



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y

MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL

TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ

**TEMA: INVESTIGACIÓN DE LOS PROCESOS DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE
VEHÍCULOS HÍBRIDOS PARA DETERMINAR LA INFLUENCIA EN
EL SISTEMA DE CONFORT**

AUTORES: QUISHPE BEJARANO, VICTORIA MISHHELL

ROCHA ROCHA, JOHNNY STEVEEN

DIRECTOR: ING. QUIROZ ERAZO, LEONIDAS ANTONIO Msc.

LATACUNGA

2020



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“INVESTIGACIÓN DE LOS PROCESOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS PARA DETERMINAR LA INFLUENCIA EN EL SISTEMA DE CONFORT”** fue realizado por los señores: Quishpe Bejarano, Victoria Mishell y Rocha Rocha, Johnny Steven, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que los sustenten públicamente.

Latacunga, 21 de Enero del 2020



Ing. Leonidas Antonio Quiroz Erazo MSc.

C.C.: 0502509995



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros , Quishpe Bejarano, Victoria Mishell y Rocha Rocha, Johnny Steveen, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación **“INVESTIGACIÓN DE LOS PROCESOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS PARA DETERMINAR LA INFLUENCIA EN EL SISTEMA DE CONFORT”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo los requisitos teóricos, científicos, metodológicos y legales establecidos en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE respetando los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz

Latacunga, 21 de Enero del 2020

Quishpe Bejarano Victoria

Mishell

C.C.: 1003909791

Rocha Rocha Johnny Steveen

C.C.: 1725032310



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Quishpe Bejarano, Victoria Mishell y Rocha Rocha, Johnny Steveen, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación **“INVESTIGACIÓN DE LOS PROCESOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE VEHÍCULOS HÍRIDOS PARA DETERMINAR LA INFLUENCIA EN EL SISTEMA DE CONFORT”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, de 21 Enero del 2020

Quishpe Bejarano Victoria

Mishell

C.C.: 1003909791

Rocha Rocha Johnny Steveen

C.C.: 1725032310

DEDICATORIA

La presente investigación se la dedico especialmente a Dios por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre Marisol y a mi abuelita Benilda, por ser pilares fundamentales de la familia, quienes con su esfuerzo, cariño y apoyo incondicional me impulsan a cumplir mis metas.

A mi querido hermano Deymond quien ha sido mi motivación más grande y el motor de mi vida, a mi hermana Katherine por no permitir que abandone mis sueños siendo un ejemplo de perseverancia y a mis sobrinos Mathías y Paula que con su ternura alegran mis días.

A mi prima Arantza que desde el cielo sé que está muy orgullosa de mí, aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntas siempre estás conmigo y sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

A mis queridos mejores amigos, los ingenieros Pablo y Santiago, que me supieron ayudar y aconsejar en los momentos más difíciles de mi vida y por todo lo que de ustedes he aprendido, a la Ing. Lorena por ser una amiga incondicional y aunque lejos has estado a mi lado cuando más lo necesité, en verdad ustedes tres son muy especiales para mí.

A toda mi familia y amigos que a lo largo de mi vida me han apoyado.

Victoria Mishell

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto de investigación a mis padres Raúl Rocha y Zoila Rocha, quienes desde el primer momento que empecé mis estudios nunca me abandonaron y siempre me apoyaron, con sus consejos y las buenas vibras que nunca me faltó, para no decaer en los momentos más difíciles que tuve que pasar en mi vida de estudiante.

A mis abuelos Gonzalo Rocha y Ana Toapanta que, a pesar de su avanzada edad, siempre han estado constantemente conmigo desde pequeño, y aún mucho más en mi etapa universitaria con su amor y cariño.

A mi hermano Raúl, que durante estos años me ha escuchado, guiado y sobre todo me ha regalado su tiempo cuando tenía algún problema, a mi pequeño hermano Anderson que con sus locuras de niño me ha brindado sonrisas cuando uno no tenía gana de nada.

A mis amigos y compañeros de la universidad de las diferentes carreras que me supieron ayudar en los buenos y malos momentos.

Quiero también dedicar a Dios por darme la oportunidad y la fortaleza de terminar mi carrera universitaria en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar un sincero agradecimiento a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo. A mi madre Marisol y a mi abuelita Benilda, gracias por ser las mejores madres del mundo, por su esfuerzo, apoyo y confianza depositada en mí y a mi padre Víctor por el aporte económico y material para la realización de esta investigación. Agradezco a mis hermanos Deymond y Katherine por ser comprensibles durante todo este tiempo que he permanecido lejos de casa, gracias por su apoyo durante todos estos años. A toda mi familia gracias por todo el apoyo a lo largo de mi vida.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga por haberme brindado tantas oportunidades y conocimientos, a todos sus docentes por sus conocimientos impartidos, al Ing. Leonidas Quiroz quien guio la realización de este proyecto. A Steveen Rocha, gracias por permitirme realizar este trabajo de investigación junto a ti y por ser un compañero comprensible durante todo este proyecto.

A los ingenieros Alexander y Raúl Hidrobo de Mecánica Express y al Dr. Héctor Panchi gracias por el material y conocimientos compartidos durante la realización de esta investigación.

A todos mis amigos sin excluir a ninguno, pero en especial a Pablo, Santi, Lore, Carlos, Jaime, Jhilson, Jhon, Moisés y Milton, mil gracias por todos los momentos que hemos pasado juntos, por los consejos, por la compañía y por todo el apoyo que me han brindado.

Victoria Mishell

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios, y en especial a mis padres que hicieron un gran esfuerzo y me han permitido seguir adelante con mis estudios universitarios, con su amor, cariño y consejos me han guiado por el camino correcto, y a mis dos hermanos, que han estado en los momentos más difíciles de mi carrera universitaria.

Quiero agradecer a mis abuelos que a pesar de la distancia siempre estuvieron constantemente visitándome con una tasa de café que nunca me faltó.

Agradezco al Ing. Leónidas Quiroz Erazo, que me supo guiar con su enseñanza durante mi vida universitaria y acogernos para realizar nuestro proyecto de investigación.

Agradezco a los Ingenieros Raúl y Alexander Hidrobo, que nos abrieron las puertas de su taller para ayudarnos en nuestro proyecto de investigación.

Agradezco también al Dr. Héctor Panchi, quien nos brindó su tiempo y sus conocimientos médicos.

Agradecer también a mi compañera de tesis Mishell que con su colaboración se pudo sacar adelante esta investigación y a mis compañeros y amigos quienes también fueron parte, para lograr este objetivo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|-----------------------------------------|-------------|
| CARÁTULA | |
| CERTIFICACIÓN | i |
| AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD | ii |
| AUTORIZACIÓN | iii |
| DEDICATORIA | iv |
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTO | vi |
| AGRADECIMIENTO | vii |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | viii |
| ÍNDICE DE TABLAS | xiv |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xvi |
| RESUMEN | xxi |
| ABSTRACT | xxii |

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

| | | |
|--------|---------------------------------------------|----|
| 1.1. | Antecedentes investigativos | 1 |
| 1.2. | Planteamiento del Problema..... | 5 |
| 1.3. | Descripción resumida del proyecto..... | 6 |
| 1.4. | Justificación e importancia..... | 8 |
| 1.5. | Objetivos | 9 |
| 1.5.1. | Objetivo General | 9 |
| 1.5.2. | Objetivos específicos | 9 |
| 1.6. | Metas | 10 |
| 1.7. | Hipótesis..... | 10 |
| 1.8. | Variables de investigación | 10 |
| 1.8.1. | Variable dependiente..... | 11 |
| 1.8.2. | Variable independiente | 11 |
| 1.9. | Metodología de desarrollo del proyecto..... | 12 |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

| | | |
|--------|------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1. | Normativas | 14 |
| 2.1.1. | Protocolo de Montreal..... | 14 |
| 2.1.2. | Normativa internacional NTP -243..... | 15 |
| 2.1.3. | Normativa internacional NTP -322..... | 15 |
| 2.1.4. | Normativa internacional NTP-1011 | 17 |
| 2.1.5. | Normativa internacional NTP 074..... | 20 |
| 2.2. | Confort humano en vehículos híbridos. | 22 |
| 2.2.1. | Factores principales..... | 23 |
| 2.2.2. | Factores secundarios | 23 |
| 2.2.3. | Otros factores. | 24 |
| 2.3. | Conducción prolongada. | 25 |
| 2.3.1. | Temperatura corporal | 26 |
| 2.3.2. | Pulso..... | 26 |
| 2.3.3. | Oxígeno en la sangre..... | 27 |
| 2.3.4. | Presión arterial | 28 |
| 2.4. | Sistema de climatización en vehículos híbridos. | 28 |
| 2.4.1. | Funcionamiento..... | 29 |
| 2.4.2. | Ciclo de refrigeración..... | 29 |
| 2.5. | Componentes del sistema de climatización | 30 |
| 2.5.1. | Compresor | 30 |
| 2.5.2. | Inversor del aire acondicionado. | 32 |
| 2.5.3. | Amplificador del A/C..... | 33 |
| 2.6. | Actuadores | 34 |
| 2.6.1. | Servomotores del sistema de A/C | 34 |
| 2.6.2. | Calentador PTC..... | 35 |
| 2.6.3. | Motor del Soplador | 36 |
| 2.7. | Sensores del sistema de aire acondicionado en vehículos híbridos | 37 |
| 2.7.1. | Temperatura interior (habitáculo) | 37 |
| 2.7.2. | Temperatura ambiente..... | 37 |
| 2.7.3. | Temperatura del evaporador | 38 |
| 2.7.4. | Presión de A/C. | 38 |

