

# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIDAD TICOMÁN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN:  
DEBERÁ PRESENTAR:

INGENIERO EN SISTEMAS AUTOMOTRICES  
CURRICULAR  
EL C. PASANTE  
ROSALES ALCANTARA JUAN ADRIÁN

**“DISEÑO , DESARROLLO, VERIFICACIÓN Y LIBERACIÓN DE LÍNEAS DE AIRE  
ACONDICIONADO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN”**

CAPITULO I  
CAPITULO II  
CAPITULO III  
CAPITULO IV  
CAPITULO V  
CAPITULO VI  
CAPITULO VII  
CAPITULO VIII  
CAPITULO IX

OBJETIVO DEL PROYECTO  
ALCANCE DEL PROYECTO  
RESUMEN DEL PROYECTO  
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO  
DATOS DEL ALUMNO  
DATOS DEL DIRECTO  
EQUIPO E INSTALACIONES NECESARIAS  
PRODUCTOS RESULTADOS  
CALENDARIO DE TRABAJO

México, DF., a 14 de marzo de 2014

**A S E S O R E S**

  
M. EN C. HELMUT EINAR GUNTER HEINZ  
PÉREZ

  
ING. MIGUEL ÁNGEL ERALES LIO

Vo. Bo.



  
ING. JOSÉ JAVIER ROCH SOTO  
DIRECTOR DIRECCIÓN

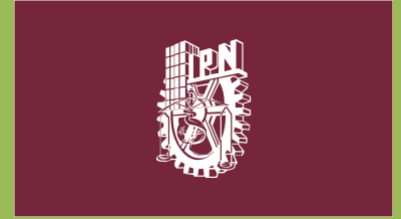
I. P. N.  
ESCUELA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
UNIDAD TICOMÁN

# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

Unidad Ticomán

Ingeniería en Sistemas Automotrices



## Diseño, Desarrollo, Verificación y Liberación de Líneas de Aire Acondicionado del Sistema de Climatización



Director.

Miguel Ángel Erales Lio.

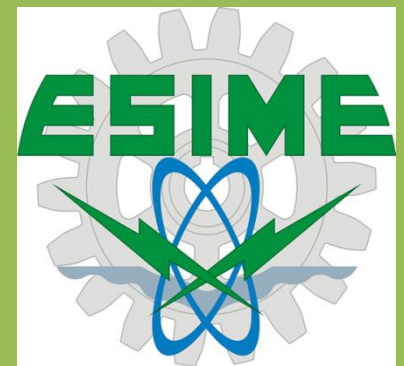
Supervisor de Ingeniería del Sistema de Climatización de Ford México.

Alumno.

Rosales Alcántara Juan Adrian.

2010360243.

Fecha de entrega. 13 Diciembre 2013.



# CONTENIDO

---

- I. OBJETIVO DEL PROYECTO**
- II. ALCANCE DEL PROYECTO**
- III. RESUMEN DEL PROYECTO**
- IV. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**
  - a. Ciclo de Refrigeración**
  - b. Líquido Refrigerante**
  - c. Sistema de Climatización Automotriz**
  - d. Líneas de Aire Acondicionado**
  - e. Lecciones Aprendidas**
- V. DATOS DEL ALUMNO**
- VI. DATOS DEL DIRECTOR**
- VII. EQUIPO E INSTALACIONES NECESARIAS**
- VIII. PRODUCTOS RESULTANTES**
- IX. CALENDARIO DE TRABAJO**

# Diseño, Desarrollo, Verificación y Liberación de Líneas de Aire Acondicionado del Sistema de Climatización

---

## I. OBJETIVO DE PROYECTO

Este trabajo tiene como fin el conocimiento de procesos y realización de actividades relacionadas al desarrollo de producto enfocado al Sistema de Climatización. Algunas de estas actividades son:

- Realización de estudios de pre ensamble de líneas de Aire Acondicionado.
- Verificación de Reglas de Diseño para líneas de Aire Acondicionado.
- Realización de Listas de Materiales de partes pertenecientes al Sistema de Climatización.
- Realización de dibujos en segunda dimensión (2D) de líneas de Aire Acondicionado.
- Diseño de líneas de Aire Acondicionado en CATIA.

## II. ALCANCE DE PROYECTO

El proyecto está enfocado a contribuir con los entregables de un proceso global y al desarrollo de modelos de nueva tecnología. Este proyecto proporcionará el respaldo en actividades de diseño y liberación, así como conocimiento del Sistema de Desarrollo de Producto y herramientas de CATIA.

La información contenida en este trabajo proveerá de:

- Conocimiento y entendimiento de principios básicos de funcionamiento del Sistema de Climatización.
- Conocimiento de las partes que conforman el sistema, ubicación y diseño.
- Reconocimiento de factores externos que influyen en el desempeño del Sistema.
- Entendimiento de la relación de este Sistema con el de Tren Motriz.

