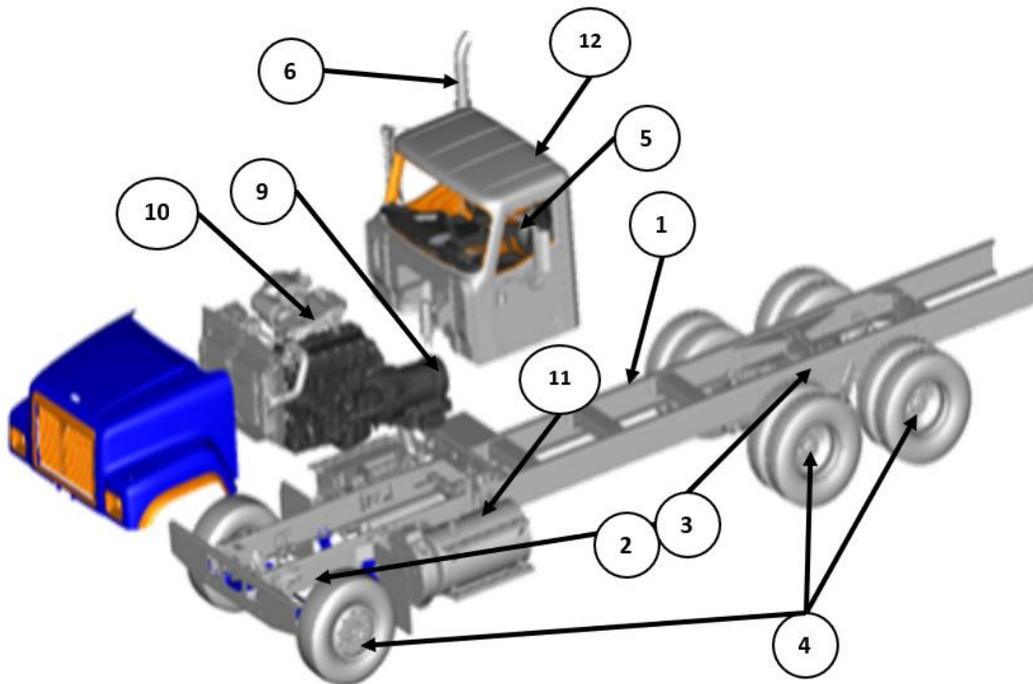


Figura 2.1. Componentes de un camión.

Este proyecto está enfocado en el sistema HVAC, el cual como se mencionó anteriormente, tiene dos subsistemas: el sistema de calefacción y el sistema de aire acondicionado. En las siguientes secciones, se describen con más detalle su funcionamiento y componentes.

2.2 Sistema de calefacción automotriz

El sistema de calefacción automotriz es el encargado de mantener la temperatura cálida dentro de la cabina cuando la temperatura exterior es fría y/o húmeda, y también se puede considerar parte de los sistemas de seguridad del vehículo, ya que este sistema es el encargado de remover la escarcha o humedad que se pueda presentar en el parabrisas del vehículo, y que impida al conductor una visibilidad clara del camino [2,3,4].

El sistema de calefacción está directamente ligado al sistema de enfriamiento del vehículo, este último funciona circulando refrigerante líquido a través del motor y el radiador, como se puede apreciar en la Figura 2.2. El calor del motor es recolectado por conducción en las cámaras de refrigeración, que rodean las cámaras de combustión de los pistones, luego el refrigerante es direccionado hacia el radiador. El calor absorbido por el refrigerante es disipado mediante convección por el serpentín del radiador, con la ayuda del aire externo tomado por el ventilador del motor e iniciando nuevamente el ciclo hacia el motor [2,3,4].

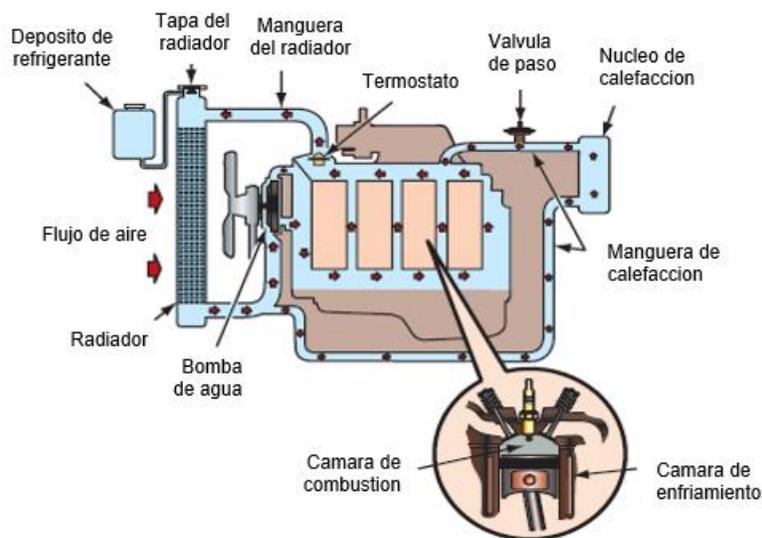


Figura 2.2 Interacción del sistema de enfriamiento con el sistema de calefacción [2]

Durante el proceso en el cual el refrigerante sale después de absorber el calor en las cámaras de combustión, este se direcciona por una vía alterna al circuito de calefacción del vehículo, en vez de regresar al radiador es enviado hacia el núcleo de calefacción, el cual está dentro de la cabina del lado de pasajero, aquí es donde inicia el sistema de calefacción automotriz (Figura 2.3) [2,3,4].

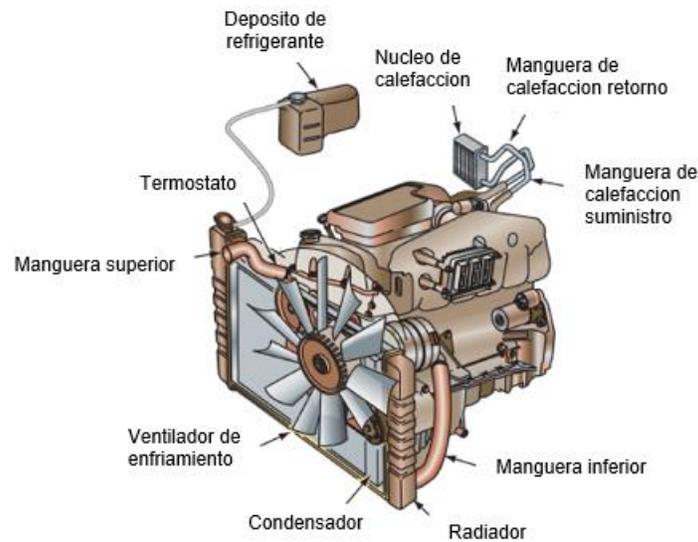


Figura 2.3 Detalle del sistema de enfriamiento [2].

El sistema de calefacción funciona, principalmente, debido al núcleo de calefacción y la válvula de control, adicionales a las mangueras y abrazaderas que hacen que todo el sistema se conecte. Los ductos de aire se consideran como componentes del sistema de distribución de aire dentro de la cabina [2,3,4].

2.1.1 Núcleo de calefacción.

El núcleo de calefacción está conectado al sistema de enfriamiento del vehículo, pero su función no es quitar el calor. Este está destinado a brindar comodidad dentro de la cabina durante la temporada de invierno principalmente, así como eliminar escarcha o humedad del limpiaparabrisas que obstruyan la visibilidad del camino [2,5,6].

Este núcleo de calefacción está situado en el inicio del sistema de ductos de distribución de aire, y generalmente, está en el área del tablero del lado del pasajero delantero del vehículo. El

núcleo de la calefacción (Figura 2.4) se asemeja a un pequeño radiador, y también funciona como un intercambiador de calor con el refrigerante del motor, fluyendo, en la mayoría de los diseños, desde la parte superior del motor a través del núcleo de la calefacción y de regreso a la bomba de agua.

El calor del motor es recogido por el refrigerante a través del proceso de conducción, y se transfiere por convección, al aire exterior más frío que pasa desde el núcleo de calefacción al interior del vehículo. Se utiliza un motor de ventilador eléctrico para forzar el aire a través del núcleo de calefacción. Esto proporciona una fuente lista de aire caliente que se utilizará para mejorar la comodidad de los pasajeros cuando sea necesario. En algunos sistemas, el refrigerante del motor fluye constantemente a través del núcleo del calentador cada vez que el motor está en funcionamiento, mientras que, en otros sistemas, se usa una válvula de control, para detener el flujo de refrigerante cuando no se requiere calentar el interior de la cabina [2,5,6].

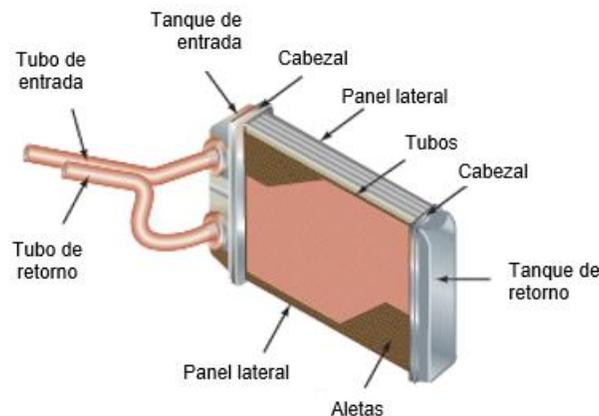


Figura 2.4 Partes típicas de un núcleo de calefacción [2].

2.2 Mangueras.

Las mangueras en el sistema HVAC son las que se encargan de hacer la conexión entre los componentes que a su vez son los encargados de transportar el fluido de operación para que puedan completar su ciclo de operación, con el propósito ya detallado anteriormente para enfriar o calentar

la cabina. Estas mangueras están clasificadas por medio de grados y sufijos, que son utilizados para identificar el material, construcción y aplicación de estas mangueras [5,7].

2.2.1 Grados.

A continuación, se define cada uno de los grados de las mangueras, sus usos y especificaciones generales:

Grado 1 - este grado cubre una manguera premium de larga duración que se utiliza en los sistemas de refrigeración del motor y en las líneas de suministro de aire limpio. No se recomienda el uso de esta manguera en aplicaciones de combustible, aceite o fluidos hidráulicos. Las existencias de tubos y cubiertas deben estar hechas de EPDM (un terpolímero de etileno, propileno y dieno, ver ASTM D 1418 para las convenciones de nomenclatura), similar a SAE J20 Tipo EC Clase D-1. Generalmente se prefiere que se utilicen compuestos curados con peróxido, especialmente para construcciones 1B, pero no imprescindible. El tubo debe estar libre de zinc y la cubierta no debe florecer [5,7].

Grado 2 - este grado cubre una manguera a base de silicona que se utiliza en los sistemas de refrigeración del motor y en las líneas de suministro de aire limpio. Esta manguera se puede utilizar donde existan condiciones extremas de temperatura que justifiquen su alto costo, o donde un cliente requiera su uso. No se recomienda el uso de esta manguera en aplicaciones de combustible, aceite o fluidos hidráulicos. Las existencias de tubos y cubiertas deben estar hechas de elastómeros de polisiloxano, similares a SAE J20 Clase A [5,7].

Grado 3 - este grado cubre una versión de menor costo del Grado 1, donde la vida útil prolongada o la resistencia al calor no son un problema. Las aplicaciones típicas pueden incluir mangueras de calefacción de autobús o mangueras de radiador inferiores (lado frío), para camiones y autobuses de servicio mediano. Este no debe usarse en aplicaciones de servicio pesado o de servicio severo, que requieran o anuncien una larga vida útil [5,7].

2.2.2 Sufijo.

El grado de la manguera puede ser seguido de un sufijo, los cuales se definen a continuación:

Sufijo A - manguera recta a granel de 38 mm (1 ½ pulgada) de diámetro interno adecuadamente reforzada con una capa o capas de hilo de aramida en espiral, tejido o trenzado. Las mangueras de grado 3 se pueden construir con refuerzos de menor costo, como rayón, con la aprobación previa de ingeniería de materiales [5,7].

Sufijo B - Manguera preformada reforzada con una capa o capas de hilo de aramida de punto o en espiral. Las mangueras de grado 3 se pueden construir con refuerzos de menor costo, como rayón, con la aprobación previa de ingeniería de materiales [5,7].

Sufijo C - Manguera recta de más de 25,4 mm (1 pulgada) de DI reforzada con capas envueltas de nailon o tela de aramida. Una construcción de grado 3 no está disponible en este momento [5,7].

Sufijo D- Se requiere resorte. Si el sufijo D no está designado en el dibujo, no se suministrará un resorte [5,7].

Sufijo F - Mangueras en condiciones de operación mejoradas para motores de alto calibre [5,7].

2.3 Abrazaderas.

Las abrazaderas dentro del sistema de aire acondicionado automotriz son las que se encargan de asegurar la unión, entre las conexiones y las mangueras, que transportan los fluidos. Estas abrazaderas se pueden definir como un dispositivo que se utiliza, para sujetar piezas cilíndricas a través de una banda en forma de anillo. Existen una gran variedad de abrazaderas algunas incorporan un tornillo que se encarga de cerrar la banda, para ejercer presión y tener el aseguramiento deseado [1,5,8].

Las abrazaderas han ido evolucionando con el paso del tiempo con la intención de poder mejorar la uniformidad de presión en la zona a instalar, además para que su vida útil sea más larga. Las primeras abrazaderas fueron creadas por la empresa suiza Oetiker en 1942, siendo la de tipo

oreja (Figura 2.5); sin embargo, las más utilizadas en la industria automotriz son el tipo muelle o las de torque constante [1,5,9].



Figura 2.5 Abrazadera tipo oreja [9].

2.3.1 Partes de una abrazadera.

Debido a que existen una gran variedad de tipos de abrazaderas, existen diferentes partes entre cada una. Sin embargo, todas cuentan con las siguientes partes en común [1,5,9]:

- a) **Banda o anillo:** Esta parte entra en contacto con la pieza a asegurar, ya que esta es la que envuelve, ya sea completa o parcialmente a la pieza [1,5,10].
- b) **Elemento de sujeción:** Regularmente es un tornillo, ya sea que vaya a ser utilizado para cerrar la banda o también puede ser que se use para fijar la pieza a una estructura (Figura 2.6) [1,5,10].

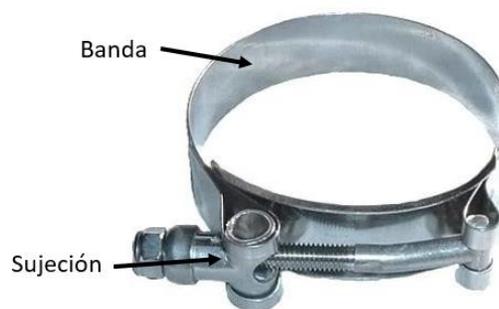


Figura 2.6 Partes de una abrazadera [10].

2.3.2 Tipos de abrazadera.

Las abrazaderas son utilizadas en diferentes tipos de aplicaciones, debido a esto existen una gran variedad de abrazaderas, ya sea por su forma, por su construcción, por su material, etc. Sin embargo, la mejor forma de calificarlas es por su presión ejercida, que se dividen en presión baja, presión media, presión alta y automotriz [1,5,10].

a. *Presión Baja.*

Este tipo de abrazaderas se caracterizan por su capacidad de unión rápida y sencilla, principalmente son para aplicación de tubo de aire o fluidos. Este elemento es de un solo uso, ya que tiene la intención de que sea instalada permanentemente, debido a que una vez colocada, se cierra la oreja y no puede ser ajustada de nuevo, la Figura 2.7. muestra ejemplos de estas [1,5,10].



Figura 2.7 Ejemplos de abrazadera de presión baja [10].

b. *Presión Media.*

Este tipo no tiene una gran variedad de diseños; sin embargo, cada uno tiene características y construcciones diferentes, exceptuando la presión que ejercen, estas presentan una presión mayor al grupo anterior, debido a que por su construcción estas constan de una presión más uniforme con deformaciones menos constantes a lo largo de la banda, véase Figura 2.8. [1,5,10].