| | | |
|--------|-----------------------------------------------------|----|
| 2.7.5. | Solar | 39 |
| 2.7.6. | Temperatura de refrigerante del motor. | 40 |
| 2.8. | Equipos de diagnóstico y pruebas | 40 |
| 2.8.1. | Cámara termográfica FLUKE TiS60 | 40 |
| 2.8.2. | Caudalímetro 922 Airflow Meter | 42 |
| 2.8.3. | Higrómetro o medidor de humedad. | 43 |
| 2.8.4. | Tensiómetro digital de muñeca | 45 |
| 2.8.5. | Oxímetro – Medidor de Pulso | 46 |
| 2.8.6. | Termómetro digital | 46 |
| 2.9. | Mantenimiento. | 47 |
| 2.9.1. | Refrigerantes para vehículos híbridos | 48 |
| 2.9.2. | Aceite para compresores de vehículos híbridos. | 49 |
| 2.9.3. | Compatibilidad de aceites y refrigerantes. | 50 |

CAPÍTULO III

PROTOCOLO DE PRUEBAS DE CONDUCCIÓN PROLONGADA Y DE GESTIÓN ELECTRÓNICA HÍBRIDA

| | | |
|--------|------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. | Consideraciones de la valoración del confort térmico | 53 |
| 3.2. | Consideraciones primarias para la prueba | 54 |
| 3.2.1. | Selección de ruta. | 54 |
| 3.2.2. | Índice de indumento. | 56 |
| 3.2.3. | Vehículo de prueba | 57 |
| 3.2.4. | Antecedentes médicos o actividad física | 58 |
| 3.3. | Equipos de medición ambiental | 59 |
| 3.3.1. | Cámara termográfica | 59 |
| 3.3.2. | Higrómetro | 61 |
| 3.3.3. | Caudalímetro | 63 |
| 3.4. | Equipos de medición de signos vitales | 65 |
| 3.4.1. | Termómetro digital infrarrojo | 65 |
| 3.4.2. | Oxímetro | 66 |
| 3.4.3. | Tensiómetro | 68 |
| 3.5. | Recopilación de datos | 69 |
| 3.5.1. | Externos | 70 |

| | | |
|---------|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.5.2. | En el Habitáculo..... | 72 |
| 3.5.3. | Signos vitales | 74 |
| 3.6. | Consumo metabólico basal | 80 |
| 3.7. | Índice de estrés térmico..... | 82 |
| 3.8. | Método de Fanger. | 85 |
| 3.9. | Protocolo de pruebas de conducción prolongada..... | 87 |
| 3.10. | Obtención de valores termográficos. | 89 |
| 3.10.1. | Procesamiento de imágenes | 89 |
| 3.11. | Presión, velocidad y caudal de aire del sistema de A/C..... | 92 |
| 3.11.1. | Equipo Airflow meter Fluke 922 | 92 |
| 3.11.2. | Medición de la presión diferencial de aire. | 92 |
| 3.11.3. | Medición de velocidad de aire. | 94 |
| 3.11.4. | Medición de flujo o caudal de aire..... | 97 |
| 3.12. | Comprobaciones de la gestión electrónica del sistema de A/C híbrido..... | 99 |
| 3.13. | Protocolo de Pruebas para la gestión electrónica híbrido. | 101 |
| 3.13.1. | Interface Tech Stream | 105 |
| 3.13.2. | Procedimiento del manejo de la interface Techstream. | 108 |
| 3.14. | Valores de los sensores del A/C..... | 111 |
| 3.14.1. | Temperatura interior (habitáculo). | 111 |
| 3.14.2. | Temperatura ambiente..... | 113 |
| 3.14.3. | Temperatura del evaporador. | 115 |
| 3.14.4. | Presión del aire acondicionado. | 117 |
| 3.14.5. | Solar | 119 |
| 3.14.6. | Temperatura del refrigerante del motor | 121 |
| 3.15. | Actuadores del sistema de A/C. | 123 |
| 3.15.1. | Servomotor de compuerta de mezcla de aire. | 123 |
| 3.15.2. | Servomotor de compuerta de entrada de aire..... | 124 |
| 3.15.3. | Servomotor de compuerta de salida de aire. | 125 |
| 3.15.4. | Motor del ventilador (Blower) | 126 |
| 3.15.5. | Conjunto calentador PTC..... | 126 |
| 3.15.6. | Compresor..... | 128 |
| 3.16. | Códigos DTC del módulo del aire acondicionado. | 130 |
| 3.16.1. | Incidencia de los DTC de sensores de temperatura de A/C..... | 130 |

| | | |
|---------|----------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.16.2. | Incidencia del DTC del sensor de presión de A/C. | 132 |
| 3.16.3. | Incidencia de los DTC de los servomotores..... | 132 |
| 3.16.4. | Incidencia de los DTC del sistema de alto voltaje del inversor. | 134 |
| 3.17. | Pruebas de Mantenimiento..... | 136 |
| 3.17.1. | Prueba de Vacío. | 136 |
| 3.17.2. | Prueba de Presiones | 138 |
| 3.17.3. | Prueba de fugas. | 139 |

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE CONFORT Y ESTUDIO DE LA GESTIÓN ELECTRÓNICA DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN HÍBRIDO

| | | |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1. | Introducción. | 141 |
| 4.2. | Consumo metabólico..... | 141 |
| 4.2.1. | En función del tipo de trabajo | 141 |
| 4.2.2. | En función del metabolismo basal | 142 |
| 4.2.3. | En función del tiempo | 143 |
| 4.3. | Análisis del índice de estrés térmico..... | 146 |
| 4.3.1. | Índice de estrés térmico por tramos | 146 |
| 4.3.2. | Índice de estrés térmico por condiciones de operación..... | 149 |
| 4.3.3. | Nivel de estrés térmico..... | 152 |
| 4.4. | Análisis de signos vitales | 153 |
| 4.5. | Análisis del confort por el método de Fanger | 157 |
| 4.5.1. | Sierra | 157 |
| 4.5.2. | Costa..... | 159 |
| 4.6. | Análisis de datos termográficos. | 163 |
| 4.6.1. | Temperaturas corporales sector Sierra con A/C mínimo. | 163 |
| 4.6.2. | Temperaturas corporales sector Costa con el uso del A/C..... | 164 |
| 4.6.3. | Temperaturas corporales sin el uso del A/C | 165 |
| 4.6.4. | Temperaturas corporales sector Sierra con el uso adverso del sistema de A/C. | 167 |
| 4.6.5. | Temperaturas corporales sector Costa con el uso adverso del sistema de A/C. | 168 |
| 4.7. | Análisis de presión, velocidad, temperatura y caudal de aire. | 170 |
| 4.7.1. | Presión de aire en el sistema de A/C..... | 171 |
| 4.7.2. | Velocidad de aire en el sistema de A/C | 175 |

| | | |
|---------|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 4.7.3. | Volumen de aire en el sistema de A/C..... | 177 |
| 4.8. | Análisis sensores sistema hibrido. | 181 |
| 4.8.1. | Sensor de temperatura ambiental. | 181 |
| 4.8.2. | Sensor de temperatura interna (habitáculo) | 182 |
| 4.8.3. | Sensor de temperatura del evaporador. | 183 |
| 4.8.4. | Sensor de presión. | 183 |
| 4.8.5. | Sensor de temperatura del refrigerante | 184 |
| 4.8.6. | Sensor solar. | 185 |
| 4.9. | Análisis actuadores del sistema de A/C del sistema hibrido..... | 185 |
| 4.9.1. | Servomotor de salida de aire | 185 |
| 4.9.2. | Servomotor de entrada de aire. | 186 |
| 4.9.3. | Servomotor mezclador de aire. | 187 |
| 4.9.4. | Análisis en las pruebas estáticas del compresor del A/C. | 189 |
| 4.9.5. | Análisis en las pruebas dinámicas del compresor del A/C. | 190 |
| 4.10. | Análisis de datos y su incidencia en el confort. | 192 |
| 4.10.1. | Incidencia del sistema A/C en el confort | 192 |
| 4.10.2. | Incidencia termográfica..... | 196 |
| 4.10.3. | Incidencia de presión, caudal, flujo de aire..... | 196 |
| 4.10.4. | Incidencia de la gestión electrónica. | 197 |