### III. RESUMEN DE PROYECTO

Debido a la opción que la carrera de Ingeniería en Sistemas Automotrices, que oferta el Instituto Politécnico Nacional, tiene en su último semestre de seleccionar entre un Proyecto Integrador Interno o uno Externo, se decidió tomar la segunda iniciativa: Proyecto Externo.

Dicho Proyecto Externo se realizará en una empresa relacionada a la industria automotriz como lo es Ford Motor Comany. En ésta se desarrollará un proyecto de ingeniería relacionado a la opción terminal seleccionada como especialidad al final de la carrera, Diseño y Termofluidos.

Dentro de la empresa, dicho proyecto se realizará en el área de Sistema de Climatización (Climate Control System) en la subdivisión de Líneas de Aire Acondicionado (AC Lines).

Este proyecto se enfoca en la optimización del proceso de diseño y liberación de Líneas de Aire Acondicionado iniciando con las bases de dicho proceso.

Por esto se debe tomar una inducción al proceso de desarrollo de producto que rige a la organización a nivel internacional para poder trabajar en comunión y así poder tener una línea común de acción con otros centros de ingeniería a nivel mundial.

La primera parte del proyecto se enfoca en la optimización del proceso de liberación de partes pertenecientes al sistema, por medio de la agilización en la creación de listas de materiales. El primer objetivo es la aplicación de un lenguaje de programación para exportar todos los parámetros pertenecientes a un diseño de líneas de aire acondicionado dentro de una hoja de cálculo para así, por medio de la homogenización en el proceso de diseño, la creación de listas de materiales sea eficiente, reduzca el tiempo de creación y al mismo tiempo tenga el enfoque y los atributos especificados de liberación.

El segundo objetivo se enfocó en la realización de estudios dinámicos y estáticos para la búsqueda de distancias mínimas que las Líneas de Aire Acondicionado tienen con respecto a componentes que las rodean para así asignar un estatus de cumplimiento respecto a reglas de diseño.

La siguiente actividad realizada fue la generación de dibujos en segunda dimensión de Líneas de Aire Acondicionado basándose en diseños realizados anteriormente respetando las reglas de generación internas así como las reglas dimensión y tolerancia asociadas a los componentes de las líneas.

La siguiente actividad ha sido la realización de un reporte de cumplimiento de reglas de diseño de Líneas de Aire Acondicionado que consiste en presentar evidencia para comprobar el cumplimiento de reglas de diseño. Esta evidencia puede ser una revisión de diseño de las Líneas de Aire Acondicionado que pueden incluir un procedimiento de

evaluación que requiere un reporte de algún estudio ya sea física o a base de Computer Added Engineering (CAE).

A lo largo de la realización del proyecto se ha colaborado con otros entregables del proceso de desarrollo de producto de Líneas de Aire Acondicionado como lo es la realización de actividades relacionadas al conocimiento de procesos de manufactura para Líneas de Aire Acondicionado, con el objetivo de relacionar las propiedades de los componentes del sistema a un costo de pieza y al herramental necesario para su producción.

Además de todas las actividades realizadas, se tomaron algunos cursos relacionados con el diseño y los entregables del proceso global de desarrollo con el objetivo de tener un enfoque de realización y liberación común dentro de la empresa.

## IV. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El Sistema de Climatización de un automóvil es una herramienta eficiente en la búsqueda de confort para el conductor y pasajeros del mismo ya que tiene la función de adaptar el habitáculo del automóvil a las condiciones de temperatura que el usuario desee en cierto periodo de tiempo.

El diseño de este sistema se basa en ramas de ingeniería como lo es termodinámica, transferencia de calor y mecánica de fluidos. Debido a esto, este sistema basa su principio de funcionamiento en el ciclo de refrigeración que también es usado en otros dispositivos similares tales como los industriales o los residenciales.

### Ciclo de refrigeración

El ciclo de refrigeración es un ciclo termodinámico que rige los procesos termodinámicos para lograr que un fluido de trabajo sea capaz de tomar el calor del medio en el que interactúa con el fin de disiparlo en la manera en que se requiera.

El ciclo de refrigeración se compone de procesos termodinámicos establecidos y para su mejor entendimiento se explicará por medio de un diagrama que involucra propiedades del fluido de trabajo como la temperatura y la entropía. Se debe tener en cuenta que un ciclo de refrigeración siempre sigue el sentido contrario de las manecillas del reloj.