Figura 2.8. Ejemplos de abrazadera de Presión Media [10].

c. Presión Alta.

Dentro de este tipo solo se encuentran dos tipos de abrazaderas: las super y las supra. Estas utilizan tornillos con tuercas para apretar la banda con la ayuda de diferentes herramientas, permitiendo una sujeción más resistente; sin embargo, no tan uniforme por su construcción que hace que la mayor parte de la presión sea en la parte baja. Además, deben de ser instaladas con cuidado, debido a que, si se les da fuerza de más con la herramienta, estas pueden romperse dañando tanto la abrazadera como la pieza a sujetar (Figura 2.9. Ejemplos de abrazadera Super y Supra) [1,5,10].



Figura 2.9 Ejemplos de abrazadera Super y Supra [10].

d. Automotriz.

Las abrazaderas de tipo automotriz (Figura 2.10.) tienen como principal característica que son utilizadas en mangueras con constantes movimientos o cambios de temperaturas, y deben tener una mayor uniformidad de presión de sellado y tener una alta resistencia al desgaste [1,5,10].



Figura 2.10 Ejemplos de abrazadera Automotriz [10].

2.4 Sistema de Aire Acondicionado.

En el sistema de aire acondicionado automotriz consta de un gran número de componentes (Figura 2.11), sin embargo, en este capítulo se mencionan únicamente los principales y que se encargan de regular la temperatura dentro de la cabina, estos componentes serían los siguientes:

- Compresor.
- Condensador.
- Válvula de expansión termostática.
- Evaporador [1,11,12].

A continuación, se explicará las características de estos componentes y sus funciones.

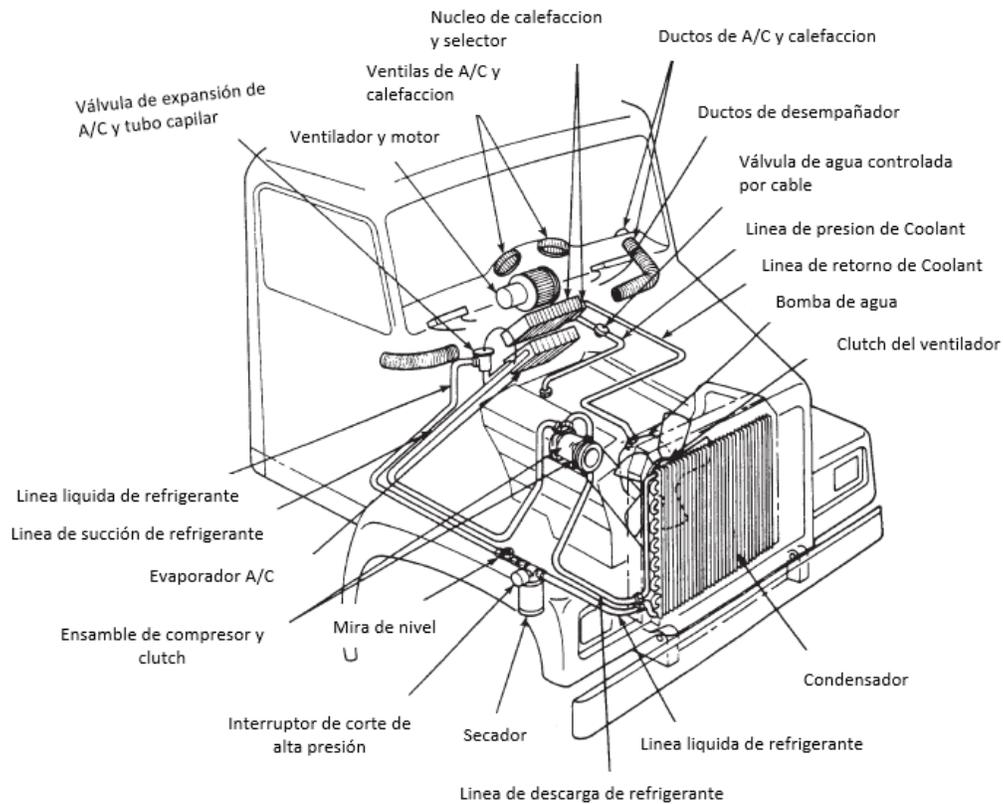


Figura 2.11 Componentes sistema aire acondicionado automotriz [1].

2.4.1 Compresor.

El compresor es el componente más importante del sistema de aire acondicionado, ya que es el encargado de mover el fluido refrigerante, y a su vez divide el sistema de las zonas de alta presión y la zona de baja presión, en la Figura 2.12 se puede apreciar un ejemplo de un compresor convencional para vehículos [1,11,12].

El propósito del compresor es convertir el gas refrigerante que viene del evaporador a baja presión y alta temperatura, en gas a alta presión y temperatura. Esto hace que las propiedades del fluido sean diferentes a las ambientales, permitiendo que sea más fácil la labor del próximo componente [1,11,12].

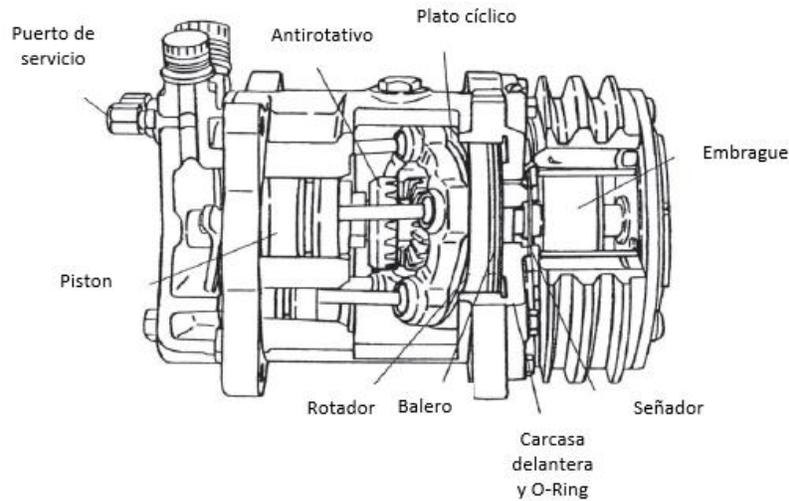


Figura 2.12 Esquema de un compresor automotriz [1].

2.4.2 Condensador.

El condensador consiste en unos tubos en espiral dentro de los cuales se mueve el fluido refrigerante, estos a su vez están rodeados de finas aletas para el enfriamiento de este. Este componente normalmente es montado en frente del radiador del vehículo, para que pueda recibir suficiente aire, en la Figura 2.13 muestra la estructura mencionada de un condensador. [1,11,12].

El propósito del condensador es convertir el vapor refrigerante saliente del compresor a líquido por medio de condensación. Para lograr esto el gas refrigerante ingresa por la entrada en la parte superior del condensador y, a medida que el vapor caliente pasa a través de las bobinas del condensador, el calor se transfiere del refrigerante caliente al aire más frío que fluye a través de las bobinas y aletas del condensador. Este proceso hace que el refrigerante cambie de estado de vapor caliente a alta presión, a líquido caliente a alta presión [1,11,12].

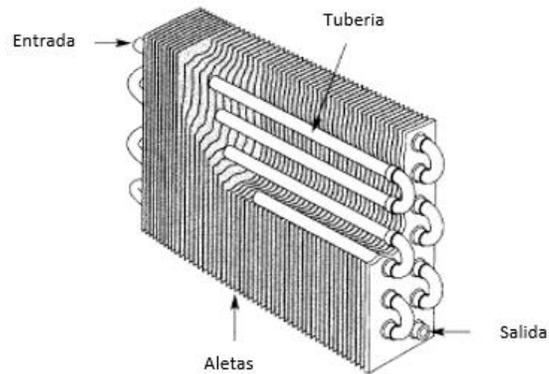


Figura 2.13 Estructura típica de un condensador [1].

2.4.3 Válvula de expansión termostática.

La válvula de expansión termostática, o TXV por sus siglas en inglés, es el otro componente que separa las zonas de alta presión con la zona de baja presión. En la Figura 2.14 se puede observar los componentes internos de una TXV [1,11,12].

La función de la TXV es regular el flujo de refrigerante que se dirige al evaporador. El exceso de flujo al evaporador puede causar inundación en este, y daños en el compresor debido a que el refrigerante llegue aún en estado líquido., sin haber cambiado de fase completamente [7].

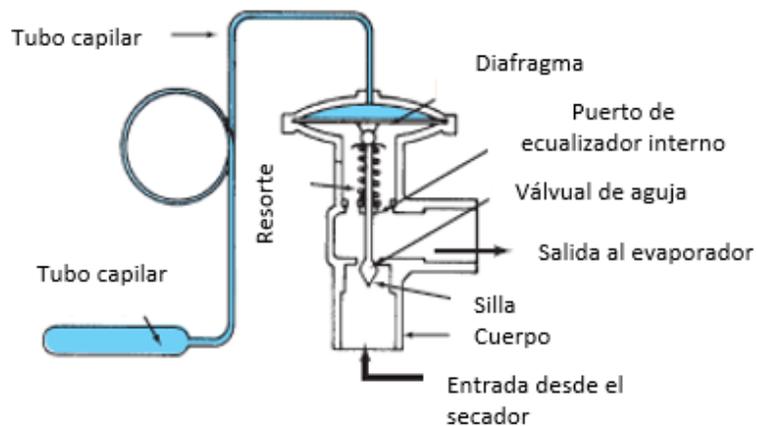


Figura 2.14 TXV y sus componentes internos [1].

2.4.4 Evaporador.

El evaporador como el condensador, es un intercambiador de calor, igualmente consiste en una serie de tubos en espiral con finas aletas [1,11,12].

El evaporador recibe el fluido en estado líquido a baja presión y temperatura proveniente de la TXV, que a su vez está recibiendo aire del exterior, esto hace el cambio de fase de líquido a gas, debido a que cede su temperatura a este aire, que a su vez es dirigido al interior de la cabina. En la Figura 2.15, se describe este proceso con sus temperaturas estimadas. Al salir del evaporador el fluido refrigerante se dirige al compresor, donde el proceso vuelve a iniciar nuevamente [1,11,12].

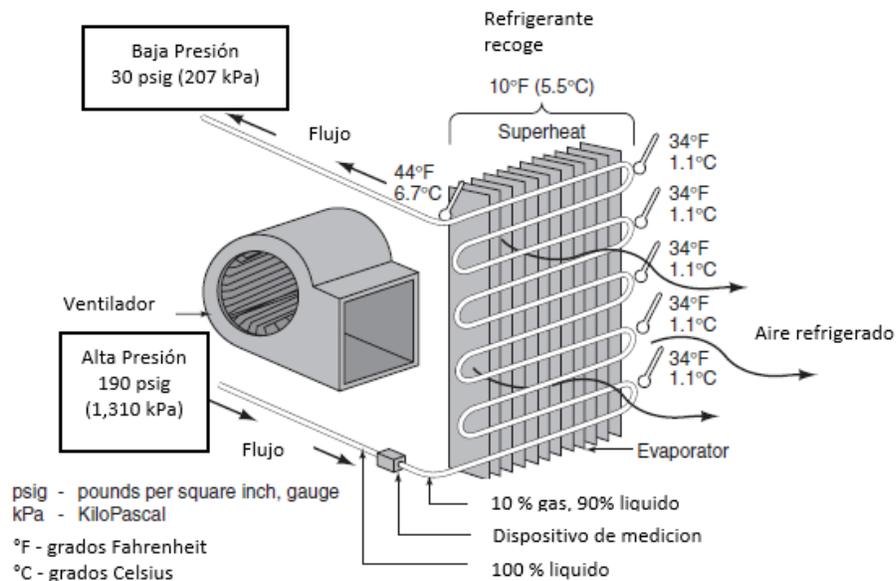


Figura 2.15 Evaporador con sus temperaturas estimadas dirigiendo el aire a la cabina del vehículo [1].

2.6 Distribución de aire dentro de la cabina.

Anteriormente ya se describieron las partes y funcionamiento de los dos subsistemas del sistema HVAC; calefacción y aire acondicionado, sin embargo, no sé a mencionado como llega el aire frio o caliente al interior de la cabina, esta labor es realizada por el módulo de HVAC, a continuación, se describe sus componentes y funcionamiento [12,13,14].

El módulo de HVAC es el componente que consiste en varias compuertas con servomotores para distribuir el aire hacia la cabina por medio de ductos internos, el ventilador de aire, así como el núcleo de calefacción y los evaporadores mencionados anteriormente se encuentra dentro de este ensamble, Además, en el módulo es donde se ubica el filtro de aire para la cabina, que es el encargado de detener cualesquiera partículas de polvo o agentes externos provenientes del exterior [12,13,14].

En las Figuras 2.16 y 2.17 se muestra un ejemplo de módulo de HVAC con sus principales partes. [12,13,14].

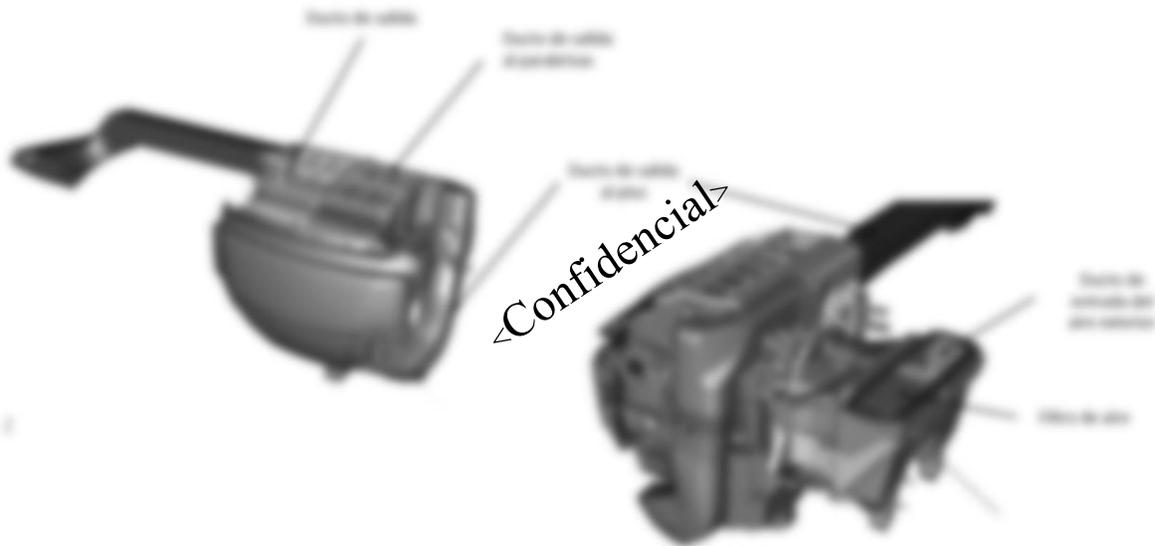


Figura 2.16 Ejemplo de Modulo HVAC [15].