CAPÍTULO V

MARCO ADMINISTRATIVO

| | | |
|--------|---------------------------------------|-----|
| 5.1. | Factibilidad de la investigación..... | 199 |
| 5.2. | Recursos | 199 |
| 5.2.1. | Recursos Humanos..... | 199 |
| 5.2.2. | Recursos Materiales | 200 |
| 5.2.3. | Recursos tecnológicos..... | 200 |
| 5.2.4. | Recurso Financiero | 201 |

| | |
|---------------------------|------------|
| CONCLUSIONES | 202 |
|---------------------------|------------|

| | |
|------------------------------|------------|
| RECOMENDACIONES | 205 |
|------------------------------|------------|

| | |
|-----------------------------------------|------------|
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 207 |
|-----------------------------------------|------------|

| | |
|---------------------|------------|
| ANEXOS | 214 |
|---------------------|------------|

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1 | <i>Sistema de confort</i> | 11 |
| Tabla 2 | <i>Sistema de aire acondicionado</i> | 11 |
| Tabla 3 | <i>Características de los fluidos refrigerantes</i> | 14 |
| Tabla 4 | <i>Condiciones de renovación de aire</i> | 15 |
| Tabla 5 | <i>Niveles del índice WBGT</i> | 17 |
| Tabla 6 | <i>Tasa metabólica según las posturas del cuerpo</i> | 18 |
| Tabla 7 | <i>Tasa metabólica para diversas ocupaciones</i> | 18 |
| Tabla 8 | <i>Metabolismo basal por persona</i> | 19 |
| Tabla 9 | <i>Índice IMV</i> | 21 |
| Tabla 10 | <i>Índice de valoración de medio</i> | 22 |
| Tabla 11 | <i>Índice de indumento</i> | 24 |
| Tabla 12 | <i>Valores de temperatura corporal</i> | 26 |
| Tabla 13 | <i>Valores de Frecuencia cardiaca</i> | 27 |
| Tabla 14 | <i>Valores de oxígeno en la sangre</i> | 27 |
| Tabla 15 | <i>Niveles de presión arterial en adultos</i> | 28 |
| Tabla 16 | <i>Características de la cámara termográfica Fluke TiS60</i> | 41 |
| Tabla 17 | <i>Características del caudalímetro AirFlow Meter 922</i> | 43 |
| Tabla 18 | <i>Especificación del teclado multifuncional</i> | 45 |
| Tabla 19 | <i>Compatibilidad de aceites y refrigerantes</i> | 51 |
| Tabla 20 | <i>Datos del vehículo</i> | 58 |
| Tabla 21 | <i>Explicación de Funciones del higrómetro</i> | 61 |
| Tabla 22 | <i>Datos ambientales externos</i> | 71 |
| Tabla 23 | <i>Datos ambientales externos en Valencia</i> | 72 |
| Tabla 24 | <i>Datos al interior del habitáculo</i> | 73 |
| Tabla 25 | <i>Datos al interior del habitáculo Valencia</i> | 74 |
| Tabla 26 | <i>Signos vitales de Latacunga - Quevedo</i> | 75 |
| Tabla 27 | <i>Signos vitales de Quevedo – Latacunga</i> | 77 |
| Tabla 28 | <i>Obtención de datos por regiones</i> | 79 |
| Tabla 29 | <i>Consumo metabólico basal</i> | 81 |
| Tabla 30 | <i>Tasa metabólica media en función del tiempo</i> | 81 |
| Tabla 31 | <i>Índice de estrés térmico</i> | 84 |
| Tabla 32 | <i>Estrés térmico en diferentes condiciones</i> | 85 |
| Tabla 33 | <i>Índice IMV</i> | 87 |
| Tabla 34 | <i>Temperatura en conducción prolongada</i> | 91 |
| Tabla 35 | <i>Presión de aire en el sistema de A/C</i> | 94 |
| Tabla 36 | <i>Velocidad de aire en el sistema de A/C</i> | 96 |
| Tabla 37 | <i>Caudal de aire en el sistema de A/C</i> | 99 |
| Tabla 38 | <i>Especificaciones de la interface Techstream</i> | 106 |
| Tabla 39 | <i>Protocolo de comunicación</i> | 106 |
| Tabla 40 | <i>Protocolos de comunicación</i> | 107 |

| | | |
|-----------------|--------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 41 | <i>Parámetros sensor de temperatura del habitáculo</i> | 112 |
| Tabla 42 | <i>Parámetros sensor de temperatura ambiente</i> | 114 |
| Tabla 43 | <i>Parámetros sensor del evaporador</i> | 116 |
| Tabla 44 | <i>Parámetros sensor de presión del refrigerante</i> | 118 |
| Tabla 45 | <i>Parámetros del Sensor solar</i> | 120 |
| Tabla 46 | <i>Parámetros de Temperatura del refrigerante</i> | 122 |
| Tabla 47 | <i>Parámetros del servomotor de mezcla de aire</i> | 124 |
| Tabla 48 | <i>Parámetros del servomotor de entrada de aire</i> | 125 |
| Tabla 49 | <i>Parámetros del servomotor de salida de aire</i> | 125 |
| Tabla 50 | <i>Condiciones de funcionamiento calentador PTC</i> | 127 |
| Tabla 51 | <i>Parámetros de funcionamiento del compresor</i> | 130 |
| Tabla 52 | <i>Cálculo del consumo metabólico</i> | 144 |
| Tabla 53 | <i>Consumo metabólico en función del tiempo</i> | 145 |
| Tabla 54 | <i>Índice de estrés térmico por tramos</i> | 147 |
| Tabla 55 | <i>Nivel de estrés térmico</i> | 152 |
| Tabla 56 | <i>Valoración de medio</i> | 162 |
| Tabla 57 | <i>Recursos humanos</i> | 200 |
| Tabla 58 | <i>Tabla de recursos materiales</i> | 200 |
| Tabla 59 | <i>Recursos Tecnológico - equipos</i> | 200 |
| Tabla 60 | <i>Recurso Financiero</i> | 201 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------------|------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 | Árbol de problema. | 5 |
| Figura 2 | Índices de valoración de ambiente térmico..... | 16 |
| Figura 3 | Determinación tasa metabólica..... | 18 |
| Figura 4 | VARIABLES para la valoración de confort térmico..... | 20 |
| Figura 5 | Gráfica PPD vs PMV..... | 22 |
| Figura 6 | Signos vitales..... | 25 |
| Figura 7 | Estructura del A/C vehículos híbridos..... | 29 |
| Figura 8 | Ciclo de refrigeración..... | 30 |
| Figura 9 | Compresor de A/C de alto voltaje..... | 31 |
| Figura 10 | Compresor de A/C tipo rotativo o scroll..... | 32 |
| Figura 11 | Placa del inversor del A/C..... | 33 |
| Figura 12 | Amplificador de A/C..... | 34 |
| Figura 13 | Servomotor del sistema de A/C..... | 35 |
| Figura 14 | Calentador PTC..... | 36 |
| Figura 15 | Sensor de temperatura interior (habitáculo)..... | 37 |
| Figura 16 | Sensor de temperatura ambiente..... | 38 |
| Figura 17 | Sensor de temperatura del evaporador..... | 38 |
| Figura 18 | Sensor de presión de A/C..... | 39 |
| Figura 19 | Sensor solar..... | 39 |
| Figura 20 | Sensor de temperatura de refrigerante del motor..... | 40 |
| Figura 21 | Cámara termográfica FLUKE TiS60..... | 41 |
| Figura 22 | Caudalímetro AirFlow Meter 922..... | 42 |
| Figura 23 | Elementos del medidor de humedad y temperatura..... | 44 |
| Figura 24 | Teclado Multifunción del higrómetro..... | 44 |
| Figura 25 | Tensiómetro..... | 46 |
| Figura 26 | Oxímetro - Medidor de Pulso..... | 46 |
| Figura 27 | Termómetro digital..... | 47 |
| Figura 28 | Mantenimiento sistema de A/C..... | 48 |
| Figura 29 | Refrigerante R1234yf..... | 49 |
| Figura 30 | Gráfica aceites para compresores..... | 50 |
| Figura 31 | Equivalencia de los Aceites PAG y ND..... | 52 |
| Figura 32 | Valoración del confort térmico..... | 54 |
| Figura 33 | Ruta de prueba..... | 55 |
| Figura 34 | Flujograma de ruta de prueba..... | 56 |
| Figura 35 | Flujograma del índice de indumento..... | 57 |
| Figura 36 | Índice de indumento..... | 57 |
| Figura 37 | Recopilación de antecedentes..... | 59 |
| Figura 38 | Termografía captada por cámara termográfica..... | 60 |
| Figura 39 | Procedimiento de uso de cámara termográfica..... | 60 |
| Figura 40 | Modos del higrómetro..... | 61 |