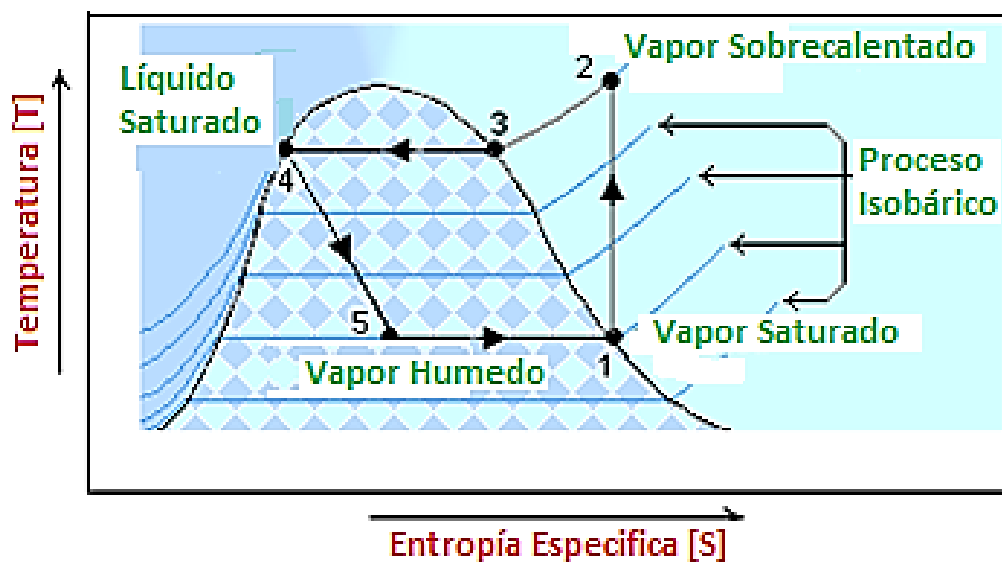


Figura 1

En la Figura 1, se pueden observar los procesos que componen al ciclo de refrigeración. Éstos son explicados a continuación:

- **Compresión.** Este proceso se lleva a cabo desde el estado número uno al número dos. Durante este proceso el fluido de trabajo es tomado como vapor saturado y es comprimido hasta convertirse en vapor sobrecalentado al final. La temperatura del fluido se eleva por lo que la presión también incrementa.
- **Condensación.** Este proceso se lleva a cabo desde el estado número dos y hasta el número cuatro. Durante este proceso, el fluido cambia de estado ya que pasa de ser vapor sobrecalentado hasta líquido saturado al final, no sin antes ser por vapor saturado en el estado número tres.
- **Expansión.** En este proceso el fluido de trabajo comienza un cambio más de estado, solo que en éste no termina ya que, en el estado número cinco, el fluido se encuentra en un estado entre su estado líquido y vapor llamado vapor húmedo.
- **Evaporación.** En este proceso se completa el cambio de estado del proceso anterior completando el ciclo y reiniciándose de nuevo. En este proceso el fluido cambia completamente de estado hasta convertirse en vapor saturado de nuevo.

Ahora que se conoce el ciclo que el fluido sigue para tomar el calor del ambiente que lo rodea y así enfriarlo, se enfatizará en el Sistema de Climatización como tal.



## Líquido refrigerante

El fluido de trabajo del que se ha hablado en la sección anterior, es un producto químico utilizado como medio de transmisión de calor en las maquinas que utilizan un sistema de enfriamiento y es llamado líquido refrigerante.

En el sector automotriz, un fluido refrigerante debe ser tanto efectivo al enfriar el aire que ingresa en la cabina del vehículo como amigable con el ambiente debido a las leyes ambientales que han instituido la mayoría de los países respecto al uso de fluidos contaminantes.

Uno de los principales fluidos refrigerantes usados en la industria automotriz es el tipo R134a. Ha sido por largo tiempo el tipo más utilizado debido a su gran performance y a ser el primero en remplazar otros de su clase que utilizaban agentes CFC o HCFC, los cuales comenzaban a generar problemas ambientales graves específicamente sobre la capa de ozono. Sus propiedades térmicas son las siguientes:

Propiedades	R134a
Formula química	CH <sub>2</sub> F-CF <sub>3</sub>
Punto de ebullición	-26.2 °C
Punto de congelación	-101 °C
Inflamabilidad	No

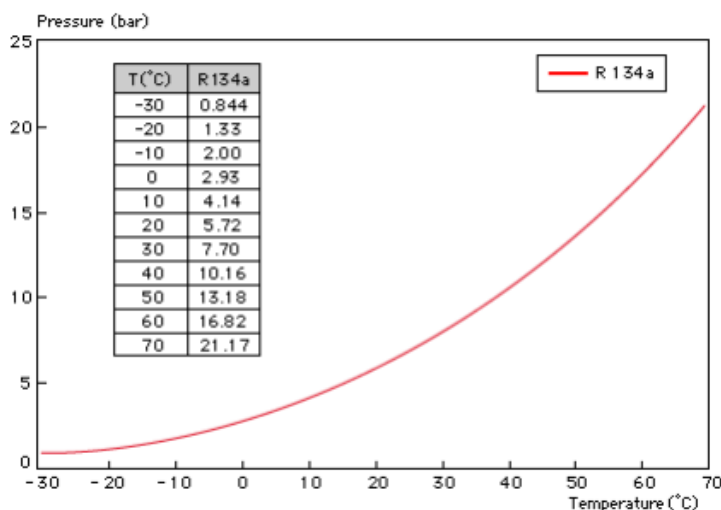


Figura 2

Debido a leyes ambientales impuestas en los últimos años, el refrigerante R134a comenzó a ser mejorado para la industria automotriz. Uno de los precursores fue la empresa Dupont, la cual comenzó la investigación para la implementación de un nuevo refrigerante el cual fue llamado 'HFO – 1234yf' y entre sus muchas mejoras se encontraba su performance, el cual es muy parecido al del R134a, además de que su nivel de toxicidad cumplía con los últimos estándares ambientales implementados por muchas naciones. Sin embargo, algo que ha detenido su completa incursión en el mercado ha sido su capacidad