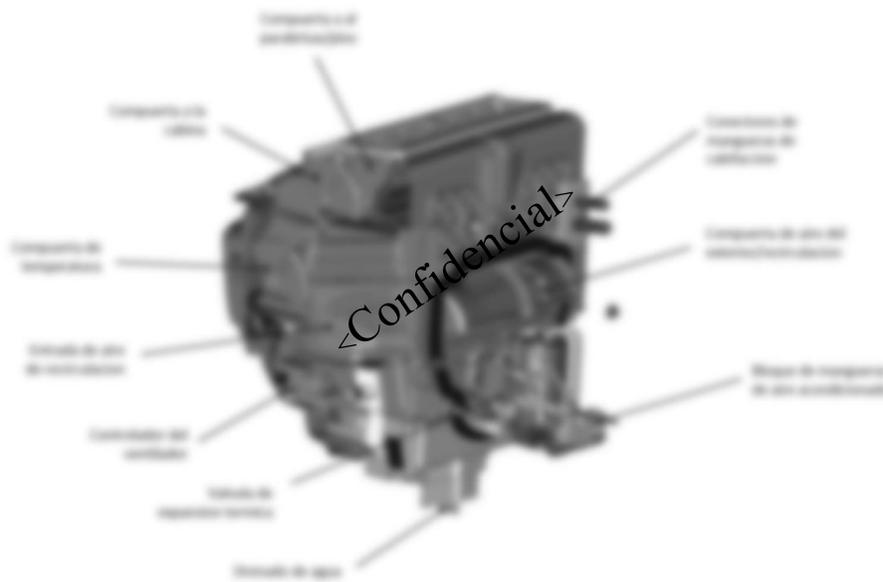


Figura 2.17 Detalle de componentes del módulo HVAC [15].

Para hacer la distribución de aire caliente o frío, las compuertas y servomotores dentro del módulo abren y cierran diferentes ductos dependiendo del modo deseado, a continuación, se describe cómo se distribuye el aire dentro del módulo para poder obtener este, ya sea caliente o frío hacia la cabina, empezando como sería la configuración para aire caliente [12,13,14].

Para poder obtener aire caliente dentro de la cabina, la compuerta de aire exterior/recirculación se abren, las (1) compuerta de temperatura junto con la (2) compuertas hacia la cabina se cierran, el aire del exterior succionado por el ventilador (3) primero pasa por el filtro de aire dentro del módulo, (1) continúa hacia el evaporador para remover la humedad del aire proveniente del exterior después es (3) enviado hacia el núcleo de calor para ser calentado y de ahí es pasado (4) hacia el interior de la cabina , normalmente ya en la cabina se direcciona ya sea al parabrisas para remover la humedad o la escarcha de este, o es dirigido hacia los pies del conductor o copiloto, en la Figura 2.18 se muestra el flujo de aire descrito anteriormente [12,13,14].

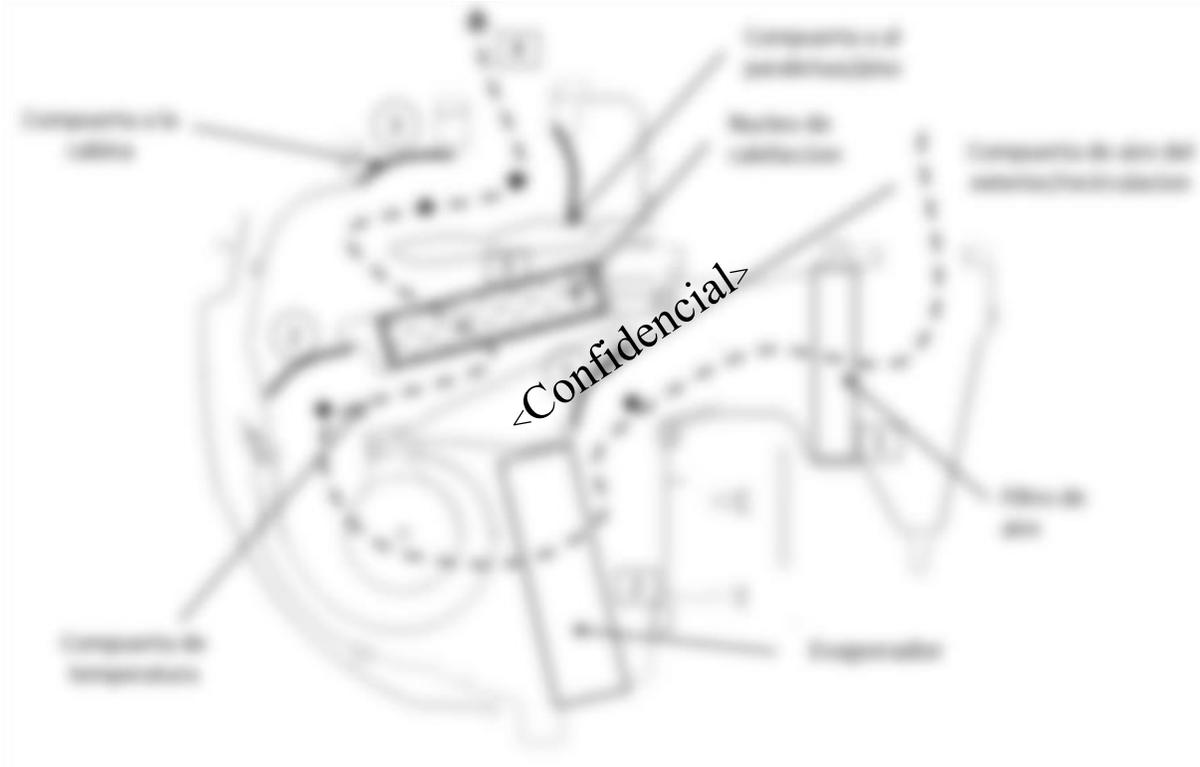


Figura 2.18 Configuración dentro del módulo para mandar aire caliente a la cabina [15].

Para aire frío es el mismo principio solo que las compuertas se invierten quedando de la siguiente manera, la compuerta de aire (1) exterior/recirculación se abren, las (2) compuertas hacia la cabina y la (3) compuerta de temperatura se abren, ahora el aire succionado por el ventilador que este es tomado desde el interior de la cabina por medio de (1) la compuerta de recirculación, el aire (2) es mandado hacia el evaporador, después es dirigido a los ductos que (3) van a dar hacia el interior de la cabina, en la Figura 2.19 se muestra el flujo de aire para conseguir aire frío dentro de la cabina. [12,13,14].

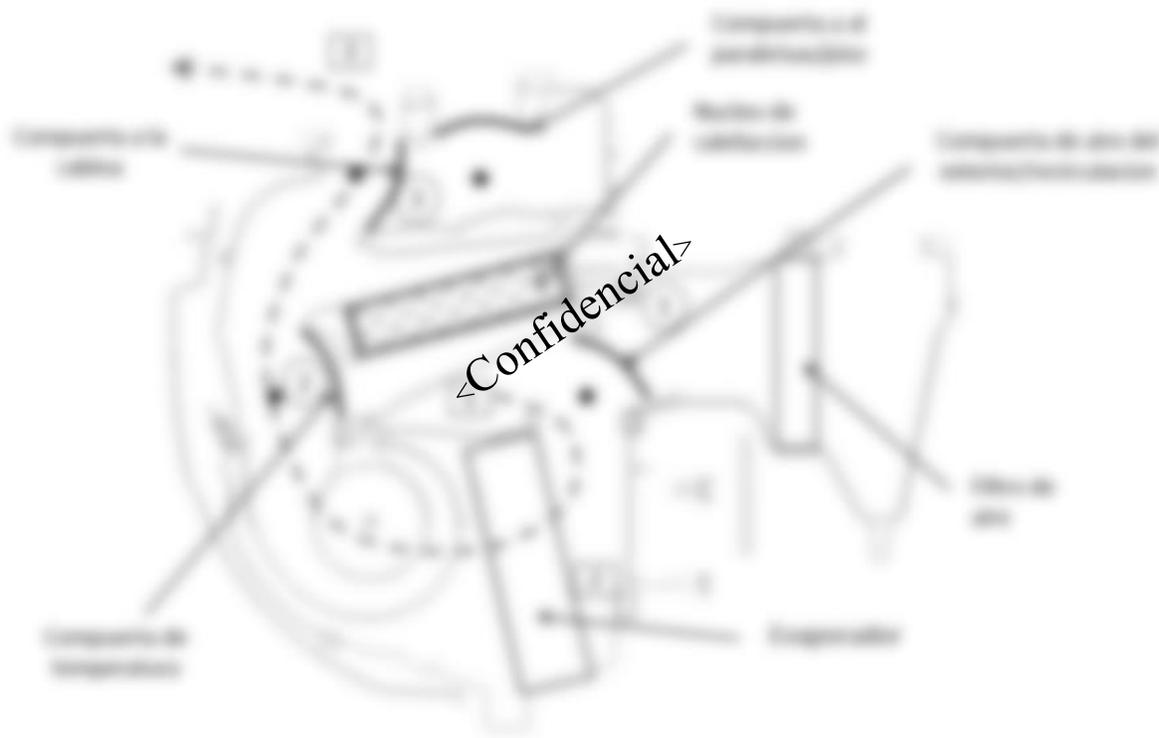


Figura 2.19 Configuración dentro del módulo para mandar aire frío a la cabina [15].

2.7 Fluidos de trabajo del sistema.

En las secciones anteriores se mencionó los componentes del sistema HVAC y sus funciones; sin embargo, estos componentes por sí solo no pueden calentar o enfriar la cabina, los encargados de traer estos cambios de energías son los fluidos del sistema. El sistema de calefacción utiliza un fluido llamado anticongelante. y para el sistema de aire acondicionado se usa el refrigerante. A continuación, se presentan sus características y especificaciones más relevantes [1].

2.7.1 Fluido del sistema de calefacción.

El anticongelante es el medio utilizado para transportar el calor del motor hacia el radiador, es considerado parte del sistema de enfriamiento automotriz y como se mencionó anteriormente el sistema de calefacción está conectado a este y toma “prestado” este anticongelante caliente para regular la cabina del vehículo [16,17,18].

El anticongelante se puede definir como una solución capaz de absorber y ceder rápidamente grandes cantidades de calor. El principal ingrediente del anticongelante es el etilenglicol ($C_2H_4[OH]_2$), el cual es combinado con una mezcla de agua (H_2O) en una ración de 50/50 que es lo normalmente recomendado para el buen funcionamiento del motor del vehículo. Hay que remarcar que el etilenglicol puede ser tóxico si es ingerido, ya que este se convierte en ácido oxálico ($COOH$)², el cual daña los riñones causando fallas renales, por lo cual este no debe dejarse al alcance de menores de edad [16,17,18]. Esta mezcla con agua debe ser lo suficiente para poder cumplir con las siguientes características:

- Bajar el punto de congelación del refrigerante
- Elevar el punto de ebullición del refrigerante.
- Ayudar a mantener la temperatura adecuada del motor
- Proporcionar lubricación de la bomba de agua.
- Inhibir el óxido y la corrosión.
- Permita que los sensores e interruptores sumergidos en refrigerante funcionen correctamente [16,17,18].

La mezcla de 50/50 de etilenglicol y agua, Figura 2.20, tiene un punto de congelación de $36.7^\circ C$ ($-34^\circ F$) y un punto de ebullición de $129.4^\circ C$ ($265^\circ F$) en un radiador con una tapa de 15 psi. Si el porcentaje de etilenglicol y agua es incrementado a una mezcla de 70/30 el punto de congelación bajaría a $-64.4^\circ C$ ($-84^\circ F$) y un punto de ebullición incrementaría a $135.6^\circ C$ ($276^\circ F$). Es no recomendable incrementar la mezcla más allá del 70% de etilenglicol. La propiedad de remover el calor del motor disminuye proporcional al incremento del etilenglicol de la mezcla [16,17,18].

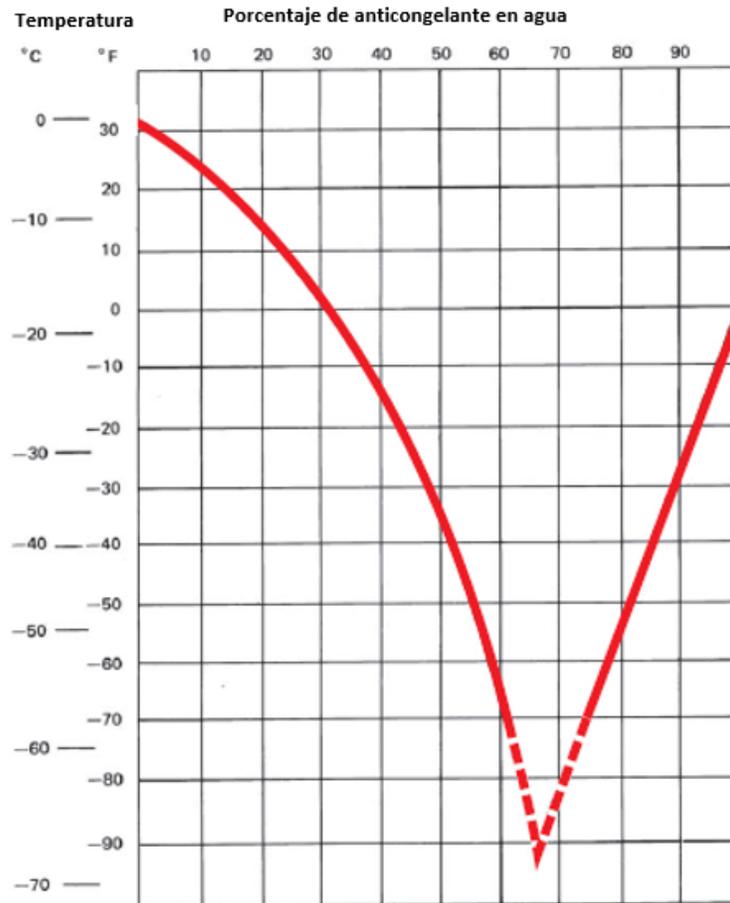


Figura 2.20 Gráfica de propiedades de porcentajes de anticongelante mezclado con agua
[16]

2.7.2 Fluido del sistema de aire acondicionado.

En el subsistema de aire acondicionado se usa el fluido refrigerante, por preferencia actualmente en la industria automotriz es el denominado R-134a. Este fluido lo podemos definir como una sustancia que se utiliza en los sistemas de aire acondicionado como agente de enfriamiento, absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia, esto mediante la absorción de calor por ebullición a baja temperatura y presión hasta condensarse a alta temperatura y presión [1,16,19]. La Tabla 2.2. enlista las propiedades que debe tener un buen refrigerante.

Tabla 2.2 Propiedades requeridas de un refrigerante [1,16,19].

	Propiedad	Características
Termodinámicas	Presión	Las presiones de operación deben de ser positivas
	Temperatura	Temperatura crítica por arriba de la temperatura de condensación. Temperatura de congelación por debajo de la temperatura del evaporador. Temperatura de ebullición baja.
	Volumen	Valor bajo de volumen específico en fase vapor, y un valor alto de volumen en fase líquida.
	Entalpia	Valor alto de calor latente de vaporización.
	Densidad	Debe ser elevada para requerir pequeñas dimensiones en las líneas líquido
Físicas y Químicas	No debe ser tóxico ni venenoso.	
	No debe ser explosivo ni inflamable.	
	No debe tener efecto sobre otros materiales.	
	Fácil de detectar cuando se fuga.	
	Debe ser miscible con el aceite.	
	No debe reaccionar con la humedad.	
	Debe ser un compuesto estable	

La tendencia entre la industria automotriz indica que el refrigerante preferido para ser el reemplazo del R134a es el R1234yf. Las marcas europeas automotrices desde 2011 tienen que cumplir con el límite de 150 GWP (por sus siglas del inglés para Global Warming Potential) para sus nuevos modelos, el R1234yf cumple cómodamente con este valor establecido en este requerimiento [16,20].

Sin embargo, es cierto que el R1234yf cumple con los requerimientos de GWP, pero en cuanto a otras propiedades termodinámicas del fluido este es inferior al R134a. Las diferencias más notables son la entalpia de vaporización, típicamente una presión de evaporación es 18% menos del R1234y comparándolo con el R134a, pero esto se compensa con una densidad de gas mayor [16,20].

El R1234yf tiene propiedades diferentes a las del R134a como se muestra en la Tabla 2.3 y la Figura 2.21. El punto de ebullición, punto crítico y densidad líquida y de vapor son similares. La

presión de vapor es ligeramente mayor a una temperatura de 25°C, y es menor a una temperatura de 60°C que puede producir una relación de compresión más baja [16,20].