| | | |
|------------------|-------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 41 | Funciones del higrómetro | 61 |
| Figura 42 | Procedimiento de medición con el higrómetro. | 62 |
| Figura 43 | Uso del caudalímetro | 63 |
| Figura 44 | Procedimiento de medición con el caudalímetro. | 64 |
| Figura 45 | Uso del termómetro infrarrojo | 65 |
| Figura 46 | Procedimiento de medición con el termómetro | 66 |
| Figura 47 | Uso del oxímetro..... | 67 |
| Figura 48 | Procedimiento de medición con el oxímetro | 68 |
| Figura 49 | Uso del tensiómetro | 68 |
| Figura 50 | Procedimiento de medición con el tensiómetro | 69 |
| Figura 51 | Ruta por tramos..... | 70 |
| Figura 52 | Consumo metabólico basal | 80 |
| Figura 53 | Flujograma del cálculo del índice WGBT | 83 |
| Figura 54 | Método de Fanger | 86 |
| Figura 55 | Flujograma del protocolo de conducción prolongada..... | 88 |
| Figura 56 | Visualización termográfica | 89 |
| Figura 57 | Software Fluke connect..... | 90 |
| Figura 58 | Componentes del caudalímetro Fluke 922..... | 92 |
| Figura 59 | Conexión para la medición de presión de aire. | 93 |
| Figura 60 | Medición de presión de aire. | 93 |
| Figura 61 | Conexión de mangueras para la medición de velocidad de aire. | 95 |
| Figura 62 | Conexión de las mangueras al tubo de pitot | 95 |
| Figura 63 | Medición de velocidad de aire. | 96 |
| Figura 64 | Conexión del caudalímetro | 97 |
| Figura 65 | Selección del Tipo y tamaño del conducto. | 97 |
| Figura 66 | Medición de volumen de aire..... | 98 |
| Figura 67 | Protocolo de pruebas del sistema electrónico | 101 |
| Figura 68 | Ciclo de funcionamiento del compresor eléctrico. | 102 |
| Figura 69 | Diagrama de Funcionamiento A/C vehículo híbrido. | 104 |
| Figura 70 | Software Tech Stream..... | 105 |
| Figura 71 | Flujograma manejo del Techstream..... | 108 |
| Figura 72 | Conexión Tech Stream..... | 109 |
| Figura 73 | Inicialización conexión con el vehículo..... | 109 |
| Figura 74 | Registro de datos..... | 110 |
| Figura 75 | Lista de módulos del Toyota Prius..... | 110 |
| Figura 76 | PIDs obtenidos módulo de A/C. | 111 |
| Figura 77 | Estructura del sensor interior del habitáculo..... | 112 |
| Figura 78 | Relación de temperatura resistencia..... | 113 |
| Figura 79 | Estructura del sensor de temperatura ambiente..... | 114 |
| Figura 80 | Relación temperatura resistencia | 115 |
| Figura 81 | Estructura del sensor de temperatura del evaporador. | 116 |
| Figura 82 | Relación temperatura resistencia | 117 |
| Figura 83 | Estructura del sensor de presión de refrigerante. | 118 |
| Figura 84 | Relación temperatura presión. | 119 |

| | | |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 85 | Operación del sensor solar..... | 120 |
| Figura 86 | Relación luminosidad e intensidad de corriente | 121 |
| Figura 87 | Sensor de temperatura del refrigerante del motor..... | 122 |
| Figura 88 | Relación voltaje resistencia..... | 123 |
| Figura 89 | Servomotor..... | 124 |
| Figura 90 | Nivel máximo y mínimo de funcionamiento del (Blower)..... | 126 |
| Figura 91 | Estructura del calentador PTC..... | 127 |
| Figura 92 | Compresor eléctrico Toyota Prius | 128 |
| Figura 93 | Funcionamiento del compresor eléctrico..... | 129 |
| Figura 94 | Modulo inversor de A/C | 129 |
| Figura 95 | Nivel mínimo y máximo del compresor | 130 |
| Figura 96 | DTC B1411 | 131 |
| Figura 97 | DTC B1412..... | 131 |
| Figura 98 | DTC B1413..... | 132 |
| Figura 99 | DTC B1423..... | 132 |
| Figura 100 | DTC B1441 | 133 |
| Figura 101 | DTC B1442..... | 133 |
| Figura 102 | DTC B1443..... | 134 |
| Figura 103 | DTC B1471..... | 135 |
| Figura 104 | DTC B1472..... | 135 |
| Figura 105 | DTC B1473..... | 136 |
| Figura 106 | Mantenimiento Ford Híbrido con Clima 5000..... | 136 |
| Figura 107 | Prueba de recolección y vacío, clima 5000..... | 137 |
| Figura 108 | Prueba de vacío en el sistema de A/C..... | 138 |
| Figura 109 | Prueba de presiones, clima 5000..... | 138 |
| Figura 110 | Detención de fugas del sistema de A/C usando gas fomier..... | 140 |
| Figura 111 | Consumo metabólico en función del tipo de trabajo (M2)..... | 142 |
| Figura 112 | Metabolismo basal | 143 |
| Figura 113 | Consumo metabólico de cada ocupante | 143 |
| Figura 114 | Consumo metabólico en función del tiempo..... | 145 |
| Figura 115 | Estrés térmico Latacunga - Quevedo | 148 |
| Figura 116 | Estrés térmico Quevedo - Latacunga | 149 |
| Figura 117 | WBGT por condiciones Latacunga –Quevedo | 150 |
| Figura 118 | WBGT por condiciones Quevedo - Latacunga..... | 151 |
| Figura 119 | Índice de estrés térmico por condiciones de operación..... | 151 |
| Figura 120 | Signos vitales C. Normal del A/C en la Sierra..... | 153 |
| Figura 121 | Signos vitales C. Adversa del A/C en la Sierra | 154 |
| Figura 122 | Signos vitales sin A/C en la Sierra..... | 154 |
| Figura 123 | Signos vitales C. Normal del A/C en la Costa | 155 |
| Figura 124 | Signos vitales C. Adversa del A/C en la Costa..... | 156 |
| Figura 125 | Signos vitales sin A/C en la Costa | 156 |
| Figura 126 | Valoración de medio por el conductor..... | 158 |
| Figura 127 | Valoración de medio por OPD..... | 158 |
| Figura 128 | Valoración de medio por ODD | 159 |

| | | |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 129 | Valoración de medio por OPI | 159 |
| Figura 130 | Valoración de medio por conductor y ODD | 160 |
| Figura 131 | Valoración de medio por OPD Y OPI | 161 |
| Figura 132 | Termografía Sierra condiciones normales de A/C..... | 163 |
| Figura 133 | Temperatura Sierra en condiciones normales | 164 |
| Figura 134 | Termografía Costa condiciones normales..... | 164 |
| Figura 135 | Temperatura Costa en condiciones normales..... | 165 |
| Figura 136 | Termografía sin el uso del aire acondicionado. | 166 |
| Figura 137 | Temperatura sin el uso del A/C. | 166 |
| Figura 138 | Termografía Sierra bajo condiciones adversas. | 167 |
| Figura 139 | Temperatura Sierra en condiciones adversas. | 168 |
| Figura 140 | Termografía Costa bajo condiciones adversas..... | 169 |
| Figura 141 | Temperatura Costa en condiciones adversas | 169 |
| Figura 142 | Temperatura entre Sierra – Costa..... | 170 |
| Figura 143 | Trampillas de aire del Toyota Prius. | 171 |
| Figura 144 | Presión de flujo de aire. | 172 |
| Figura 145 | Presión de flujo de aire y potencia de consumo del compresor A/C. | 173 |
| Figura 146 | Presión y temperatura de aire..... | 174 |
| Figura 147 | Curvas de presión y potencia de consumo del A/C. | 174 |
| Figura 148 | Velocidad del flujo de aire. | 175 |
| Figura 149 | Velocidad de aire y potencia de consumo del A/C. | 176 |
| Figura 150 | Velocidad y temperatura de aire. | 176 |
| Figura 151 | Curva de velocidad de aire y potencia del A/C..... | 177 |
| Figura 152 | Caudal del flujo de aire. | 178 |
| Figura 153 | Caudal de aire y potencia de consumo del A/C. | 179 |
| Figura 154 | Caudal de aire y temperatura. | 180 |
| Figura 155 | Curvas de volumen de aire y potencia de A/C..... | 181 |
| Figura 156 | Comportamiento del sensor de temperatura ambiental..... | 182 |
| Figura 157 | Comportamiento del sensor de temperatura en el habitáculo | 182 |
| Figura 158 | Funcionamiento del sensor de temperatura del evaporador..... | 183 |
| Figura 159 | Funcionamiento del sensor de presión. | 184 |
| Figura 160 | Funcionamiento del sensor de temperatura de refrigerante. | 184 |
| Figura 161 | Funcionamiento del sensor solar..... | 185 |
| Figura 162 | Selección modo amplificador directo al rostro | 186 |
| Figura 163 | Funcionamiento del servomotor de salida de aire..... | 186 |
| Figura 164 | Selección modo amplificador temperatura baja..... | 187 |
| Figura 165 | Funcionamiento del servomotor de entrada de aire. | 187 |
| Figura 166 | Selección cambio de frío a caliente..... | 188 |
| Figura 167 | Funcionamiento del servomotor de mezcla de aire..... | 188 |
| Figura 168 | Compresor en condiciones estáticas. | 189 |
| Figura 169 | Consumo del compresor en condiciones estáticas. | 190 |
| Figura 170 | Compresor en condiciones dinámicas..... | 190 |
| Figura 171 | Consumo del compresor en condiciones dinámicas. | 191 |
| Figura 172 | Temperatura y signos vitales Conductor..... | 194 |