de inflamación lo que podría generar algún daño al sistema debido a la cercanía de éste con otras fuentes de calor y fricción en casos de colisión.

## Sistema de Climatización Automotriz

Este sistema es parte del diseño de un automóvil y está enfocado a proporcionar comodidad a los ocupantes del mismo. El sistema está compuesto por varios subsistemas que se encargan de generar un correcto funcionamiento. Dichos subsistemas se componen a su vez de componentes que se enfocan en que el fluido refrigerante realice de manera correcta el ciclo de refrigeración. Algo muy importante es reconocer la función que cada componente realiza para poder asociarlo al proceso en el que se encuentra dentro del ciclo, como se muestra a continuación.

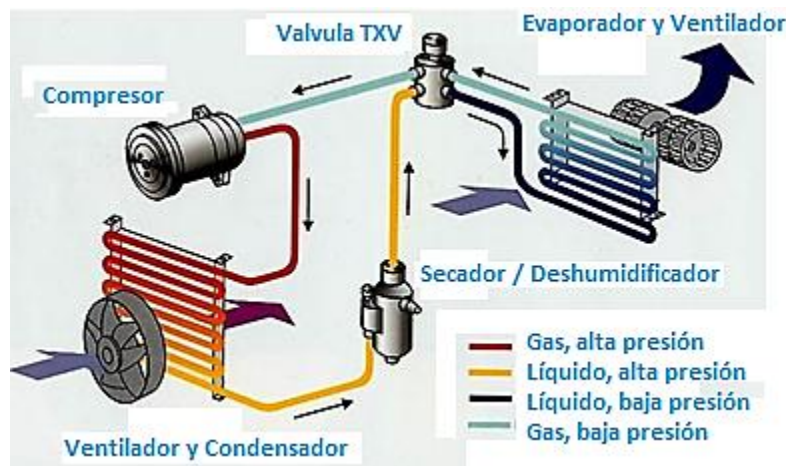


Figura 3

Los principales componentes del sistema se exponen a continuación.

- **Compresor.** Es un dispositivo que se encarga de aumentar la presión del fluido por medio de su compresión. La compresión es generada por el movimiento recibido por una banda impulsada por la polea de cigüeñal del motor del automóvil. El compresor succiona el fluido desde el evaporador en estado de vapor y lo presuriza hacia el condensador. Por lo tanto el compresor realiza el proceso entre los estados número uno y dos del ciclo de refrigeración de la Figura 1.

Existen varios tipos de compresores utilizados en la industria automotriz:

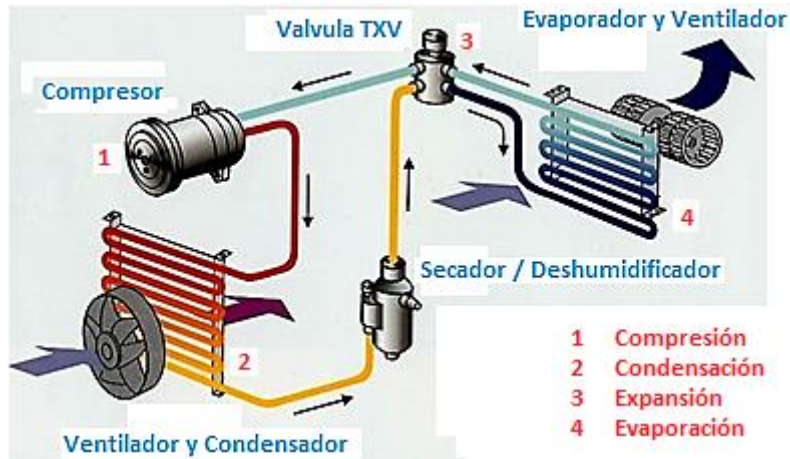
- Reciprocante.
- De turbina.
- Centrifugo
- De paletas.

- **Condensador.** Es un dispositivo intercambiador de calor que se encarga de realizar el primer cambio de estado al fluido, de vapor sobrecalentado a líquido saturado. El condensador está compuesto por un serpentín que realiza dicha función. El proceso es sencillo, el fluido como vapor a alta presión es recibido desde el compresor y es hecho pasar por un serpentín. El serpentín es expuesto al flujo de aire que se recibe por las rendijas de la parrilla del automóvil, el cual toma el calor del fluido refrigerante y disminuye su presión y temperatura.