Tabla 2.3 Comparativa de propiedades termodinámicas de refrigerante R1234yf vs R134a [20].

Propiedades	HFO-1234yf	HFC-134a
Punto de ebullicion, T_b	-29 °C	-26 °C
Punto critico, T_c	95 °C	102 °C
P_{vap} Mpa (25°C)	0.677	0.665
P_{vap} Mpa (80°C)	2.44	2.63
Densidad liquida, kg/m^3 (25°C)	1094	1207
Densidad Vapor, kg/m^3 (25°C)	37.6	32.4

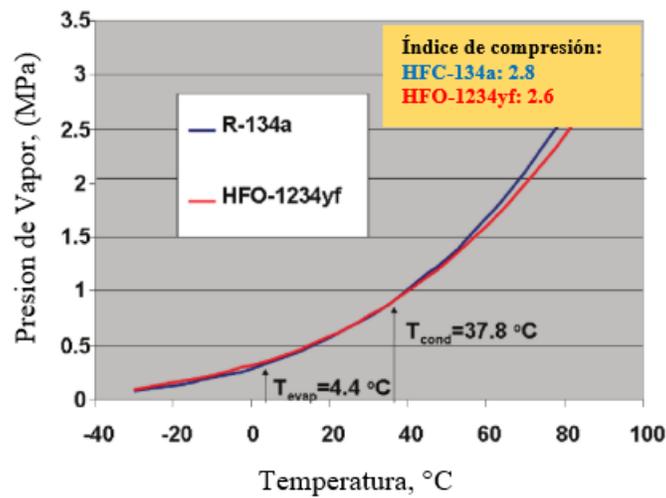


Figura 2.21 Vapor de presión R1234yf vs R134a [20].

CAPÍTULO 3. Diseño de componentes.

3.1 Introducción

El objetivo final de un diseño mecánico es obtener un producto útil que satisfaga las necesidades de un cliente, y además sea seguro, eficiente, confiable, económico y de manufactura práctica [21].

Es esencial que se conozca los deseos y expectativas de todos los clientes, antes de comenzar un diseño de un producto. Los profesionales de ventas se ocupan, con frecuencia, en conocer las expectativas del cliente; pero es probable que los diseñadores trabajen junto con ellos como parte de un equipo de desarrollo del producto [21,22].

Para determinar qué desea un cliente, existen muchos métodos. Con frecuencia se aplica un conocido como despliegue de la función de calidad (QFD, por sus siglas en inglés, Quality Function Deployment) y busca identificar todas las propiedades y los factores de funcionamiento que desean los clientes, y evaluar la importancia relativa de esos factores. El resultado del proceso QFD es un conjunto detallado de funciones y requisitos de diseño para el producto [21,22,23].

También es importante considerar cómo se ajusta el proceso de diseño en todas las funciones que deben cumplirse para que se entregue un producto con satisfacción al cliente, y para dar servicio al producto durante su ciclo de vida. De hecho, es importante considerar cómo se desechará el producto después de haber llegado a su vida útil. El total de esas funciones que afectan al producto se llama proceso de realización del producto o PRP. Algunos de los factores comprendidos en el PRP son [21,22,23]:

- Funciones de mercadotecnia para evaluar los requerimientos del cliente
- Investigación para determinar la tecnología disponible que puede usarse en forma razonable en el producto
- Disponibilidad de materiales y componentes que pueden incorporarse al producto
- Diseño y desarrollo del producto

- Prueba de funcionamiento
- Documentación del diseño
- Relaciones de vendedores y funciones de compradores
- Consideración de suministro global de materiales y de ventas globales
- Conocimientos de la fuerza de trabajo
- Planta e instalaciones físicas disponibles
- Capacidad de los sistemas de manufactura
- Sistemas de planeación de la producción y control de la producción
- Sistemas de apoyo a la producción y personal
- Requisitos de los sistemas de calidad
- Operación y mantenimiento de la planta física
- Sistemas de distribución para que los productos lleguen al cliente
- Operaciones y programas de ventas
- Objetivos de costo y demás asuntos de competencia
- Requisitos del servicio al cliente
- Problemas ambientales durante la fabricación, funcionamiento y disposición del producto
- Requisitos legales
- Disponibilidad de capital financiero.

Se debe considerar que el diseño de un producto sólo es una parte de un proceso detallado. Esta investigación se enfocará en el proceso de diseño, pero siempre debe considerar la facilidad de producción de sus diseños. Esta consideración simultánea del diseño del producto y el proceso de manufactura se llama ingeniería actual. Observe que este proceso es un subconjunto de la larga lista anterior del proceso de realización del producto [21,24,25].

Los ingenieros de producto y los diseñadores usan una amplia variedad de capacidades y conocimientos en sus tareas diarias, inclusive las siguientes [21,24,25]:

1. Trazado, dibujo técnico y diseño asistido por computadora

2. Propiedades de los materiales, procesamiento de materiales y procesos de manufactura
3. Aplicaciones de la química, como protección contra la corrosión, galvanoplastia y pintura
4. Estática, dinámica, resistencia de materiales, cinemática y mecanismos
5. Comunicación oral, atención, redacción técnica y trabajo en equipo
6. Mecánica de fluidos, termodinámica y transferencia de calor
7. Máquinas hidráulicas, los fundamentos de los fenómenos eléctricos y controles industriales
8. Diseño de experimentos y pruebas de funcionamiento de materiales y sistemas mecánicos
9. Creatividad, solución de problemas y gerencia de proyectos
10. Análisis de esfuerzos
11. Conocimientos especializados del comportamiento de elementos de máquinas, como engranes, transmisiones de bandas, transmisiones de cadenas, ejes, cojinetes, cuñas, acanaladuras, acoplamientos, sellos, resortes, uniones (atornilladas, remachadas, soldadas, adhesivas), motores eléctricos, dispositivos de movimiento lineal, embragues y frenos.

3.2 Selección de material.

Los procesos de selección de materiales requieren un entendimiento de las relaciones existentes entre los tipos de variables, como las propiedades del material, características de procesador y consideraciones de diseño [27,28,29].

Así mismo, la selección del material y el proceso de fabricación no pueden estar separados de otro elemento muy importante del diseño, la forma de la pieza. Por último, no hay que olvidar otra variable de gran importancia, la función que debe cumplir dicha pieza, en la Figura 3.1 se ilustra estas interacciones y sus variables [27,28,29].

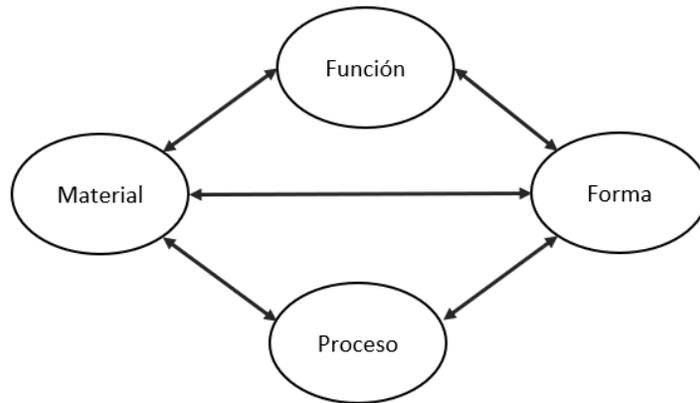


Figura 3.1 Interacción entre las distintas variables en la selección de materiales [27].

A la hora de diseñar se tiene que estar tomando en cuenta constantemente las decisiones en cuanto al material que será utilizado para la pieza, salvo ciertas ocasiones no es suficiente indicar que sería “acero” o “plástico”, sino se debe indicar el material específico a utilizar, así como su estado de tratamiento. A continuación, se dan algunos factores generales a considerar en la selección de materiales [27,28,29]:

- Requerimientos funcionales y restricciones
- Propiedades del material
- Consideraciones del proceso de fabricación
- Diseño de la pieza
- Materiales alternativos
- Corrosión y degradación
- Costo

Uno de los casos habituales a la hora de seleccionar el material, es basarse en la experiencia acumulada dentro de la empresa, esta forma es útil y muy efectiva, pero no es una justificación en el proceso de selección del material. Siempre hay que estar al tanto de las constantes innovaciones en los materiales, así como sus procesos de fabricación. Tomar esta decisión en función de lo “que sea ha hecho siempre”, puede producir una pérdida de ventaja competitiva [27,28,29].

3.2.1 Propiedades del material.

La viabilidad de un material dependiendo de la aplicación se puede expresar en función de sus propiedades. Estas propiedades son el punto de unión entre la estructura y composición del material con sus presentaciones en servicio [27,28,30].

Las propiedades de los materiales se pueden encontrar en un gran número de normas, recopilaciones, bases de datos, etc., pero estas fuentes de información no son una herramienta sin un análisis adecuado para su selección dependiendo de la aplicación. En la Tabla 3.1 se listan las propiedades más importantes para tener en cuenta en los procesos de selección [27,28,30].

Tabla 3.1 Factores de influencia en la selección de materiales [27].

Tipo	Propiedad	Unidades
General	Costo	$\$/kg$
	Densidad	kg/m^3
Mecánicas	Módulo de elasticidad	GPa
	Límite elástico	MPa
	Tenacidad a la fractura	MPa
	Límite de fatiga	MPa
Térmicas	Conductividad térmica	W/mK
	Calor específico	J/kgK
	Punto de fusión	K
	Temperatura de transición vítrea	K
	Coefficiente de dilatación térmica	K^{-1}
Degradación	Velocidad de corrosión	$mm/año$

Una herramienta muy útil a la hora de selección de materiales son los mapas de propiedades de desarrollados por el profesor Ashby (Universidad de Cambridge). Estos mapas proporcionan una información en forma de gráficos de barras, mostrando el rango de valor de una propiedad (Figura 3.2 y 3.3), También se puede graficar una combinación de propiedades, por ejemplo, módulo de elasticidad frente a densidad, donde se muestra el rango de en forma de área de influencia para un material dado [27,28,30].

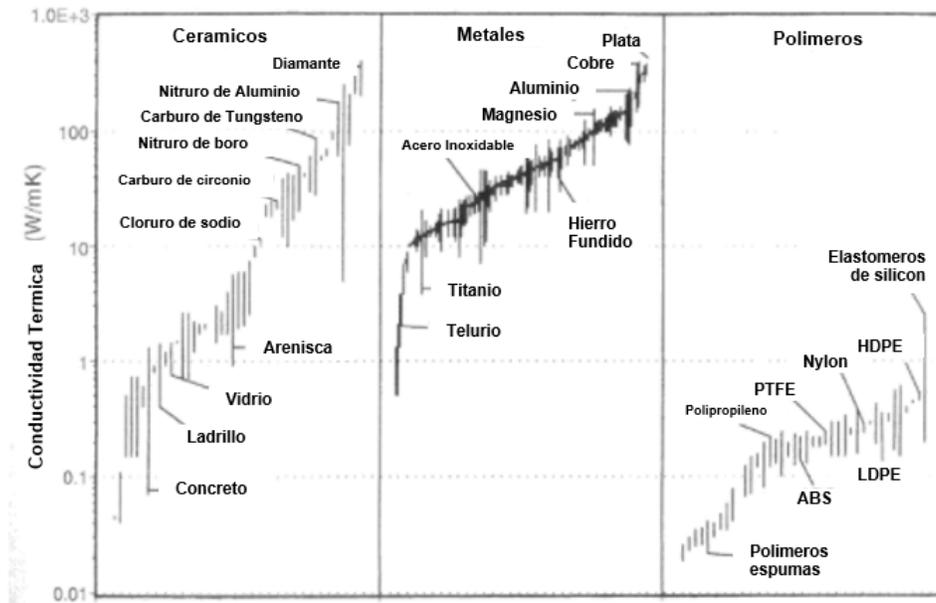


Figura 3.2 Gráfico de barras mostrando el rango de conductividad térmicas [30].

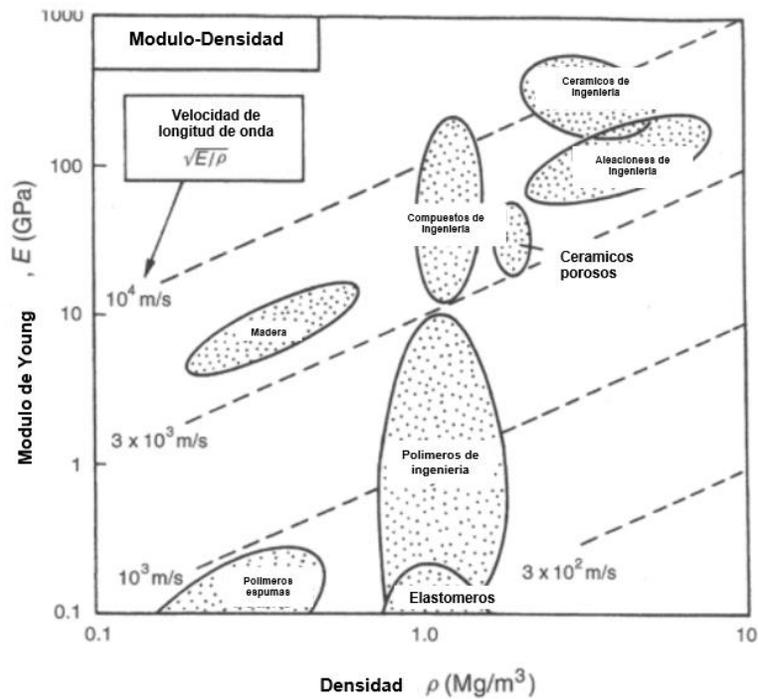


Figura 3.3 Gráfico de propiedades de material según metodología de Ashby [30].

3.3 Mejora de geometría.

En las secciones anteriores se mencionó la importancia de identificar con cuidado las necesidades, las expectativas del cliente e importancia de la selección del material, antes de comenzar a realizar un diseño mecánico [27,28,29].

El siguiente paso es formular las definiciones claras y completas de las funciones, los parámetros de diseño y los criterios de evaluación:

- a) Las **funciones** indican lo que debe hacer el dispositivo, mediante afirmaciones generales no cuantitativas, donde se usen frases de acción tales como soportar una carga, subir una caja, transmitir potencia o mantener unidos dos miembros estructurales [21,31,32].
- b) Los **parámetros de diseño** son declaraciones detalladas, en general cuantitativas, de los valores esperados de funcionamiento, condiciones ambientales en las que debe trabajar el dispositivo, las limitaciones de espacio o peso o materiales y componentes disponibles que pueden usarse [21,31,32].
- c) Los **criterios de evaluación** son características cualitativas deseables en un diseño, que ayudan a que el diseñador decida qué opción de diseño es la óptima; esto es, el diseño que maximice las ventajas y minimice las desventajas [21,31,32].

Juntos, estos elementos pueden llamarse especificaciones para el diseño. La mayor parte de los diseños pasan por un ciclo de actividades, tal como se muestra en la Figura 3.4. En el caso típico, se deben proponer más de un concepto de diseño posible como alternativas. Es ahí donde se plantea la creatividad para producir diseños verdaderamente novedosos. Cada concepto debe satisfacer las funciones y los requisitos del diseño. Debe hacerse una evaluación crítica completa de las propiedades deseables, las ventajas y las desventajas de cada concepto de diseño, para decidir qué concepto de diseño es el óptimo y, en consecuencia, viable para producir [21,31,32].