| | | |
|-------------------|----------------------------------------|-----|
| Figura 173 | Temperatura y signos vitales OPD | 194 |
| Figura 174 | Temperatura y signos vitales OPD | 195 |
| Figura 175 | Temperatura y signos vitales OPD | 195 |

RESUMEN

En la presente investigación se estudió los procesos de operación y mantenimiento del sistema de aire acondicionado de vehículos híbridos y su incidencia en el sistema de confort, mediante pruebas de conducción prolongada se registraron datos de signos vitales de los ocupantes y datos ambientales tomados al entorno en los tramos de Sierra y Costa. Se realizaron las pruebas de valoración de confort mediante la utilización de los equipos ambientales Airflow meter 922 y el Higrómetro Protmex, la obtención de signos vitales mediante la utilización del tensiómetro, oxímetro y termómetro digital, la obtención de datos termográficos con la cámara termográfica TIS-60 considerando los valores permisibles a partir de las normas, NTP 074 como método de valoración de medio, NTP 011 como método de obtención del consumo metabólico del individuo, NTP 322 como método de obtención del índice de estrés térmico (WBGT). Se realizó la prueba de gestión electrónica mediante la utilización de la interface de Toyota TECHSTREAM visualizando el comportamiento del módulo de A/C e Híbrido de sensores y actuadores, cuyos resultados inciden en la presión, velocidad y volumen de aire que ingresa al interior del habitáculo, a partir de los resultados obtenidos en todas las pruebas se realizó un análisis estadístico descriptivo de la valoración de confort con el nivel de estrés térmico (WBGT).

PALABRAS CLAVE

- **AUTOMÓVILES - CONFORT**
- **AUTOMÓVILES - AIRE ACONDICIONADO**
- **TERMOGRAFÍA**
- **VEHÍCULOS HÍBRIDOS**

ABSTRACT

In this investigation project studied the process of operation and maintenance of air condition system for hybrid vehicles and their impact on the comfort system, through prolonged driving test are recorded vital signed data of the occupants and the environmental data in the regions Sierra and the Costa. Comfort assessment test were carried out through the use of the environmental Airflow Meter 922 and Protmex hygrometer, the obtaining of the vital signs by using the tensiometer, oximeter and digital thermometer, the obtaining thermographic data by a thermographic cam TIS-60, with consideration of the permissible values from the norm NTP 074 as a means method of valuation by NTP 011, as obtaining method of metabolic intake for the individual NTP 322, as obtaining method for the thermal stress index (WBGT). The electronic management test was carried out by the utilization of the Toyota TECHSTREAM interface visualizing the behavior the A/C module and hybrid sensor and actuators, whose results affect the pressure, speed and volume air entering the interior of the cabin, from the results obtained in all test descriptive statistical analysis of the comfort with the level of thermal stress (WBGT) was performed.

KEYWORDS

- **VEHICLES - COMFORT**
- **VEHICLES – AIR CONDITIONER**
- **TERMOGRAPHY**
- **HYBRID VEHICLES**

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes investigativos

Los primeros automóviles de la historia no protegían al pasajero de los agentes meteorológicos externos, procediendo a cubrir con la carrocería para conseguir este efecto, pasando después a introducir un sistema de calefacción que mejorase la temperatura del habitáculo cuando el vehículo circula con condiciones meteorológicas adversas, terminando con la inserción en el mercado automovilístico, combatiendo los efectos de calor en la incomodidad de los pasajeros. (Peláez, 2004, pág. 9)

El sistema acondicionador de aire es capaz de generar un ambiente en el interior del vehículo que agrade a los ocupantes del mismo, para lo cual es necesario reducir en primer término la temperatura, el cuerpo humano desprende calor, manteniendo su temperatura interna dentro de un entorno razonable cercano a los 37 grados, para lo cual es necesario que el aire al exterior tenga una temperatura inferior. (Peláez, 2004, pág. 10)

El aire acondicionado del vehículo puede afectar significativamente la economía de combustible y las emisiones del tubo de escape de los vehículos eléctricos convencionales e híbridos y reducir la gama de vehículos eléctricos. Los sistemas de aire acondicionado actuales pueden reducir la economía de combustible de los vehículos de alta economía de combustible en aproximadamente un 50% y reducir la economía de combustible de los vehículos medianos

de hoy en día en más del 20%, al tiempo que aumentan los NOx en casi un 80% y el CO en un 70%. (Farrington & Rugh, 2000)

Los sistemas de acondicionamiento de aire basan su funcionamiento en principios termodinámicos que hacen referencia a transformaciones o intercambios de calor. Las transformaciones termodinámicas tienen relación, a su vez con las nociones de temperatura, presión y cambios de estado de los fluidos, todo ello tratando de lograr la mayoría de confortabilidad posible de los pasajeros. (Peláez, 2004, pág. 10)

(Farrington & Rugh, 2000) , menciona que, el tamaño del sistema de aire acondicionado está relacionado con la carga térmica máxima en el vehículo, y la carga térmica máxima generalmente está relacionada con la temperatura máxima que alcanzará el habitáculo.

(Paucar & Yupa, 2017), menciona que, el sistema de renovación del aire del habitáculo del vehículo híbrido garantiza un estado de confort, y optimización de energía realizando un suministro de aire puro y la extracción del aire en el interior del vehículo asegurando la renovación de caudal.

Según la patente sobre Sistemas de calefacción / ventilación / aire acondicionado para vehículos. (EE.UU. Patente nº US 6988670 B2, 2006), menciona que el flujo de aire a través del módulo HVAC generalmente se controla mediante puertas de flujo de aire para abrir, cerrar o mezclar el aire a través de varios pasajes a través del módulo HVAC. Las puertas de flujo de aire pueden comprender puertas de mariposa, puertas de cubierta o paletas de rodillos.

(Denton, 2016), menciona que, en la actualidad existe un dispositivo de aire acondicionado que incluye un sistema de control para ahorrar combustible consumido y para mejorar la comodidad de los pasajeros al mismo tiempo.

(Bailes & Woodward, 2013), menciona que, el confort térmico de los pasajeros en un vehículo es provisto convencionalmente por el módulo de calefacción central, ventilación y aire acondicionado (A/C) del vehículo. Los pasajeros se calientan o se enfrían por convección a través del medio circundante en el interior del vehículo.

El sistema de climatización del vehículo híbrido es el encargado de gestionar las condiciones de temperatura, humedad y ventilación óptimas tales que permitan al conductor concentrarse en la conducción con la máxima confortabilidad, es decir es un medio esencial de seguridad preventiva, puede ser analizado a través del Techstream, que permite leer los valores o los estados de los interruptores, sensores, actuadores y otros elementos sin tener que extraer ninguna pieza. Esta inspección no intrusiva puede ser muy útil ya que permite detectar y localizar señales o averías existentes en el sistema antes de desarmar alguna pieza, lo que resulta en un ahorro de tiempo de diagnóstico. (Zambrano, 2010)

El desfogue de aire caliente tirando al ambiente más el aire fresco puede reducir la temperatura del interior. NREL fue probado en varias técnicas naturales y forzados de ventilación de autos estacionados en un Grand Cherokee 2000 Jeep. Los resultados muestran que el flujo inducido por convección natural puede ser efectivo estratégicamente ubicadas en entradas de aire, fue tan eficaz como la ventilación forzada por convección utilizando el soplador A/C en una velocidad media (Bharathan et.Al., 2007)

(Helerea & Radu, 2009), menciona que, el confort térmico está influenciado por una combinación de factores físicos, fisiológicos y psicológicos. Algunos factores incluyen la radiación solar y acristalamiento, colores interiores y exteriores, el tamaño del vehículo, y la capacidad de pasajeros de la cabina del vehículo.