Los condensadores utilizados en la industria automotriz son:

- De serpentín.
  - De flujo paralelo.
- **Válvula de expansión térmica (Válvula TXV).** Es un dispositivo que se encarga de convertir el fluido en estado líquido saturado a la salida del condensador en vapor húmedo por medio de una expansión del mismo. Con esta expansión el fluido disminuye aún más su presión y el flujo es regulado de acuerdo a las propiedades necesarias hacia el evaporador. En la Figura 1, este proceso es representado desde el estado número cuatro al cinco.
  - **Evaporador.** Como su nombre lo dice, este dispositivo se encarga de evaporar el fluido refrigerante y así completar el segundo cambio de estado, de vapor húmedo a vapor saturado. Su funcionamiento es muy similar al del condensador solo que en esta sección el fluido refrigerante absorbe el calor del flujo de aire que es tomado del ambiente para ser ingresado en el habitáculo del automóvil. De esta manera el flujo de aire es 'enfriado' para entrar en el habitáculo del automóvil.
  - **HVAC.** Un componente que no es presentado en la Figura 1 es el modulo 'Heating, Ventilation and Air Conditioning' (Modulo de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado) ya que no participa directamente en el ciclo de refrigeración; su principal función es direccionar el flujo que ingresa al habitáculo del automóvil de manera que pueda ser uniformemente distribuido. Este dispositivo aloja al evaporador, al Heater y otros componentes como el ventilador que determina la velocidad del flujo que ingresa al habitáculo. También aloja los componentes eléctricos que controlan el sistema y los ductos de dirección de flujo. El HVAC es alojado en el Panel de Instrumentos del automóvil.

Los procesos termodinámicos experimentados en el ciclo de refrigeración son realizados por los componentes antes mencionados de manera que cumplan con la función específica dentro del proceso. Esta función fue explicada anteriormente y a continuación se presenta su correlación con el componente que lo realiza.

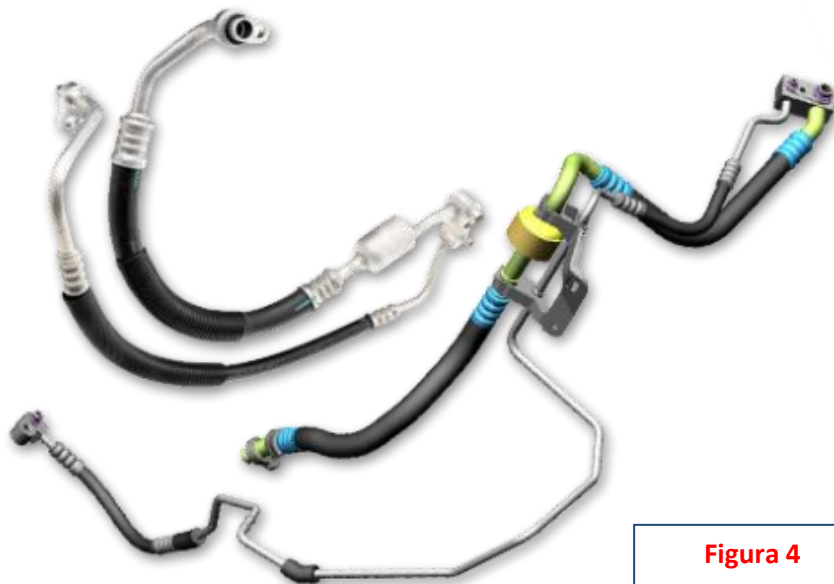


## Líneas de Aire Acondicionado

Un componente importante del Sistema de Climatización son las líneas de aire acondicionado que se encargan de unir los componentes antes mencionados para completar el ciclo de refrigeración. Su función principal es la de dirigir al fluido refrigerante hacia cada componente de la manera más práctica evitando componentes cercanos al sistema empleando un correcto empaquetamiento.

Este empaquetamiento se refiere a la practicidad y factibilidad de dirigir las líneas de Aire Acondicionado por el compartimento del motor del automóvil evitando contactos contra el mismo motor y algunos otros componentes que puedan inferir en el funcionamiento y durabilidad de las líneas de Aire Acondicionado.