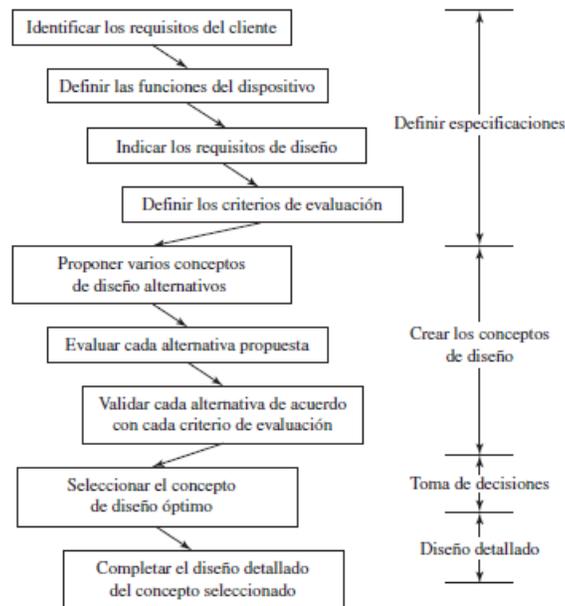


Figura 3.4 Pasos en el proceso de diseño [21].

El cuadro final del diagrama de flujo del diseño es el diseño detallado, y el enfoque principal de esta investigación se dirige hacia esa parte del proceso general de diseño [21,32,33].

Los criterios de evaluación deben ser preparados por todos los miembros de un equipo de desarrollo de producto, para asegurar que se incluyan los intereses de todas las partes implicadas. Con frecuencia se asignan factores de ponderación a los criterios, para reflejar su importancia relativa. El criterio principal debe ser siempre la seguridad. Los distintos conceptos de diseño pueden tener varios grados de seguridad inherentes, además de cumplir con los requisitos de seguridad que aparecen en la lista de requisitos de diseño. Diseñadores e ingenieros son responsables, legalmente, si una persona se lesiona a causa de un error de diseño. Se debe considerar cualquier uso previsible del dispositivo, y garantizar la seguridad de quienes lo operen o puedan acercarse a él. Además, es prioridad alcanzar un alto desempeño general. Ciertos conceptos de diseño pueden tener propiedades deseables que otros no tengan. Los demás criterios deben reflejar las necesidades especiales de un determinado proyecto. La siguiente lista describe ejemplos de criterios posibles para la evaluación de un diseño [21,32,33]:

1. Seguridad (la seguridad relativa antes que todo requisito mencionado)

2. Desempeño (el grado donde el concepto de diseño supera los requisitos)
3. Facilidad de manufactura
4. Facilidad de servicio o de reemplazo de componentes
5. Facilidad de operación
6. Bajo costo inicial
7. Bajos costos de operación y mantenimiento
8. Tamaño y peso ligero
9. Silencioso y con poca vibración; funcionamiento suave
10. Usar materiales y componentes de fácil compra
11. Uso prudente de partes de diseño único y de componentes disponibles en el mercado
12. Apariencia atractiva y adecuada a la aplicación

3.4 Tolerancias.

Un dibujo de ingeniería es un documento que comunica una descripción precisa de una parte. Esta descripción consiste en imágenes, palabras, números y símbolo. Juntos, estos elementos comunican la información de la parte a todos los usuarios que tiene acceso a estos dibujos. Los dibujos de ingeniería incluyen [34,35,36]:

- Geometría (forma, tamaño y figura de la parte).
- Relaciones funcionales críticas.
- Tolerancias permitidas.
- Material, tratamiento térmico, acabados.
- Información de la parte (número de parte, revisión del dibujo).

Un dibujo de ingeniería es una herramienta de comunicación, Estos dibujos necesitan se comunicados con precisión y correctos. Un error en un dibujo puede significar un costo elevado a una organización. Si un error no se detecta en el departamento de diseño y se descubre en la fabricación, puede impactar miles de dólares para arreglar el error, este gasto puede incluir en pérdidas de material, tiempo de maquina y el tiempo del operador [34,35,36].

Adicional, si una parte con un error es fabricada y llega a producción, ahora el costo del error se eleva debido a que ahora se incluye el costo de los procesos adicionales para documentar el porque del error, esto puede incluir costos del herramental, costos de desperdicio del material [34,35,36].

Dibujos con errores pueden causar costos a una organización en cuatro formas [34,36,37]:

1. Dinero.
2. Tiempo.
3. Material.
4. Clientes no satisfechos

3.3.1 Dimensionado de un dibujo.

Una dimensión es un valor numérico expresado en unidades de medida, usado para definir el tamaño, la locación, la orientación, la forma o algunas otras características de la parte [34,36,37].

Una tolerancia es la cantidad total que se permite que las características de la pieza varíen de la dimensión especificada. la tolerancia es la diferencia entre los límites máximo y mínimo [34,36,37].

3.3.2 Tipos de tolerancia.

Los dos métodos comunes usados para especificar una tolerancia son dimensiones de limite y dimensiones de mayor-menor [34,36,37].

Tolerancia de limite, es cuando una dimensión tiene sus límites alto y bajo establecidos. En una tolerancia límite, el valor máximo se coloca en la parte superior y el valor mínimo se coloca en la parte inferior. La Figura 3.5 muestra un ejemplo de tolerancia de limite. El valor máximo para este ejemplo es 12.5. el límite mínimo para este ejemplo es 12.0. La tolerancia para esta dimensión es la cantidad total de la variación permitida entre $12.5 - 12.0 = 0.5$. cuando la tolerancia de limite se expresan en una sola línea, el límite bajo se indica primero, luego un guion, seguido por el límite alto [34,36,37].

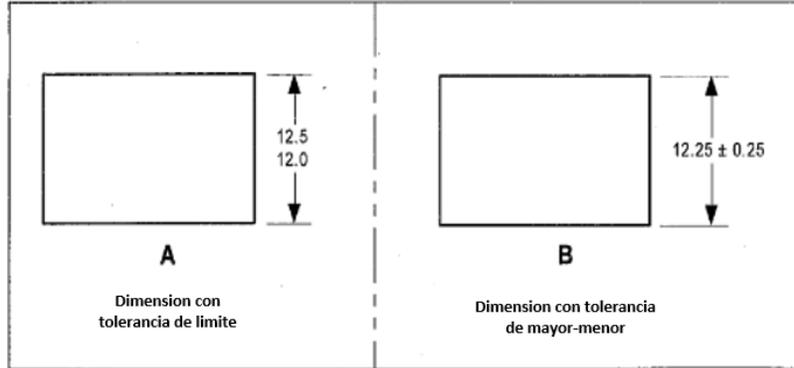


Figura 3.5 Ejemplo de tolerancia de limite [34].

Una tolerancia de dimensiones mayor-menor se representa en diferentes formas. Una tolerancia bilateral es la que permite que las dimensiones pueden variar en dirección de ya sea mayor o menor. Una tolerancia bilateral igual es cuando la variación permitida del valor nominal es la misma en ambas direcciones.

Una tolerancia unilateral es cuando la variación permitida sobre el valor objetivo es solo en una dirección y la otra dirección permanece en cero; mientras que una tolerancia bilateral desigual es cuando la variación permitida sobre el valor objetivo ambas variaciones son diferentes en ambas direcciones, la Figura 3.6 muestra un ejemplo de estos tipos de tolerancias.

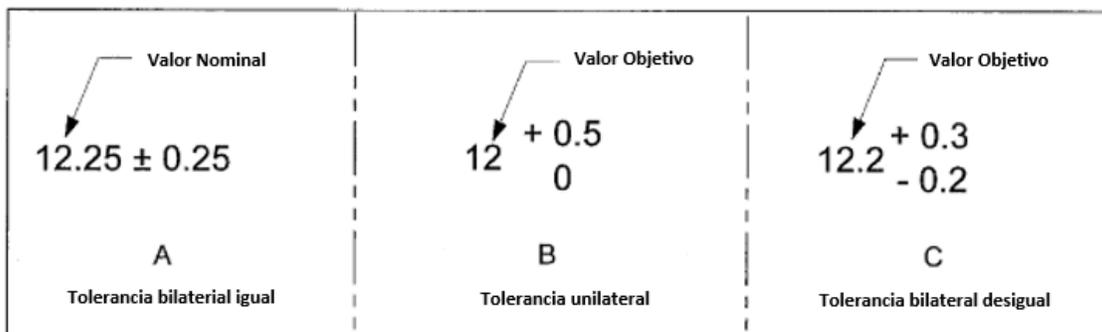


Figura 3.6 Ejemplo de tolerancia bilateral igual, unilateral y bilateral desigual [34].

CAPÍTULO 4. Desarrollo Experimental.

A continuación, se presenta el desarrollo experimental utilizado en este proyecto, el primer paso fue identificar el problema de raíz ya que se quiso investigar más a fondo por qué el problema de instalación se presentaba solo con un tipo de abrazadera y no con el otro. Lo segundo realizado fue hacer la validación de parámetros mediante cálculos matemáticos, para poder identificar la mejor solución posible. Posteriormente se hicieron los cambios de optimización del ensamble empezando por el conector, adicionalmente se agregaron marcas de alineación a las mangueras, y al final se realizó una selección de material para las mangueras. El último paso de la metodología fue realizar las pruebas físicas experimentales, para validar que las consideraciones de optimización en el ensamble cumplieran su función y que el ensamble estuviera libre de fugas.

4.1 Identificación del problema.

Como ya se mencionó con anterioridad, con la finalidad de agilizar el proceso de instalación en la línea de producción, ya que en algunas ocasiones se tenían dificultades para poder realizar la instalación de las abrazaderas en las mangueras, tomando aproximadamente un minuto para poder instalar cada abrazadera. Esto considerando que el sistema de calefacción tiene 12 conexiones con abrazadera en promedio y que el costo de paro en línea es estimado en \$360 (USD) el minuto, esto se puede traducir que se tenía un costo adicional estimado de \$4,320 (USD) por unidad, teniendo en cuenta que el número de unidades estimadas por turno en un día es de 30 unidades, se puede considerar que el costo adicional por día era \$129,600 (USD) por este problema de instalación en las mangueras. Considerando lo anterior el primer paso de la investigación se centró sobre las mangueras, el cual se presenta a continuación los hallazgos de esta primera parte de la investigación.

4.2 Selección de material de la manguera.

El primer paso dentro del análisis de mejora y estandarización se realizó en las mangueras debido a que estas son la principal interface de contacto con el operador, estas son de tipo preformadas por lo cual se descartó algún mal corte que se pueda realizar en el proceso que estuviera haciendo complicaciones en la instalación, estas mangueras son de denominación grado A, al consultar las dimensiones con proveedor de estas (Tabla 4.1) y analizar las muestras físicas se comprobó, que todo estaba dentro de las especificaciones solicitadas.

Durante el proceso de investigación de las mangueras se descubrió que el material A es aplicación para mangueras con sistemas de alta presión de flujo, debido a que este material es de los preferidos dentro de la industria se decidió investigar un material con las mismas características más acorde a las condiciones del sistema actual, así que mediante un estudio de referencia en cuanto a las especificaciones del motor se analizó si estas mangueras seguían siendo óptimas para el sistema de HVAC.

Tabla 4.1 Material A dimensiones y tolerancia para manguera preformada.

Manguera Grado A											
Medida	Diámetro actual interno		Tolerancia Diámetro interno		Diámetro exterior de referencia		Espesor		Tolerancia del espesor		Presión
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	
1	15.1	0.595	0.5	0.02	25	0.98	4.95	0.195	0.8	0.031	2.24 (326)
2	18.4	0.724	0.5	0.02	28.3	1.11	4.95	0.195	0.8	0.031	2.24 (326)

Los resultados del estudio de referencia del motor dieron como conclusión que las presiones promedio del sistema de HVAC, son menores a las presiones máxima que soportan este material A, por lo cual, tomando la referencia de las dimensiones de la tabla anterior, se pudo corroborar que hay un área de oportunidad de mejora debido a que estas están excedidas para esta aplicación, por lo tanto, el paso siguiente fue buscar un material que fuera óptimo para el sistema.

4.3 Cálculos teóricos de sellado.

Para poder identificar la causa raíz del problema del ensamble se utilizaron los parámetros de diseño en la tabla 4.2, estos son los parámetros recomendados a considerar en un ensamble de este tipo según el estándar de la SAE J1697 [38].

Tabla 4.2 Parámetros de diseño conexión de manguera con conector [38].

Parámetros de Diseño		Relación
Tamaño de la abrazadera y Operación	D24	Diam Int Abrazadera Abierta > Max Diam Ext Manguera sobre Diam Ext Conector
	D25	Diam Int Abrazadera Cerrada < Min Diam Ext Manguera sobre Diam Ext Conector
	D26	Max Espesor Abrazadera < Min Largo de Área de Abrazadera
	D28	Interacción de Manguera con Conector: Diam Int de manguera con el Diam Ext del conector debe interferir en los extremos de tolerancia como mínimo 0.1 mm a como máximo 1.5 mm

La intención del diseño de conexión de manguera con abrazadera, en primer lugar, debe tener una condición de interferencia (0,1 - 1,5 mm) entre el diámetro interno de la manguera y diámetro externo del conector. (esta condición debe mantenerse para asegurar la capacidad de sellado). En segundo lugar, para permitir que la abrazadera de tensión constante aplique una presión de sujeción adecuada a la unión de la manguera después de la instalación [38].

Todas las aplicaciones deben tener un análisis de dimensiones que se muestra el diseño para un diámetro máximo y mínimo sobre el conector. La abrazadera debe abrirse lo suficiente para instalar sobre el diámetro máximo de la manguera y el conector, y cerrar 2 mm menos que el cálculo mínimo sobre el conector [38].

Si una abrazadera en particular tiene un rango de trabajo limitado y no puede satisfacer ambos extremos, se debe seleccionar otra abrazadera o una abrazadera más grande. Si el rango de trabajo de la abrazadera no mejora, elija el tamaño de abrazadera más pequeño para asegurar la integridad del sellado de la unión [38].

Máxima apertura de abrazadera sobre el conector:

$$\sqrt{\text{Max Diam Ext manguera}^2 - \text{Min Diam Int manguera}^2 + \text{Max Diam Ext conector}^2} \quad (3.1)$$

Mínima apertura de abrazadera dentro del conector:

$$\sqrt{\text{Min Diam Ext manguera}^2 - \text{Max Diam Int manguera}^2 + \text{Min Diam Ext conector}^2} \quad (3.2)$$

En los ensambles de conexión de manguera y abrazaderas se deben considerar los siguientes parámetros para tener el mejor ajuste posible [38].

$$\text{Max Diam Ext Manguera} = (\text{Diam Conector} + \text{Tol}) + 2 * (\text{Espesor Manguera} + \text{Tol}) \quad (3.3)$$

$$\text{Nom Diam Ext Manguera} = \text{Diam Ext Conector} + 2 * (\text{Espesor Manguera}) \quad (3.4)$$

$$\text{Min Diam Ext Manguera} = (\text{Diam Ext Conector} - \text{Tol}) + 2 * (\text{Espesor Manguera} - \text{Tol}) \quad (3.5)$$

$$\text{Diam Ext Conector} > \text{Diam Int Manguera} \text{ (Para proporcionar un ajuste de interferencia)} \quad (3.6)$$

$$\text{Max Diam Ext Manguera} < \text{Abrazadera Totalmente Abierto (Para poder colocar la abrazadera mientras es ajustada)} \quad (3.7)$$

$$\text{Min Diam Ext Manguera} > \text{Abrazadera Cerrado (Para asegurar correcta fuerza de cerrado)} \quad (3.8)$$

Estos cálculos teóricos primero se validaron para el ensamble con las abrazaderas tipo muelle para poder identificar posibles áreas de oportunidad para mejora, este análisis se realizó para mangueras y conector para las medidas más comunes de abrazadera que normalmente se utilizan para vehículos pesados en el sistema de HVAC. Para poder realizar estos cálculos se necesitaron de la información de dimensiones de las mangueras, mostradas en la Tabla 4.1, en las imágenes 4.1 y 4.2 para referencia de las dimensiones del conector y la Tabla 4.3 para las abrazaderas tipo muelle mostradas a continuación.