El valor óptimo para la temperatura interior es una función de la temporada. Durante el invierno, la temperatura interior óptima adoptada es 22 ° C; Durante el verano, en la literatura se indican diferentes valores para la temperatura interior. Las zonas de temperatura del aire dentro de un vehículo no son homogéneas. Mientras que la temperatura del aire en los edificios generalmente aumenta con la altura del piso al techo, este hecho no es aceptable en los vehículos. En los vehículos, se espera que la temperatura del aire en el nivel del tobillo sea más alta que en el nivel de la cabeza. El estándar 55 de ASHRAE prescribe 3°C para la diferencia de temperatura del aire vertical entre la cabeza y el nivel del tobillo. Otros estudios establecen este límite hasta 6°C. (Helerea & Radu, 2009)

1.2. Planteamiento del Problema.

Debido a que Ecuador es el país de la región que registra el mayor número de ventas de vehículos híbridos. La participación en el mercado de estos modelos ha ido creciendo desde el 2015 de 1,2%, hasta el año 2017, donde la cifra ascendió al 3,1%. Teniendo la cantidad de 3.390 vehículos híbridos, mientras que, en el primer semestre del 2018, fueron 1.104 unidades.

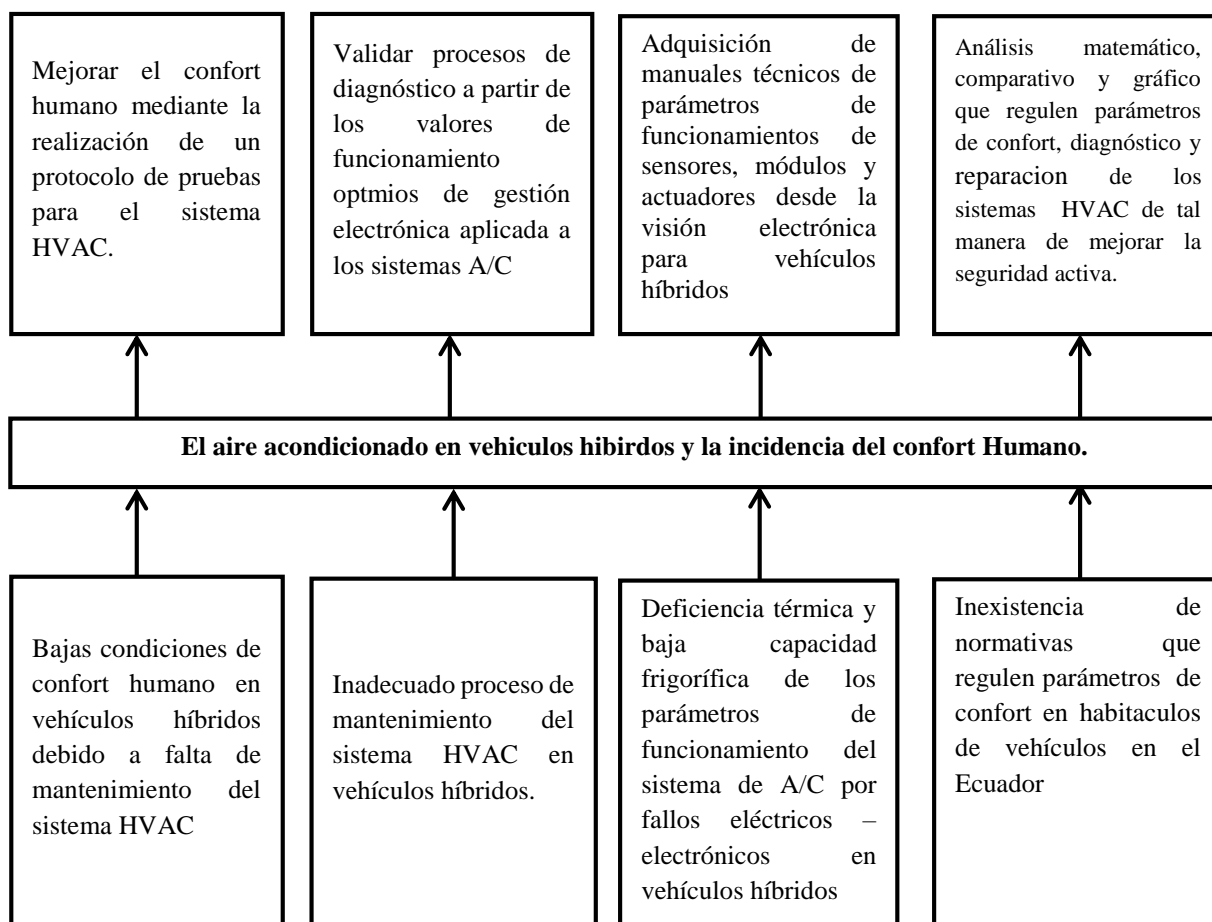


Figura 1. Árbol de problema.

Los avances tecnológicos de sistemas de seguridad en los vehículos van aumentando día a día; se ha observado una inadecuada renovación del aire en el habitáculo y procesos de mantenimiento que reducen el tiempo de vida del sistema de aire acondicionado por lo tanto genera una deficiencia de los parámetros térmicos del sistema que pueden ser ocasionados por

fallos eléctricos o electrónicos. El mantener una temperatura elevada en el habitáculo induce a la fatiga e incrementa el tiempo de reacción y frenado del conductor.

Se determinó la influencia de las diferentes condiciones de uso del sistema de A/C en el confort, mediante la realización de un protocolo de pruebas de conducción prolongada usando el aire acondicionado al máximo, medio y mínimo, usando instrumentos que permitan medir signos vitales del conductor (frecuencia cardiaca, presión arterial, saturación de oxígeno en la sangre y temperatura corporal). Es importante obtener parámetros de funcionamiento de sensores, módulos y actuadores desde la visión electrónica para vehículos híbridos.

Se analizó los procesos de operación y mantenimiento del sistema A/C en vehículos híbridos para comprender el comportamiento y la estructura del sistema para la optimización del consumo de energía.

En tal virtud el tema investigado es los procesos de operación y mantenimiento del sistema de aire acondicionado de vehículos híbridos para determinar la influencia en el sistema de confort.

1.3. Descripción resumida del proyecto.

En la presente investigación, se propone analizar procesos de operación y mantenimiento del sistema de aire acondicionado de vehículos híbridos para determinar la influencia en el sistema de confort.

Mediante la búsqueda de fuentes bibliográficas confiables se recopiló información relacionada a la operación, mantenimiento y estructura de los sistemas A/C utilizados en vehículos híbridos, así como también los aspectos del confort en los mismos.

Se verifico la estructura y composición del sistema del aire acondicionado de vehículos híbridos.

Se obtuvo datos de información del sistema de A/C a través del uso de la interface Techstream del vehículo híbrido Toyota Prius para la tabulación de parámetros óptimos de funcionamiento.

Mediante el uso del medidor de caudal de aire se realizó pruebas de funcionamiento (medición de: presión, volumen, velocidad y temperatura de aire), de acuerdo a los modos del uso del amplificador de A/C.

Para la determinación de la influencia del funcionamiento en el confort se realizó un protocolo de pruebas de conducción prolongada con diferentes condiciones de operación (máxima, media y mínima) usando instrumentos que permitieron medir signos vitales del conductor (frecuencia cardiaca, presión arterial, saturación de oxígeno en la sangre y temperatura corporal), tomando como referencia las normativas (Notas técnicas de prevención NTP 074, 322, 323, 1011)

1.4. Justificación e importancia

Los avances tecnológicos en el campo automotriz de sistemas de aire acondicionado en vehículos híbridos y convencionales han cambiado su forma de operación para reducir el consumo de combustible.

Las condiciones de confort humano por la falta o al inadecuado proceso de mantenimiento del sistema se convierten en un problema debido a que no se llega a cumplir un estándar en el confort para los ocupantes del vehículo híbrido, es por eso que la investigación sobre el sistema de aire acondicionado en HV y la incidencia en el confort humano es importante, ya que permitió establecer parámetros de funcionamiento, los que fueron utilizados para realizar comparaciones que demostraron la estabilidad térmica dentro del vehículo cumpliendo con los parámetros adecuados para los ocupantes.

El proyecto se enfocó en la realización de una investigación de los procesos de operación y mantenimiento del sistema de A/C de vehículos híbridos el cual permitió establecer como puntos principales el reconocimiento, funcionamiento y operación de los elementos que conforman el sistema. También se determinó los diferentes parámetros de funcionamiento al interior del vehículo, verificando si los datos obtenidos son los adecuados para el confort humano en los ocupantes.