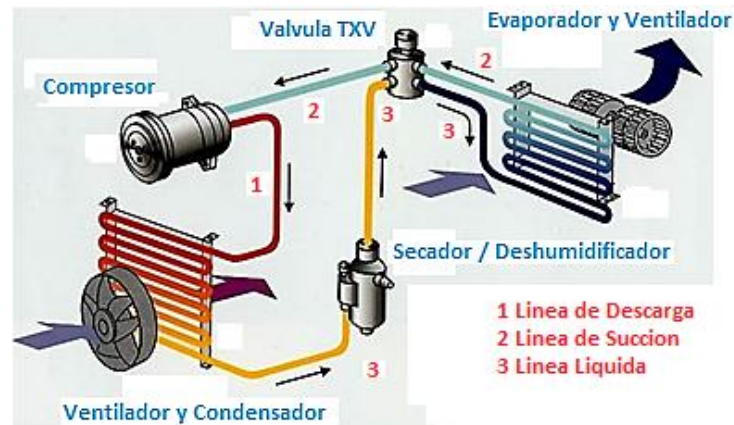
Este componente del sistema es en el cual el proyecto esta enfocado debido a que todas las actividades realizadas han sido relacionadas directamente sobre el subsistema de Líneas de Aire Acondicionado.



**Figura 4**

Para comenzar a abordar el subsistema de Líneas de Aire Acondicionado, se explicara las principales funciones y tipos de tubería dentro del subsistema.

Existen tres principales tipos de líneas de Aire Acondicionado:



- **Línea de descarga.** Esta línea se encarga de unir la salida del compresor a la entrada del condensador del sistema. Esta línea se encarga de dirigir el fluido refrigerante a alta presión hacia el condensador para realizar el primer cambio de estado. La sección transversal de la tubería es de tamaño intermedio entre las otras dos líneas. El material de esta tubería tiene que tener el suficiente espesor para soportar las altas presiones que el fluido refrigerante presenta debido a la acción del compresor.
- **Línea de succión.** La línea de succión se encarga de unir la salida del evaporador a la entrada del compresor. Esta línea se encarga de proveer al compresor del fluido refrigerante a baja presión ya que une a este con la salida del evaporador. Es la tubería con diámetro interno más amplio debido a que debe de abastecer al compresor con suficiente fluido refrigerante para evitar el sobrecalentamiento, esfuerzo extra y también para regular el consumo de combustible del motor.
- **Línea líquida.** La línea líquida se encarga de unir la salida del condensador a la entrada del evaporador. Esta línea, como su nombre lo dice, conduce el fluido refrigerante únicamente en estado líquido a alta presión hacia la válvula de expansión y a su vez hacia el evaporador. Esta línea es la más delgada de las tres ya que, a pesar de que conduce líquido a alta presión, ésta no es tan alta como lo sería si estuviera en estado de vapor.
- **Líneas Auxiliares.** Para el caso en que se cuenta con un habitáculo demasiado amplio, se utilizan líneas auxiliares que pasan por todo el piso del automóvil y hasta la parte trasera con el objetivo de conectarse a un módulo auxiliar para así climatizar el interior del automóvil de manera uniforme.

Materiales.

Las líneas de aire acondicionado son fabricadas a base de aleaciones de aluminio lo que les permite tener una manufactura más simple y con menos herramienta de producción que el caso del acero.

Una ventaja más del uso del aluminio y sus aleaciones es el poco peso que conlleva su utilización además de que presenta propiedades químicas y mecánicas que favorecen el buen funcionamiento de las líneas de Aire Acondicionado dentro del sistema.

Principales componentes de las líneas de aire acondicionado.

▪ Mangueras (Hoses).

Las líneas de Aire Acondicionado son fabricadas de manera rígida, es decir, no permiten grado de flexibilidad por lo que se ensambla a ellas un tipo especial de mangueras (hoses) que permiten flexibilidad tanto al momento del ensamble en la planta de producción como para soportar el movimiento propio del automóvil durante su uso normal, por ejemplo, con el movimiento del propio motor.

Dichas mangueras deben soportar esfuerzos térmicos, provocados por el mismo ciclo de refrigeración del sistema, esfuerzos mecánicos, provocados por el movimiento del mismo componente además de la presión del fluido refrigerante que pasa a través de ellas, el cual es el principal objetivo.

Para lograrlo las mangueras son fabricadas con materiales de alta calidad y a base de varias capas como se muestra a continuación. Estas capas están fabricadas comúnmente con la siguiente función:

1. Caucho o hule externo. Su función es la de proteger la manguera del exterior y al mismo tiempo permitir flexibilidad.
2. Capa de refuerzo. Su principal función es la de soportar la presión del fluido refrigerante con el objetivo de que la manguera mantenga sus propiedades físicas y así evitar fugas.
3. Caucho o hule interno. Tiene como objetivo el permitir flexibilidad a la manguera desde un punto intermedio de su estructura y así cumplir con la función principal de la manguera.

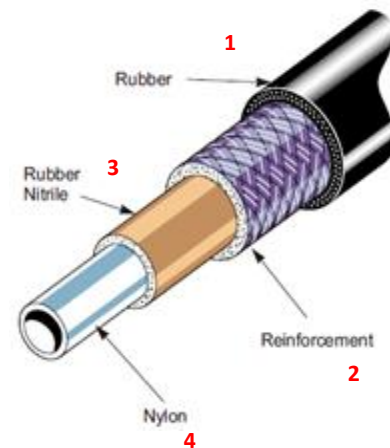


Figura 5



4. Nylon. Es un tipo de fibra que tiene el principal objetivo de interactuar con el fluido refrigerante soportando su presión al igual que la temperatura provocada por el flujo del mismo.