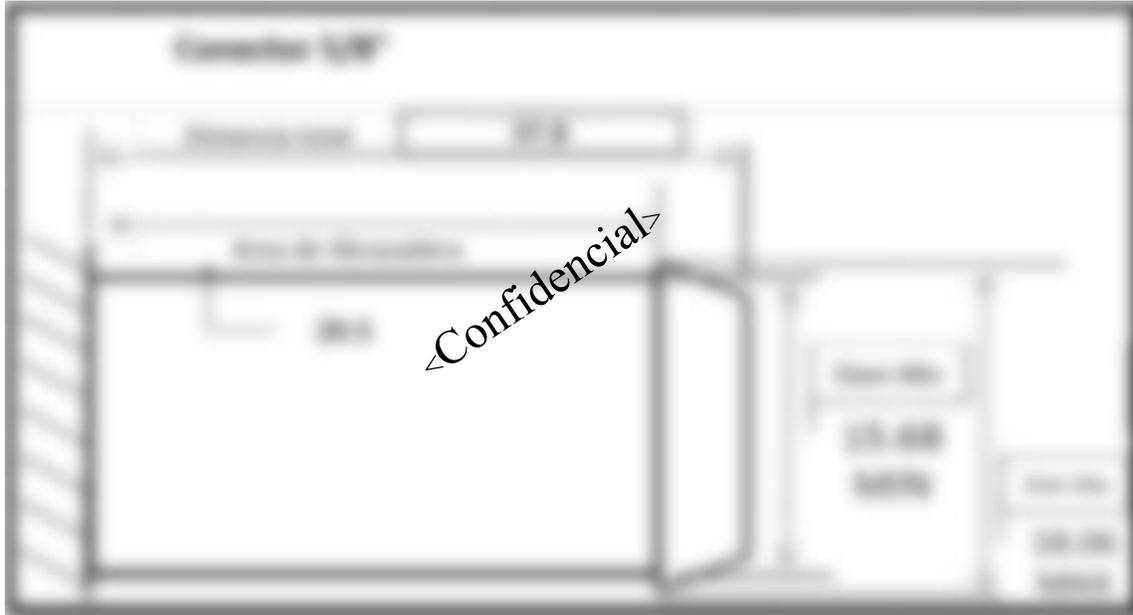


Figura 4.1 Dimensiones del conector de medida 1.

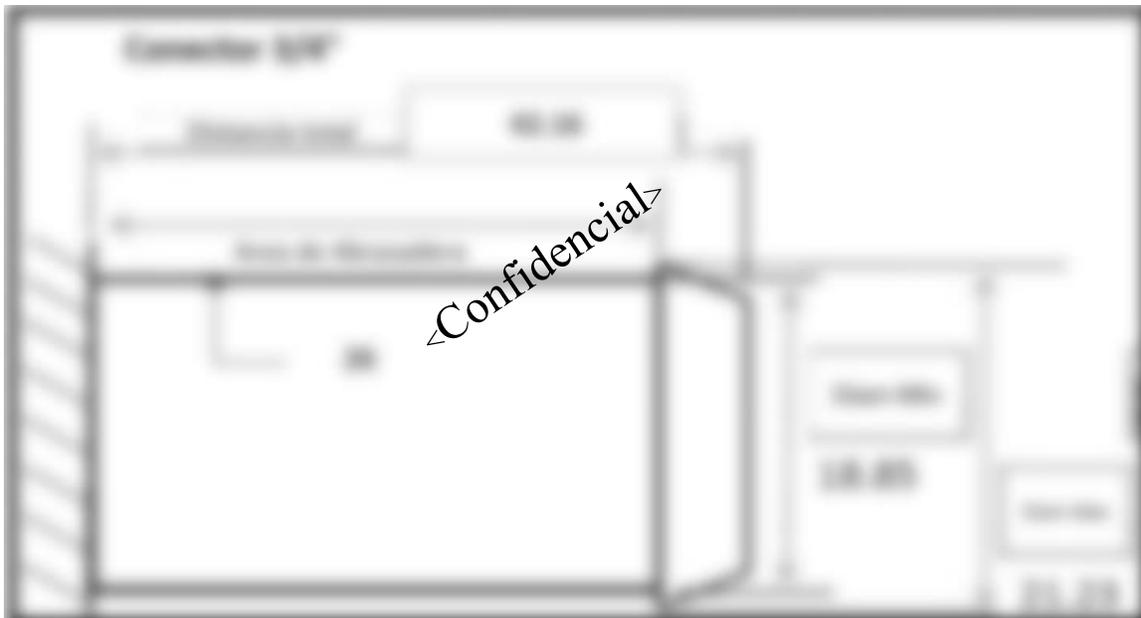


Figura 4.2 Dimensiones del conector de medida 2.

Tabla 4.3 Parámetros de las abrazaderas tipo muelle.

Medida	Medida Cerrada (mm)	Completamente Abierto (mm)	Espesor (mm)
1	22.0	26.0	15.0 ± 0.3
2	25.2	30.2	15.0 ± 0.3

a) Validación de parámetros de diseño para abrazadera tipo muelle, manguera material A y conector para mangueras de medida 1 y 2

A continuación, en las tablas 4.4 y 4.5 se presentan los resultados obtenidos los parámetros de diseño de la tabla 4.2 y las ecuaciones 3.1 a 3.8 recomendados por la SAE para conexión de mangueras y conectores de medida 1 y 2 con abrazaderas tipo muelle.

Tabla 4.4 Validación de parámetros para ensamble de conexiones de medida 1

Parámetros de Diseño		Abrazadera de medida 1 sobre manguera de medida 1 con material A y conector		
Tamaño de la abrazadera y Operación	D24	Diam Int Abrazadera Abierta		Max Diam Ext Manguera sobre Diam Ext Conector
		26	>	$18.06 + ((4.95 + 0.8) * 2) = \mathbf{29.56}$
	D25	Diam Int Abrazadera Cerrada		Min Diam Ext Manguera sobre Diam Ext Conector
		22	<	$18.06 + ((4.95 - 0.8) * 2) = \mathbf{26.36}$
	D26	Max Espesor Abrazadera		Min Largo de Área de Abrazadera
		15.3	<	20.5
	D28	Diam Int de manguera con el Diam Ext del conector debe interferir en los extremos de tolerancia como mínimo 0.1 mm a como máximo 1.5 mm		
		0.5867	[0.1mm - > 1.5mm]	0.9832

Tabla 4.5 Validación de parámetros para ensamble de conexiones de medida 2

Parámetros de Diseño		Abrazadera de medida 2 sobre manguera de medida 2 con material A y conector		
Tamaño de la abrazadera y Operación	D24	Diam Int Abrazadera Abierta		Max Diam Ext Manguera sobre Diam Ext Conector
		30.2	>	$21.13+(4.95+0.8)*2 = \mathbf{32.63}$
	D25	Diam Int Abrazadera Cerrada		Min Diam Ext Manguera sobre Diam Ext Conector
		25.2	<	$21.13+(4.95-0.8)*2 = \mathbf{29.43}$
	D26	Max Espesor Abrazadera		Min Largo de Área de Abrazadera
		15.3	<	22
	D28	Diam Int de manguera con el Diam Ext del conector debe interferir en los extremos de tolerancia como mínimo 0.1 mm a como máximo 1.5 mm		
		0.4468	[0.1mm - > 1.5mm]	0.8532

De las validaciones anteriores son de mucha ayuda ya que se pudo identificar dos áreas de oportunidad de mejora en el ensamble con abrazadera tipo muelle.

La primera mejora se identifica en el parámetro D24, la abrazadera totalmente abierta debe ser mayor al diámetro exterior de la manguera sobre el conector, al no cumplirse esto esta sería una de las posibles razones por lo cual el operario demora mucho en la instalación de este ensamble.

En cuanto al parámetro D26 si cumple con el parámetro, pero cumple con muy poca variación entre las mediciones, debido a esto se decidió considerarse como problema ya que tener muy poca variación entre estos parámetros pueden representar que la abrazadera sea colocada en mala posición y esto impida un sellado correcto de las mangueras.

Con los resultados y observaciones anteriores sobre las abrazaderas tipo muelle, se generó la duda, ¿Por qué las abrazaderas de tensión constante no tienen el mismo problema para la instalación? Bajo esta cuestión se realizó el mismo ejercicio para analizar los parámetros, pero ahora con las abrazaderas de tipo constante, se utilizaron los mismos parámetros para las mangueras de la tabla 4.1, las imágenes 4.4 y 4.5 para el conector, lo único que cambia son los

parámetros de la abrazadera los cuales se muestran en la tabla 4.6 para abrazaderas de tensión constante.

Tabla 4.6 Parámetros de las abrazaderas tipo tensión constante

Medida	Medida Cerrada (mm)	Completamente Abierto (mm)	Espesor (mm)
1	14	27	15
2	24	32	15

b) Validación de parámetros de diseño para abrazadera tipo torque constante, manguera material A y conector mangueras de medida 1 y 2

En las tablas 4.7 y 4.8 se presentan los resultados obtenidos los parámetros de diseño de la tabla 3.3 y las ecuaciones 3.1 a 3.8 recomendados por la SAE para conexión de mangueras y conectores de medida 1 y 2 con abrazaderas tipo muelle.

Tabla 4.7 Validación de parámetros para ensamble de conexiones de medida 1 con abrazaderas de tensión constante

Parámetros de Diseño		Abrazadera de medida 1 sobre manguera de medida 1 con material A y conector		
Tamaño de la abrazadera y Operación	D24	Diam Int Abrazadera Abierta		Max Diam Ext Manguera sobre Diam Ext Conector
		27	>	$18.06 + ((4.95 + 0.8) * 2) = \mathbf{29.56}$
	D25	Diam Int Abrazadera Cerrada		Min Diam Ext Manguera sobre Diam Ext Conector
		14	<	$18.06 + ((4.95 - 0.8) * 2) = \mathbf{26.36}$
	D26	Max Espesor Abrazadera		Min Largo de Área de Abrazadera
		15	<	20.5
	D28	Diam Int de manguera con el Diam Ext del conector debe interferir en los extremos de tolerancia como mínimo 0.1 mm a como máximo 1.5 mm		
		0.5867	[0.1mm - > 1.5mm]	0.9832

Tabla 4.8 Validación de parámetros para ensamble de conexiones de medida 2 con abrazaderas de tensión constante

Parámetros de Diseño		Abrazadera de medida 2 sobre manguera de medida 2 con material A y conector		
Tamaño de la abrazadera y Operación	D24	Diam Int Abrazadera Abierta		Max Diam Ext Manguera sobre Diam Ext Conector
		32	>	$21.13+(4.95+0.8)*2 = \mathbf{32.63}$
	D25	Diam Int Abrazadera Cerrada		Min Diam Ext Manguera sobre Diam Ext Conector
		24	<	$21.13+(4.95-0.8)*2 = \mathbf{29.43}$
	D26	Max Espesor Abrazadera		Min Largo de Área de Abrazadera
		15	<	22
	D28	Diam Int de manguera con el Diam Ext del conector debe interferir en los extremos de tolerancia como mínimo 0.1 mm a como máximo 1.5 mm		
		0.4468	[0.1mm - > 1.5mm]	0.8532

Como se puede apreciar en los cálculos anteriores aun con las abrazaderas de tensión constante el sellado no es óptimo, sin embargo, debido a que la variación es menor grado, esto permitía que el ensamble pudiera ser instalado aun con dificultades, pero sin tanta complicación como con las abrazaderas tipo muelle.

4.4 Optimización de geometría del conector.

En base en los resultados de los cálculos anteriores se pudo identificar las causas principales por las cuales el ensamble tenía dificultades para realizar la instalación, en base a estos el siguiente paso a realizar fue analizar el conector que se estaba utilizando.

Al revisar los conectores se descubrieron algunas puntos para mejorar, se observó que el dibujo de la parte no presentaba un dimensionado óptimo y preciso para la función requerida, Figura 4.3, este tenía referencia a un numero de parte de catálogo de proveedor, sin embargo para reducir cualquier variabilidad y controlar mejor los requerimientos, Figura 4.4, se decido actualizar el dibujo con un GD&T más completo para mantener la calidad de estas partes y que todo este acorde a las especificaciones necesarias esto incluyen sus respectivos modos 3D

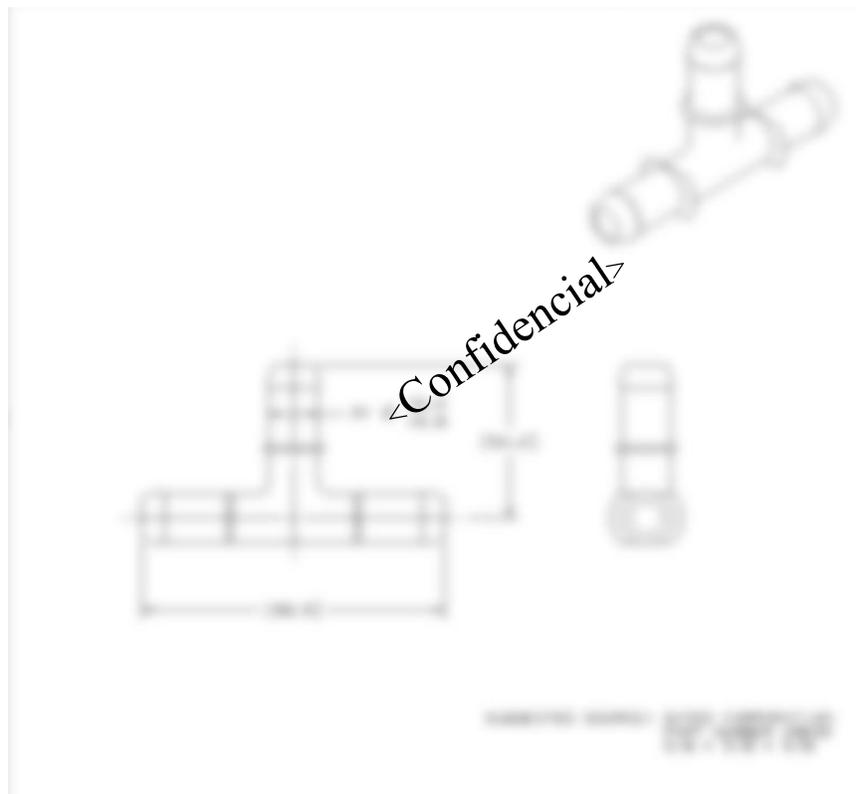


Figura 4.3 Dibujo del conector con referencia al número de parte de catálogo de proveedor.



Figura 4.4 Conector de medida 1 de granel usado en el ensamble.

La primera observación que se puede apreciar al ver la parte del conector física es que la distancia del espacio para la abrazadera es muy corta, a pesar de que esta dentro de los parámetros como corroboramos anteriormente, aun así, debido a que esta una distancia muy pequeña puede presentarse que la abrazadera fuera colocada incorrectamente, es por esto el cual también se consideró un problema a resolver.

4.5 Mejora de marcas de alineación.

Otro punto que se decidió modificar del ensamble fue poner marcas de alineación en las mangueras, esto con la intención de poder hacer la instalación del ensamble lo más ágil posible, se consideraron marcas de alineación en las mangueras, esto para poder dar una ayuda visual al operador sobre la posición donde debe de ir la abrazadera, esto también ayuda al ensamble ya que, si la abrazadera es instalada más adelante o atrás de donde es debido, esta podría quedar sobre los bordes del conector y esto puede generar riesgos de fuga debido a un incorrecto sellado, estas marcas normalmente son puestas con pintura en las mangueras directamente de proveedor. Las dimensiones de estas marcas se muestran a continuación en la Figura 4.5.