Mediante esta investigación se demostró que las condiciones de operación y fallas en el funcionamiento se pueden obtener en los elementos del sistema de aire acondicionado, los mismos que contribuyeron a verificar si el confort es el adecuado para los ocupantes.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Realizar la investigación de los procesos de operación y mantenimiento del sistema de aire acondicionado de vehículos híbridos para determinar la influencia en el sistema de confort.

1.5.2. Objetivos específicos

- Recopilar información relacionada a la operación, mantenimiento y estructura de los sistemas A/C utilizados en vehículos híbridos, mediante la búsqueda de fuentes bibliográficas confiables.
- Verificar la estructura y composición del sistema del aire acondicionado de vehículos híbridos.
- Realizar el análisis de gestión electrónica del aire acondicionado de vehículos híbridos.
- Obtener los datos de información de programa a través del uso de la interface Techstream referidos al sistema de aire acondicionado de vehículos híbridos para la tabulación de parámetros óptimos de funcionamiento.
- Generar los procesos de mantenimiento y operación del sistema A/C en vehículos híbridos, mediante el uso de equipo especializado para poner a punto el sistema.
- Realizar un protocolo de pruebas de conducción prolongada con diferentes condiciones de operación del amplificador de A/C (máxima, media y mínima) usando instrumentos que permitan medir signos vitales del conductor.

1.6. Metas

- Determinar la eficiencia del sistema de aire acondicionado de vehículos híbridos de acuerdo a las etapas de operación del amplificador de A/C y establecer valores característicos de la gestión electrónica y su incidencia en el confort.

1.7. Hipótesis

La investigación de los procesos de operación y mantenimiento del sistema de aire acondicionado de vehículos híbridos permitirá obtener un máximo de confort para los ocupantes.

1.8. Variables de investigación

Para el proyecto de investigación se aplicó las variables como son: variables dependiente e independiente.

- **Variable Independiente:**

Sistema de aire acondicionado

- **Variables Dependiente:**

Sistema de confort

1.8.1. Variable dependiente

Sistema de confort

Tabla 1
Sistema de confort

| Concepto | Categoría | Indicadores | Ítem | Técnicas | Instrumentos |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------|------|----------|--------------------------------------------------------------|
| El sistema de confort en los sistemas de climatización permite mantener una temperatura constante dentro del vehículo. | Influencia del sistema A/C sobre la capacidad del individuo | Temperatura Corporal | °C | Medición | Instrumento de Laboratorio Cámara termográfica |
| | | Presión arterial | % RH | Medición | Instrumento de Laboratorio Tensiómetro digital de muñeca. |
| | | Saturación de Oxígeno en la sangre | % | Medición | Instrumento de Laboratorio Oxímetro de pulso |
| | | Frecuencia Cardíaca. | % RH | Medición | Instrumento de Laboratorio Tensiómetro digital de muñeca. |

1.8.2. Variable independiente

Sistema de aire acondicionado.

Tabla 2
Sistema de aire acondicionado

| Concepto | Categoría | Indicadores | Ítem | Técnicas | Instrumentos |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|------|----------|------------------------------------------------------------------|
| Refiere al sistema que permiten crear en el interior del vehículo condiciones de temperatura, humedad y ventilación | PIDs sistemas de A/C en vehículos híbridos. | Sensor de regulador de presión. | Psi | Medición | Instrumento de Laboratorio Scanner Osciloscopio Automotriz |
| | | Sensor de temperatura ambiente | °C | Medición | Instrumento de Laboratorio Scanner Osciloscopio Automotriz |

CONTINÚA →

| | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----|----------|---------------------------------------------------------------------|
| óptimas, que permitan al conductor concentrarse en la conducción. | Sensor de temperatura interior | °C | Medición | Instrumento de Laboratorio Scanner Osciloscopio Automotriz |
| | Sensor de temperatura del evaporador | °C | Medición | Instrumento de Laboratorio Scanner Osciloscopio Automotriz |
| | Sensor solar de A/C | | Medición | Instrumento de Laboratorio Scanner Osciloscopio Automotriz |

1.9. Metodología de desarrollo del proyecto

En la presente investigación de la gestión electrónica del sistema de aire acondicionado en vehículos híbridos y su incidencia en el confort humano, se establecieron parámetros de operatividad del sistema de A/C, para lo cual se utilizó métodos que se disponen a continuación.

- **Método experimental**

Se utilizó este método para determinar el comportamiento ambiental y térmico bajo diferentes situaciones, en condiciones normales y con fallos al funcionamiento del sistema de A/C, aplicando procedimientos bajo normativas establecidas, reglamentos e instrumentos.

- **Método de medición**

Con el método de medición se obtuvieron valores de funcionamiento y operación, que establecieron el adecuado confort humano, mediante las diferentes condiciones del sistema de A/C.

- **Método comparativo**

Se utilizó este método para comparar los diferentes parámetros del confort humano, bajo las diferentes pruebas de operación y funcionamiento, de acuerdo a las etapas de carga del sistema A/C.

- **Método deductivo**

La investigación se enfocó en el análisis de los elementos que conforman el sistema de A/C, mediante magnitudes numéricas que fueron analizados por medio de comparaciones relacionados con el confort.

- **Método de síntesis**

Se utilizó este método para representar el proceso de medición y cuantificación del confort humano, frente a los diferentes procesos de funcionamiento y operatividad del sistema de A/C, con la aplicación de pruebas en concordancia con normativas nacionales e internacionales.

- **Matematización**

Constituida por un conjunto de leyes que permitieron comparar los resultados obtenidos en las pruebas de conducción prolongada, con el sistema a diferentes etapas de carga logrando comprender la influencia en el confort.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Normativas

2.1.1. Protocolo de Montreal

Este protocolo se fijó la eliminación del clorofluorocarbono (CFC) y los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) los cuales agotan la capa de ozono para enero de 1996 y enero de 2030 respectivamente.

En la historia del automóvil se han utilizado dos tipos de fluidos: el R12 que es actualmente prohibido y el R134a que es el fluido más común en la mayoría de vehículos. En la actualidad se están implantando paulatinamente dos gases menos nocivos para el medio ambiente como el R744 y el R1234yf.

La tabla 3 indica las características de los diferentes fluidos refrigerantes utilizados en los vehículos antiguos y actuales:

Tabla 3
Características de los fluidos refrigerantes

| Agente frigorífico | R12 (HCFC) | R134a (HCF) | R134yf (HCF) | R744 (CO2) |
|-----------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
| Degradación del extracto de ozono | Si | No | No | No |
| Efecto invernadero (GWP)A | Aproximadamente 10000 veces superior a CO2 | Aproximadamente 14000 veces superior a CO2 | Aproximadamente 4 veces superior a CO2 | Aproximadamente 1 vez superior a CO2 |

CONTINÚA →

| Año en el vehículo | Hasta 1992 | A partir del 1991 | A partir del 2016 | A partir del 2017 |
|----------------------------|------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Tipo de agente frigorífico | Sintético | Sintético | Sintético | Natural |
| Combustible | No | No | Si | No |
| Presiones | <30 bares | <30 bares | <30 bares | <140 bares |

Fuente: (Barrera & Ros, 2019)

2.1.2. Normativa internacional NTP -243

Ambientes cerrados: calidad de aire. En esta norma se establece la calidad de aire en ambientes cerrados, los efectos sobre la salud, los métodos de control de calidad de aire y condiciones de renovación de aire. (NTP 323, 1989)

En la tabla 4 se refleja las condiciones de renovación de aire en un habitáculo.

Tabla 4

Condiciones de renovación de aire

| Condición | Parámetros |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Suministro de aire | > 30 – 50 m ³ /hora/Trabajador Renovación total del aire |
| Velocidad de aire | > 6 veces /hora |
| Temperatura | > 15 m/min (Temperatura ambiental) |
| Humedad relativa | 17 a 22 °C |
| | 40 – 60 % |

Fuente: (NTP 323, 1989)

2.1.3. Normativa internacional NTP -322

Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT. Esta normativa establece métodos de valoración del ambiente térmico y como la existencia de calor en el ambiente constituye una fuente de problemas que se convierten en quejas por falta de confort, bajo rendimiento en el trabajo y riesgos en la salud. (NTP 322, 1999)

En la figura 2 se detallan los índices de valoración de un ambiente térmico.