Los hoses pueden ser utilizados en los tres tipos de líneas antes mencionadas, siendo obligatorio su uso en las líneas de succión y descarga. Para el caso de la línea líquida, su uso es opcional.

- **Mangas (Sleeves).**

Las mangas son componentes que se encargan de proteger tanto a las mangueras como a la tubería de las líneas de Aire Acondicionado.

Esta protección puede ser de tipo físico o térmico. Su uso como protección física se realiza al no permitir que los componentes de las líneas de Aire Acondicionado, tengan contacto directo con componentes que las rodean pertenecientes a otros sistemas del automóvil.

La protección térmica que proporcionan estas mangas se refiere a aquellas partes en que las líneas de Aire Acondicionado se encuentran localizadas cerca de una fuente de calor externa que puede afectar el buen funcionamiento del sistema.

Existen varios tipos de mangas utilizadas en el subsistema de líneas de Aire Acondicionado dependiendo de su función y del tipo de línea en la que va montada.

En la figura 6 se muestra la utilización de una manga sobre una manguera con el objetivo de protegerla físicamente de algún otro componente cercano.



**Figura 6**

- **Conectores (fittings).**

Los conectores son las piezas montadas en los extremos de cada línea de Aire Acondicionado y su principal función es permitir la correcta conexión y asentamiento entre dos componentes que se deben unir.

Los conectores pueden ser de dos tipos clasificados por la sujeción, tipo hembra y tipo macho.

Existen tres tipos clasificados por el método de sellado utilizados en el Sistema de Climatización, estos son:

1. Tipo MSF (Metal Seal Fitting). Este conector utiliza el modo de sellado metálico para no permitir fugas. Este conector es unido a su contraparte por



**Figura 7**

medio de un birlo y una tuerca de sujeción de los cuales se controla el torque empleado en el ensamble.

2. Tipo DSL (Dual Slim Line). Este conector utiliza dos métodos de sellado, los dos de tipo plástico con el objetivo de conseguir un buen aislamiento de la conexión. Este conector es unido a su contraparte por medio de un birlo y una tuerca de sujeción de los cuales se controla el torque empleado en el ensamble.
3. Tipo SSL (Single Slim Line). Este conector utiliza solo un método de sellado, el cual es de tipo metálico. Este conector no cuenta con birlo de sujeción por lo que se necesita de un componente extra para que la sujeción sea óptima.

La utilización de estos conectores es de la siguiente manera:

- > Conexiones de entrada y salida del compresor y condensador: Conectores MSF y DSL.
- > Conexiones de entrada y salida de la válvula TXV. Conectores SSL.

En la figura 7 se puede observar el modo de sujeción para un conector de tipo MSF y un sello metálico utilizado un sellado óptimo.

▪ Brackets.

Son componentes metálicos o plásticos, en ese caso llamados clips, enfocados a sujetar las líneas de Aire Acondicionado a componentes o superficies fijas del automóvil, por ejemplo, a la estructura frontal del vehículo.

Para el caso de las líneas de succión y descarga su utilización es obligatoria mientras que la línea líquida pocas ocasiones necesita de uno.

Los principales puntos de sujeción a los que los Brackets están montados son:

1. Compresor.
2. Radiador.
3. Estructura frontal del vehículo (chasis).
4. Superficies del compartimento del motor.
5. Block del motor del automóvil.
6. Piso del automóvil (líneas auxiliares).

- Mofles (Muffler).

Estos son dispositivos que se encuentran normalmente en la línea de descarga y son enfocados a disminuir las vibraciones y ruidos provocados por el compresor al realizar la compresión del fluido refrigerante.

Los mofles son dispositivos que a base de un cambio en su sección transversal, respecto a las líneas de Aire Acondicionado, generan una disminución en la generación de ruidos y vibraciones.

Como se puede observar en la Figura 8, los mofles son dispositivos que comúnmente están hechos en forma de cilindro que disminuye su sección transversal.



**Figura 8**

## Lecciones Aprendidas

Este proyecto fue propuesto por la compañía debido a la necesidad de proveer de conocimientos tanto técnicos como administrativos al practicante para aplicarlos en la ayuda a diferentes programas de desarrollo con el objetivo de obtener experiencia y tomar la responsabilidad de un programa de desarrollo específico en el futuro. Todas las actividades realizadas han ayudado a conocer las actividades de las que se encarga un Ingeniero de Diseño y Liberación, en este caso del subsistema de Líneas de Aire Acondicionado. Entre las actividades realizadas destacan:

Actividad	Conocimientos adquiridos	Aportación a la empresa	Objetivo
<b>Realización y liberación de dibujos 2D</b>	Requerimientos técnicos de dibujo. Dimensionamiento geométrico y tolerancia (GD&T).	Experiencia y conocimiento	Cumplido
<b>Realización y liberación de estudios de pre ensamble</b>	Reglas de empaquetamiento. Sistemas externos con interacción estática y/o dinámica. Aprobación y liberación.	Experiencia y conocimiento	Cumplido
<b>Realización de reportes de cumplimiento de diseño</b>	Reglas de diseño. Planes y métodos de verificación de diseño. Plantilla de liberación.	Experiencia y conocimiento	Cumplido
<b>Realización y liberación de listas de materiales</b>	Partes y componentes del Sistema. Secuencia de ensamble y operaciones de manufactura.	Experiencia y conocimiento	Cumplido
<b>Diseño de líneas de AC</b>	Plantilla de diseño. Reglas de diseño. Empaquetamiento. Componentes el sistema.	Experiencia y conocimiento	Cumplido

Actividad	Conocimientos adquiridos	Aportación a la empresa	Objetivo
<b>Optimización en el proceso de creación de listas de materiales y obtención de coordenadas de puntos</b>	Programación con lenguaje VBA.	Reducción de tiempo y costo. Homogenización de entregable. Aumento de funciones de la plantilla de diseño.	Cumplido.
<b>Apoyo en entregables de liberación de diseño</b>	Sistema de desarrollo de producto. Tiempo y forma de entregables. Interacción con proveedores.	Experiencia y conocimiento	Cumplido

Como se puede observar en la tabla anterior, el objetivo principal del proyecto es el de proveer de experiencia y conocimiento para después poder desempeñar un rol de Ingeniería de Diseño y Liberación dentro de la empresa gracias al conocimiento de todos los procesos realizados.

Sin embargo, también se pudo colaborar dentro de la empresa con la optimización de algunos de esos procesos como lo es la creación de Listas de Materiales y la obtención de coordenadas de puntos para imprimirlos en un dibujo 2D, con lo que se reducen tiempos y por lo tanto también costos.

## V. DATOS DEL ALUMNO

Nombre. Rosales Alcántara Juan Adrian.

Boleta. 2010360243.

Domicilio. Segunda cerrada Francisco Javier Mina 10, Colonia San Pedro Xalpa, CP 02710.

Teléfono. 55 40184195.

E-mail. jrosales\_11@hotmail.com.

## VI. DATOS DEL DIRECTOR

Nombre. Miguel Ángel Erales Lio.

Puesto. Supervisor de Ingeniería del Sistema de Climatización (Climate Control Systems Engineering Supervisor).

Cedula Profesional. 4307010.

## VII. EQUIPO E INSTALACIONES NECESARIAS

Equipos	Existente	Adquisición	Arrendamiento	Lugar
Workstation / Periféricos	X			WorkPlace
Software CAD (CATIA V5)	X			WorkPlace
Software PLM (TeamCenter 9)	X			WorkPlace

## VIII. PRODUCTOS RESULTANTES

- Diseño y liberación de líneas de Aire Acondicionado.
- Dibujos en segunda dimensión de diseños liberados de líneas de Aire Acondicionado.
- Reportes de cumplimiento de reglas de diseño.
- Estudios dinámicos y estáticos de determinación de claros contra componentes cercanos.
- MACRO de automatización en la creación de listas de materiales.

## IX. CALENDARIO DE TRABAJO

A continuación se muestra una relación de tiempo de las actividades realizadas a lo largo del proyecto con el objetivo de que se observe la duración de las mismas y la secuencia.

	Periodo		Descripción
<b>Inicio</b>	26-jul-13		Inicio del Proyecto Externo.
<b>Desarrollo del Proyecto</b>	29-jul-13	09-ago-13	Inducción al método de trabajo y realización de Evaluaciones.
	12-ago-13	23-ago-13	Conocimiento de la metodología del programa global de diseño y especificaciones a cumplir (Design Rules).
	26-ago-13	06-sep-13	Creación de listas de materiales (BOM: Bill of Material) de partes correspondientes al subsistema de Líneas de Aire Acondicionado.
	09-sep-13	04-oct-13	Optimización de un proceso de un Ingeniero de Diseño y Liberación. Programación de macros para la creación automatizada de Listas de Materiales (Bill of Material).
	07-oct-13	18-oct-13	Realización de estudios dinámicos y estáticos para identificar claros mínimos respecto a componentes externos cercanos al sistema.
	21-oct-13	01-nov-13	Realización de reportes de demostración de cumplimiento de reglas de Diseño.
	04-nov-13	15-nov-13	Realización de dibujos en segunda dimensión de diseños de Líneas de Aire Acondicionado.
	18-nov-13	13-dic-13	Diseño de Líneas de AC.

## X. AUTORIZACIÓN DEL PROYECTO.

\_\_\_\_\_  
 Rosales Alcántara Juan Adrian  
 Realizador del Proyecto.

\_\_\_\_\_  
 Miguel Ángel Erales Lio.  
 Director del Proyecto.