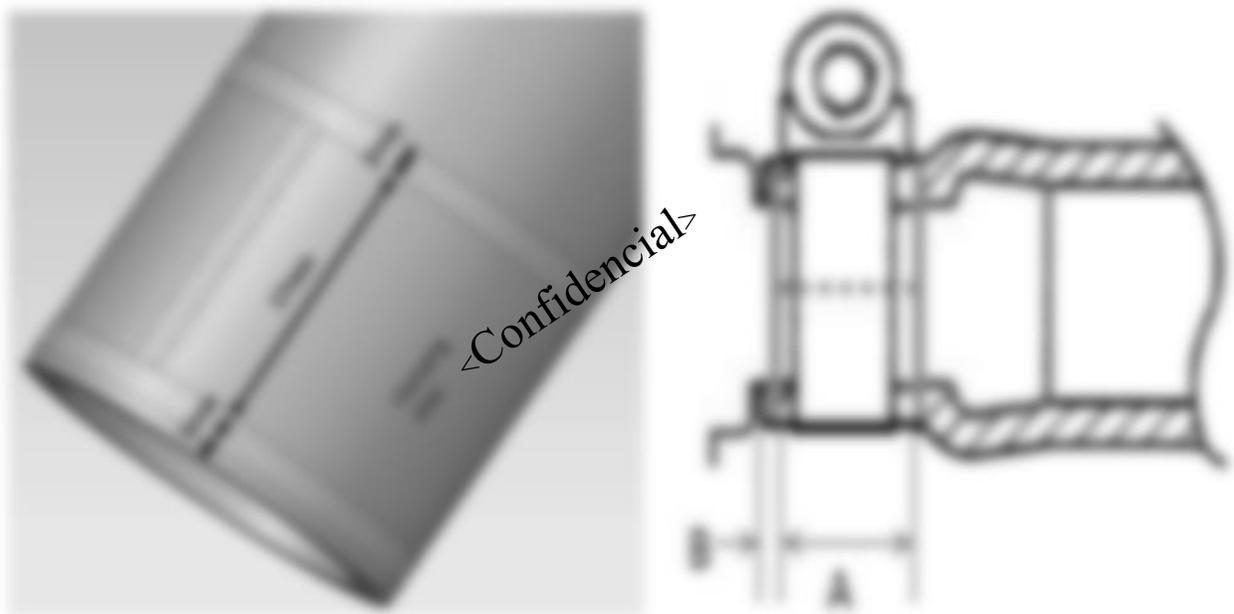


Figura 4.5 La línea azul representa la marca “I” en la manguera donde se alineará la abrazadera.

4.6 Pruebas físicas.

Para la parte experimental se realizó una prueba física mediante un Thermotron (Figura 4.6), una cámara donde se pueden controlar diferentes temperaturas y humedades dependiendo de lo deseado analizar. Para los parámetros utilizados en la prueba se utilizaron los recomendados por los establecidos en la norma SAE J1610, estos se describen a continuación.

La prueba consiste en dos procesos en el cual las muestras se instalan el banco de trabajo (Figura 4.7) como si fuera el ensamble en el vehículo pesado, por el cual se suministrará una mezcla de glycol y agua en porción de 50/50 a diferentes condiciones y diferente tiempo, mediante el cual se estará monitoreando cualquier condición no deseada o algún factor inesperado, las condiciones a las que se somete la prueba se presentan en la tabla 4.9 a continuación.



Figura 4.6 Thermotron cámara de control de temperatura y humedad.



Figura 4.7 Muestra instaladas listas para empezar la prueba.

Tabla 4.9 Parámetros de Temperatura, Tiempo y Presión para la prueba de validación de sellado para ensambles de conexión de mangueras y abrazaderas

	Temp (°C)	Tiempo (hr)	Presión (psi)
Incremento	121	0.5	Presión ciclada
Constante	121	1	Presión ciclada
Incremento	-40	1	Sin presión
Constante	-40	4.5	Sin presión
Constante	-40	1	Presión ciclada

Estos parámetros se realizan en dos ciclos, el primero con vibración y flujo de fluido, el segundo se presenta sin vibración, ni flujo, después se realiza el reporte de pruebas con todas las observaciones y/o comentarios que se detectaron durante la prueba.

CAPÍTULO 5. Resultados.

En el presente capítulo se muestran, las decisiones tomadas respecto al cambio de material de las mangueras, además de los resultados obtenidos de la optimización de los componentes, así como sus respectivos análisis matemáticos como los realizados en el capítulo anterior, ya utilizando los parámetros con las mejoras realizadas al ensamble, por último, se muestran los resultados de las pruebas con estos cambios en el ensamble.

5.1 Resultados selección de materiales.

Como se mencionó en el capítulo anterior, uno de los primeros pasos realizados fue analizar las mangueras, al analizar estas se descubrió que el material utilizado era para mangueras de sistemas de alta presión, las cuales soportaban hasta 350 PSI y para el material A, en el sistema HVAC utilizado las presiones promedio están muy por debajo de estas presiones, por lo cual había oportunidad de mejora en este aspecto, se decidió buscar una alternativa que fuera más ideal para el sistema.

Durante esta investigación se encontró el sustituto ideal, las cuales eran el material B, este material es para aplicaciones de hasta 250 PSI, como ya se mencionó anteriormente, para el sistema de HVAC aun estaría por encima de requerimiento, pero se decidió dejarlo como margen de seguridad, para posibles cambios en el sistema que pudiera requerir una presión más elevada, uno de los puntos favorables por los cuales se decidió este material B fue su espesor, que es 0.95 mm menor que al material A, el resto de los parámetros se presentan a continuación en la tabla 5.1, esto implica que a la hora de los cálculos ayudó principalmente con el parámetro D24, que era el que principalmente tenía área de mejora. y además un menor espesor ayudar a que la abrazadera pueda deformar más fácil la manguera con la intención de poder tener un sellado óptimo.

Tabla 5.1 Material B dimensiones y tolerancia para manguera preformada

Manguera Grado material B											
Medida	Diámetro actual interno		Tolerancia Diámetro interno		Diámetro exterior de referencia		Espesor		Tolerancia del espesor		Presión
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	
1	15.1	0.595	0.5	0.02	23.1	0.909	4.05	0.158	0.8	0.031	1.72 (250)
2	18.4	0.724	0.5	0.02	26.5	1.04	4.05	0.159	0.8	0.031	1.72 (250)

5.2 Resultados diseño del conector

En cuanto al conector, se realizaron las modificaciones al dibujo para poder comunicar exactamente lo que se requería para la función, mediante una optimización del dimensionado del dibujo para poder representar de forma clara y precisa, como se requiere que fuera el conector, los resultados de estos cambios al dibujo se presentan a continuación en la Figura 5.1

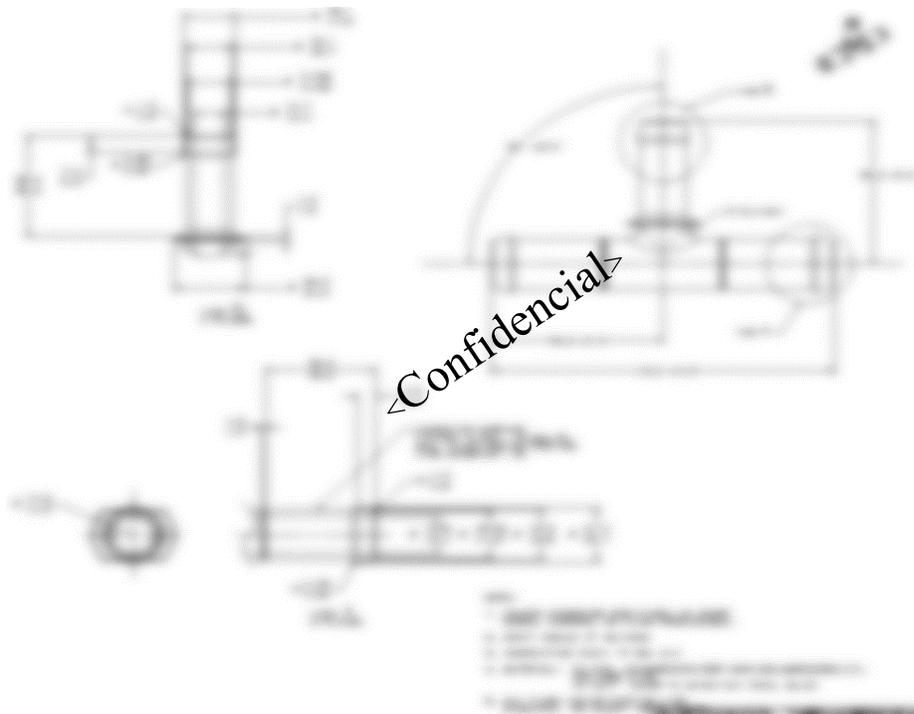


Figura 5.1 Dibujo de conector con medidas optimizado

Uno de los principales cambios realizados fue sobre el borde mayor del conector, se ajustó lo necesario para que diera la medida máxima para poder aprobar el requerimiento de D24 de los cálculos de los parámetros de diseño y a su vez tuviera la altura necesaria para que al momento de poner la manguera y la abrazadera esta última hiciera la fuerza necesaria para deformar la manguera de material B impidiendo que esta pudiera salirse mediante fuerza a tensión hacia los extremos del conector. Las nuevas medidas de esta se presentan en las imágenes 5.2 y 5.3, para referencia en los próximos cálculos de parámetros.

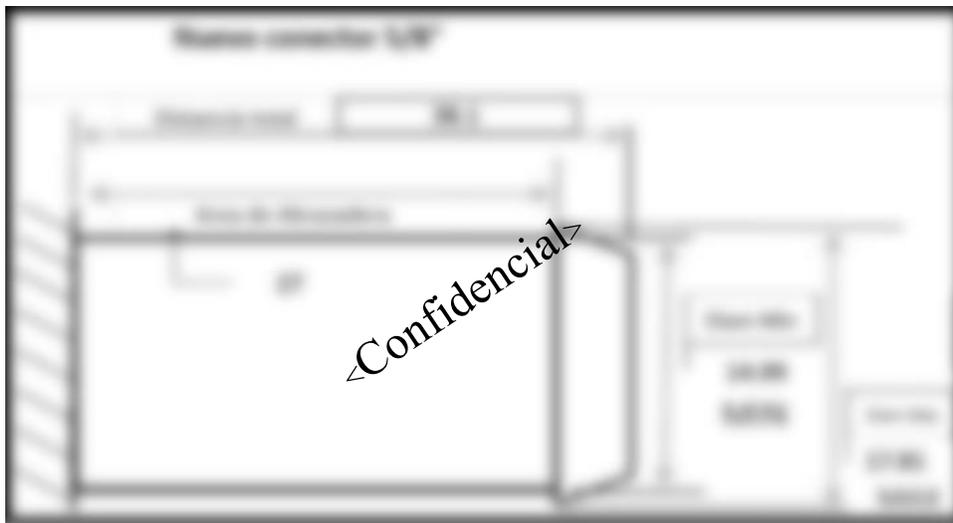


Figura 5.2 Dimensiones del nuevo conector de medida 1.

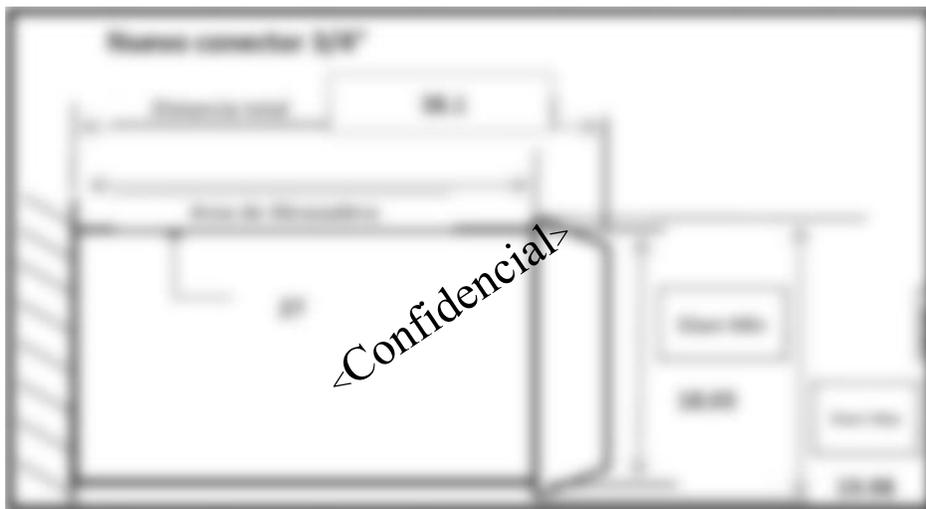


Figura 5.3 Dimensiones del nuevo conector de medida 2.

Otro de los cambios más significativos, fue el aumento en el área de la abrazadera, esto como ya se mencionó anteriormente con la intención de que sea más fácil poner la abrazadera en su lugar correcto y además ayudado con las marcas de alineación puestas a las mangueras. En la Figura 5.4 se ve un ejemplo de la parte física, ya con las dimensiones claras y precisas de lo que se requiere para la aplicación.



Figura 5.4 Conector de medida 1 en físico ya con medidas optimizado.

5.3 Resultados cálculos teóricos.

Con los cambios mencionados para el material de las mangueras y las dimensiones del conector, a continuación, se presenta los resultados de los cálculos teóricos para la validación de sellado según las recomendaciones de la SAE, nuevamente se utilizaron los parámetros de la tabla 3.3 y las ecuaciones 3.1 a 3.8, para las medidas de la manguera se usó la tabla 5.1, para el conector se usaron las nuevas medidas mostradas en las Figuras 5.2 y 5.3 para el conector de medidas 1 y 2 respectivamente, la validación de estos parámetros solo se realizó para las abrazaderas tipo muelle, debido a como se mencionó en el principio de este proyecto la intención era poder utilizar estas en todos los ensamble, debido a que su costo es menor que las abrazaderas de tensión constante, estos resultados se muestran a continuación en las Tablas 5.2 y 5.3.

Tabla 5.2 Resultados con los nuevos parámetros para ensamble de conexiones de medida 1

Parámetros de Diseño		Abrazadera de medida 1 sobre manguera de medida 1 con material B y conector				
Tamaño de la abrazadera y Operación	D24	Diam Int Abrazadera Abierta		Max Diam Ext Manguera sobre Diam Ext Conector	Pasa	
		26	>	$17.81+(4.05+0.8)*2 = 27.51$		
	D25	Diam Int Abrazadera Cerrada		Min Diam Ext Manguera sobre Diam Ext Conector	Pasa	
		22	<	$17.81+(4.05-0.8)*2 = 24.31$		
	D26	Max Espesor Abrazadera		Min Largo de Área de Abrazadera	Pasa	
		15.3	<	27		
	D28	Diam Int de manguera con el Diam Ext del conector debe interferir en los extremos de tolerancia como mínimo 0.1 mm a como máximo 1.5 mm				Pasa
		0.5867	[0.1mm - > 1.5mm]	0.9832		

Tabla 5.3 Resultados con los nuevos parámetros para ensamble de conexiones de medida 2

Parámetros de Diseño		Abrazadera de medida 2 sobre manguera de medida 2 con material B y conector				
Tamaño de la abrazadera y Operación	D24	Diam Int Abrazadera Abierta		Max Diam Ext Manguera sobre Diam Ext Conector	Pasa	
		30.2	>	$19.98+(4.05+0.8)*2 = 29.68$		
	D25	Diam Int Abrazadera Cerrada		Min Diam Ext Manguera sobre Diam Ext Conector	Pasa	
		25.2	<	$19.98+(4.05-0.8)*2 = 26.48$		
	D26	Max Espesor Abrazadera		Min Largo de Área de Abrazadera	Pasa	
		15.3	<	27		
	D28	Diam Int de manguera con el Diam Ext del conector debe interferir en los extremos de tolerancia como mínimo 0.1 mm a como máximo 1.5 mm				Pasa
		0.4468	[0.1mm - > 1.5mm]	0.8532		

Como se puede apreciar en los resultados anteriores el ensamble mejora y se puede considerar que el sellado es óptimo, con esta evidencia se pudo validar que las mejoras en los componentes eran las adecuadas, el último paso para poder considerar que se había cumplido el objetivo era validarlo mediante la prueba física.

5.4 Resultados prueba física.

Con la evidencia de la validación de los cálculos de los parámetros dio solidez y una confianza extra para la realización de la prueba física, para estas se realizaron con doce muestras combinadas entre ensambles de medida 1, muestras de medida 2 y muestras con conectores anterior, los resultados en forma de reporte se muestran en el anexo A, en forma de reporte.

Cabe señalar que alguna información fue omitida por ser considera confidencial por el fabricante de vehículos pesados donde se realizó esta investigación, ya que puede repercutir en una pérdida de ventaja competitiva. Se considera que se obtuvo un índice de maduración tecnológica TLR 8, ya que el ensamble propuesto esta completo y fue evaluado a través de pruebas y demostraciones.

CAPÍTULO 6. Conclusiones y Recomendaciones.

De acuerdo con los resultados obtenidos y comparando estos con los objetivos de esta investigación, se puede concluir lo siguiente.

El desarrollo del estado del arte mostró la manera de como dividir los componentes dentro del sistema, además ayudo para entender cómo funciona todo el sistema entre sí y sus interacciones, esto estableció el punto de partida inicial para analizar el problema en cuestión, con la intención de poder crear un plan de contención y a su vez una forma de solucionar este problema.

Mediante un modelo matemático se pudo validar de donde se tenía mayor área de oportunidad de mejora en el ensamble, además de poder identificar las mejoras optimas sin comprometer el funcionamiento del sistema, junto con este modelo se pudo confirmar la viabilidad de sellado para este tipo de conexiones de manguera y conectores en el sistema de HVAC.

Una vez identificado las áreas a mejorar, la optimización y selección del material para las mangueras, se logró el objetivo de poder eliminar este cuello de botella en el proceso de ensamble del modelo y a su vez se redujo a su máxima probabilidad posible los riesgos de fugas en estas conexiones, que a su vez se traduce en el ahorro de \$69,000 (USD) anuales estimados debido a contramedidas realizadas.

Las pruebas físicas fueron un excelente soporte con lo que se dio validez a que los cambios realizados fueron los más adecuados, a su vez elimino las dificultades que el ensamble tenía anteriormente para su instalación, y dándole una mayor solidez al modelo en sí, pero sobre todo al sistema de HVAC.

Debido a todo el proceso realizado en esta investigación desde inicio hasta fin, esta se documentó y registró para futuras referencia, como una metodología para aplicarse en caso de problemas similares, lo que es muy probable debido a los cambiantes requerimientos automotrices sobre la aplicación en estos sistemas.

CAPITULO 7 Bibliografía

- [1] S. Bennett y I. A. Norman, Heavy-Duty Heating, Ventilation and Air Conditioning Systems, Clifton Park, NY, USA: Delmar, 2010.
- [2] M. Schnubel, Automotive Heating & Air Conditioning, Boston, MA, USA: Cengage Learning, 2017.
- [3] J. Wagner y K. VanGelder, Automotive Heating, Ventilation and Air Conditioning, Burlington, MA, USA: Jones & Bartlett learning, 2019.
- [4] J. F. Kreider, Handbook of Heating, Ventilation and Air Conditioning,, Boca Raton, USA: CRC Press, 2001.
- [5] M. Schnubel, Todays Technician Automotive Heating & Air Conditioning Classroom Manual and Shop Manual, Boston, MA, USA: Cengage Learning, 2017.
- [6] M. Stubblefield y J. H. Haynes, Automotive Heating & Air Conditioning Systems Manual, California, USA: Haynes Publications, 2000.
- [7] N. Krolkiewicz, Coolant Hose Material, Parts and Process Specifications, -, USA: <Confidencial> Internal, 2020.
- [8] Mundial de tornillos, «Mundial de tornillos,» Mundial de tornillos, 2020. [En línea]. Available: www.mundialdetornillos.com/todo-lo-que-debe-saber-sobre-las-abrazaderas.
- [9] Oetiker, «Oetiker,» Oetiker, 2020. [En línea]. Available: www.oetiker.com/en/About-Us/History.
- [10] Ingeniería Mecafenix, «Ingeniería Mecafenix,» Ingeniería Mecafenix, 2020. [En línea]. Available: www.ingmecafenix.com/otros/tipos-abrazaderas/#:~:text=Una%20abrazadera%20es%20un%20dispositivo,presi%C3%B3n%20necesaria%20sobre%20el%20cilindro.
- [11] S. Daly, Automotive Air Conditioning and Climate Control Systems, Oxford, UK: ELSEVIER, 2066.
- [12] A. Kargilis, Design and Development of Automotive HVAC Systems, Michigan, USA: ALKAR Engineering, 2008.
- [13] Q. Zhang y S. E. L. K. Deng, Automotive Air Conditioning Optimization, Control and Diagnosis, Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2016.
- [14] J. Erjavec, Automotive technology a systems approach, Clifton Park, NY, USA: Cengage Learning, 2009.
- [15] <Confidencial> Internal.
- [16] R. T. Bohacz, Engine Cooling Systems HP1425: Cooling System Theory, New York, NY, USA: HPBooks, 2007.
- [17] D. A. Crolla, Automotive Engineering, Powertrain, chassis system and vehicle body, Oxford, UK: ELSEVIER, 2009.
- [18] W. H. Crouse y D. L. Anglin, Aire Acondicionado en el automóvil, New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1998.
- [19] VALYCONTROL, El MANUAL TECNICO VALYCONTROL, Guadalajara, Jalisco, Mx: VALYCONTROL, 2008.
- [20] Institution of Mechanical Engineers, Vehicle thermal Management Systems Proceedings, Cambridge, UK: Woodhead Publishing, 2011.
- [21] R. L. Mott, Diseño de Elemento de Maquinas, Naucalpan de Juárez, Edo. de México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V, 2006.
- [22] J. Bird y C. Ross, Mechanical Engineering Principles, NY, USA: Routledge, 2015.
- [23] P. R. N. Childs, Mechanical Design Engineering Handbook, Oxford, UK: ELSEVIER, 2019.
- [24] J. P. Davim, Introduction to Mechanical Engineering, Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2018.
- [25] M. Clifford, K. Simmons y P. Shipway, Introduction to mechanical engineering Part 1, Abingdon, UK: Hodder Education, 2009.
- [26] M. Clifford, K. Simmons y P. Shipway, Introduction to mechanical engineering Part 2, Abingdon, UK: Hodder Education, 2009.
- [27] J. Rodríguez, L. Castro y d. R. C. Juan, Procesos industriales para materiales metálicos., Madrid, España: Vision Libros, 2012.
- [28] D. Ullman, The Mechanical Design Process, New York, NY, USA: McGraw Hill, 2010.
- [29] J. P. Davim, Desing of Experimetns in Production Engineering, Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2016.
- [30] M. F. Ashby, Materials Selection in Mechanical Design, Oxford, UK: ELSEVIER, 2016.
- [31] P. D. Rufre, Fundamentals of Manufacturing, Michigan, USA: Society of Manufacturing Engineers, 2013.

- [32] S. Vinodh, K. Jayakrishna y K. E. K. Vimal, *Modern Mechanical Engineering: Research, Development and Education*, Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2014.
- [33] M. Kurtz, *Handbook of Material Selection*, New York, NY, USA: John Wiley & Sons, Inc, 2002.
- [34] A. Krulikowski, *Geometric Dimensioning and Tolerance Self-Study Workbook*, Livonia, MI: Effective Training Inc, 2017.
- [35] D. E. Puncoschar y K. Evans, *Interpretation of Geometric Dimensioning and Tolerancing*, New York, NY, USA: Industrial Press, 2011.
- [36] A. Krulikowski, *Fundamentals of Geometric Dimensioning and Tolerancing*, Clifton Park, NY, USA: Cengage Learning, 2012.
- [37] B. R. Fisher, *Mechanical Tolerance Stackup and Analysis*, Boca Raton, USA: CRC Press, 2011.
- [38] SAE International, «SURFACE VEHICLE RECOMMENDED PRACTICE, J1697,» SAE, 2013.

Anexo A

REPORTE FINAL

TEMA:

Reevaluar la prueba anterior (WRTs 19-87691 Fallo) agregando en serie el conector tipo “T” anterior para las muestras de medida 1 y 2

OBJETIVO:

Evaluar la posibilidad de utilizar las abrazaderas tipo muelle en las conexiones de las mangueras para el sistema de HVAC

CONCLUSIONES:

Las muestras con el conector anterior presentaron fugas al tercer ciclo, debido a esto la prueba tuvo que detenerse, sin embargo, las muestras con el conector nuevo no presentar indicios de fugas.

RECOMENDACIONES:

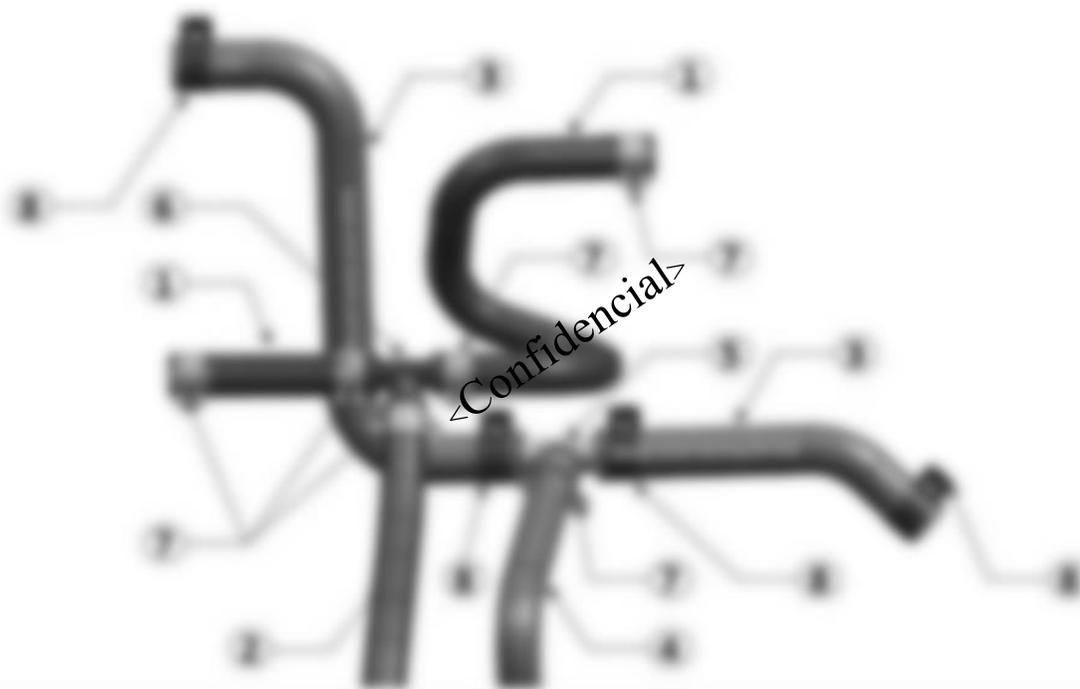
Se recomienda realizar otra prueba con menor cantidad de muestra para poder analizar la máxima capacidad del ensamble con el nuevo conector.

ANTECEDENTES/COMENTARIOS:

El número WRTs 19-87691 muestras a detalle los antecedentes de esta prueba.

MATERIAL/PARTES/VEHICULO/MOTOR:

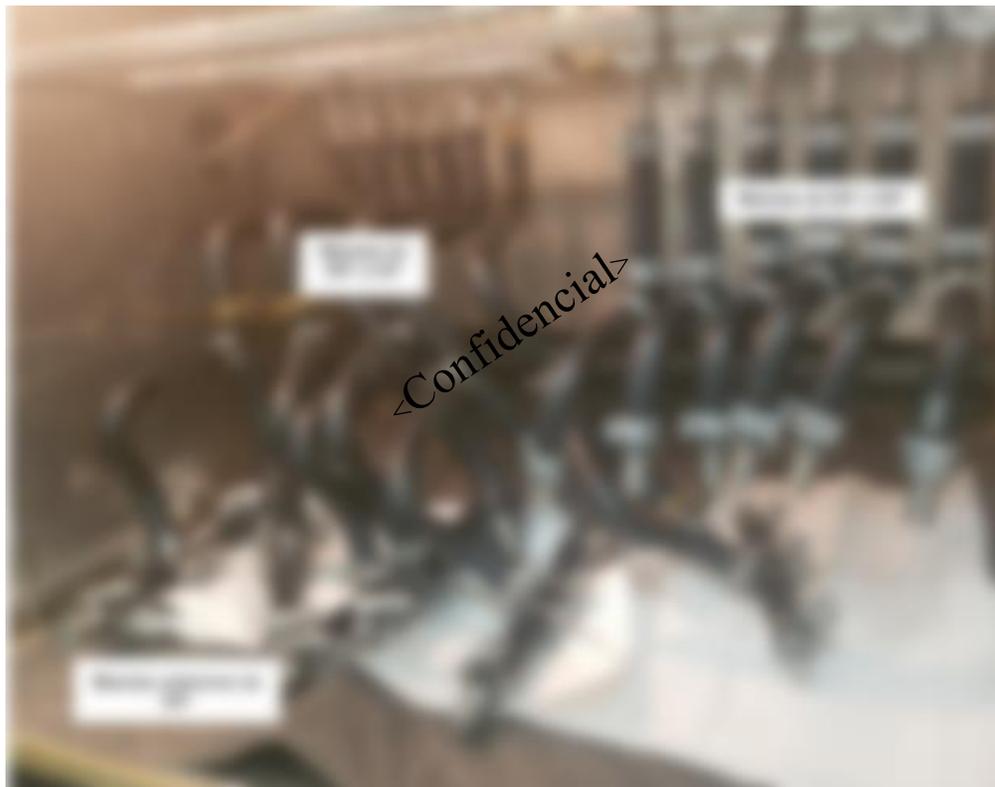
Cantidad	# Item	Numero de Parte	Descripción
#	1		MANGUERA, CALEFACCION, SUMINISTRO, MATERIAL B
#	2		MANGUERA, CALEFACCION, MEDIDA 1 GRANEL
#	3		MANGUERA, CALEFACCION, RETORNO, MATERIAL B
#	4		MANGUERA, CALEFACCION, RETORNO TRASERO, MATERIAL B
#	5		CONECTOR TIPO T, CALEFACCION MEDIDA 2
#	6		CONECTOR TIPO T, CALEFACCION MEDIDA 1
#	7		ABRAZADERA MEDIDA 1
#	8		ABRAZADERA MEDIDA 2

**Fig 1. Lista de Materiales****EQUPO DE PRUEBA/INSTRUMENTOS:**

- Thermotron camara de ambiente con capacidad de temperatura fluctuante de -40°C a 135°C
- Manómetro de precisión de 0-100 psi
- Compresor de aire

METODO:

Ciclos	Duración	Condiciones
1	0.5	Temperatura ciclada de 20°C hasta 130°C, Presión ciclada hasta 52 PSI
2	1	Temperatura fija a 130°C, Presión ciclada hasta 52 PSI
3	1	Temperatura ciclada de 20°C hasta 130°C, Sin presión
4	4.5	Temperatura fija a 130°C, Sin presión
5	1	Temperatura ciclada de 20°C hasta 130°C, Presión ciclada hasta 52 PSI

Fig 2. Ciclos de prueba**Fig 3. Muestras instaladas en el thermotron.****PRUEBA/RESULTADOS:**

Fujas fueron encontradas en las muestras con el conector anterior en el tercer ciclo, sin embargo, las muestras con el conector nuevo siguieron sin problemas.

ALMACENAJE DEL MATERIAL:

Material almacenado en el laboratorio para futuras pruebas y análisis hasta 30 días del reporte final después pueden ser desechadas.