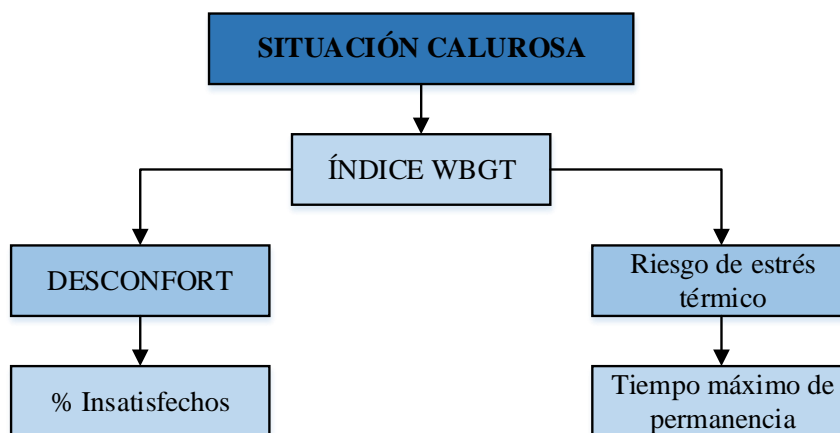


Figura 2. Índices de valoración de ambiente térmico

Fuente: (NTP 322, 1999)

Las siguientes ecuaciones son usadas para determinar el índice WBGT en el interior del habitáculo.

$$WBGT = 0.7T_{HN} + 0.2T_G + 0.1T_A$$

Ecuación 1. Índice de estrés térmico

- (T_G) Temperatura de globo: temperatura por radiación.

$$T_G = (1,360T_A - 2,358)(0,0747 * \ln(S) + 0,5617)$$

Ecuación 2. Temperatura de globo

- S= radiación total del sol [W/m²]
- (T_{HN}) Temperatura húmeda natural o bulbo húmedo [°C]
- (T_A) Temperatura seca del aire [°C]

En Ecuador según el INAMHI la radiación total del sol es de 3 a 4 $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$ /día, equivalente a 125 a 166,67 $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$.

Los niveles del índice WBGT, cada rango de temperatura es un nivel, pueden ser extremo, alto, moderado, escaso y creciente, como se indica en la tabla 5. El riesgo extremo para sobrecalentamiento (nivel rojo) se da en un índice mayor a 28°C y el riesgo creciente para hipotermia es con un índice menor o igual a 10°C.

Tabla 5
Niveles del índice WBGT

| Bandera de aviso | Riesgo | Para | WBGT (°C) | WBGT (°F) |
|------------------|-----------|--------------------|-------------|-------------|
| | Extremo | | >28,0 | >82,0 |
| | Alto | Sobrecalentamiento | 23,1 – 28,0 | 73,1 – 82,0 |
| | Moderado | | 18,1 – 23,0 | 65,1 – 73,0 |
| | Escaso | | 10,1 – 18,0 | 50,1 – 65,0 |
| | Creciente | Hipotermia | ≤10 | ≤50 |

Fuente: (Ariel's checklist, 2014)

2.1.4. Normativa internacional NTP-1011

La norma NTP-1011: Determinación del metabolismo energético mediante tablas, permite determinar el consumo energético mediante tablas obteniendo como resultado el consumo metabólico medio global el que depende del componente postural, tipo, tiempo de trabajo y metabolismo basal. Esta norma presenta un sistema para determinar la tasa metabólica media en función del tiempo y cuenta de tres pasos:

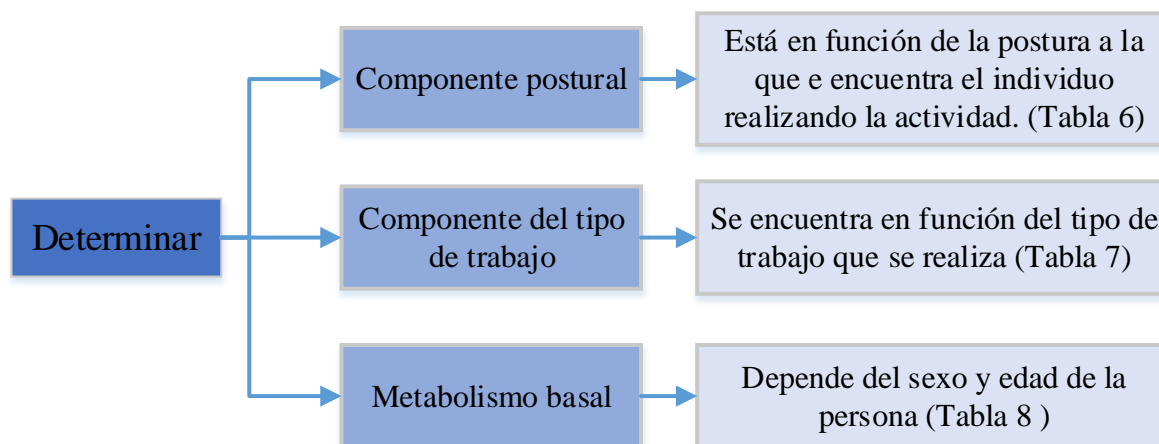


Figura 3. Determinación tasa metabólica
Fuente: (NTP 1011, 2014)

La tabla 6 indica la tasa metabólica debido a las posturas del cuerpo en posición sentado, de rodillas, encucilladas y de pie e inclinado.

Tabla 6

Tasa metabólica según las posturas del cuerpo

| Postura del cuerpo | Tasa metabólica en (W/m ²) |
|----------------------------------|-----------------------------------------|
| Sentado | 0 |
| De rodillas | 10 |
| Encucilladas | 10 |
| De pie | 15 |
| De pie e inclinado hacia delante | 20 |

La tasa metabólica para diversas ocupaciones se registra a través de la tabla 7, según los tipos de trabajo como sedentario, conductor de automóvil, autobús, tranvía y grúa.

Tabla 7

Tasa metabólica para diversas ocupaciones

| Ocupación | Tasa metabólica en (W/m ²) |
|------------------------|-----------------------------------------|
| Trabajo sedentario | 55 a 70 |
| Conductor de automóvil | 70 a 100 |
| Conductor de autobús | 75 a 125 |
| Conductor de tranvía | 80 a 115 |
| Operador de grúa | 65 a 145 |

Fuente: (NTP 1011, 2014)

El metabolismo basal por persona se determina dependiendo de la edad y el sexo como se indica en la tabla 8.

Tabla 8
Metabolismo basal por persona

| VARONES | | MUJERES | |
|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
| Años de edad | Watios/m ² | Años de edad | Watios/m ² |
| 12 | 54,230 | 12 | 51,365 |
| 13-15 | 53,766 | 12,5 | 50,553 |
| 16 | 53,035 | 13 | 49,764 |
| 16,5 | 52,548 | 13,5 | 48,836 |
| 17 | 51,968 | 14 | 48,082 |
| 17,5 | 51,075 | 14,5 | 47,258 |
| 18 | 50,170 | 15 | 46,516 |
| 18,5 | 49,532 | 15,5 | 45,704 |
| 19 | 49,091 | 16 | 45,066 |
| 19,5 | 48,720 | 16,5 | 44,428 |
| 20-21 | 48,059 | 17 | 43,871 |
| 22-23 | 47,351 | 17,5 | 43,384 |
| 24-27 | 46,678 | 18-19 | 42,618 |
| 28-29 | 46,180 | 20-24 | 41,969 |
| 30-34 | 45,634 | 25-44 | 41,412 |
| 35-39 | 44,869 | 45-49 | 40,530 |
| 40-44 | 44,080 | 50-54 | 39,394 |
| 45-49 | 43,349 | 55-59 | 38,489 |
| 50-54 | 42,607 | 60-64 | 37,828 |
| 55-59 | 41,876 | 65-69 | 37,468 |
| 60-64 | 41,157 | | |
| 65-69 | 40,368 | | |

Fuente: (NTP 1011, 2014)

El consumo metabólico basal es la suma de las tres tasas metabólicas que se encuentran en las tablas 5,6 y 7, las que dependen de la edad, la ocupación y la postura en la que se encuentra el individuo.

$$M_{TOTAL} = M_1 + M_2 + M_3 [W/m^2]$$

Ecuación 3. Consumo metabólico basal

Donde:

- M_{TOTAL} : Consumo metabólico basal
- M_1 : Tasa metabólica debido a las posturas del cuerpo
- M_2 : Tasa metabólica para diversas ocupaciones

- M_3 : Metabolismo basal por persona

Para conocer el consumo metabólico basal en un ciclo de trabajo se tiene la siguiente ecuación:

$$M_T = M * t$$

Ecuación 4. Tasa metabólica media en función del tiempo

Donde:

- M_T : Tasa metabólica media en función del tiempo
- M_{TOTAL} : Consumo metabólico basal
- t : Tiempo empleado en el trabajo

2.1.5. Normativa internacional NTP 074.

Existen métodos para valorar el confort térmico, por índice de estrés térmico y por valoración de medio uno de ellos es el método usado en las Notas Técnicas de Prevención NTP 74, donde existen tres variables principales para valorar un ambiente. (NTP 074, 1983)

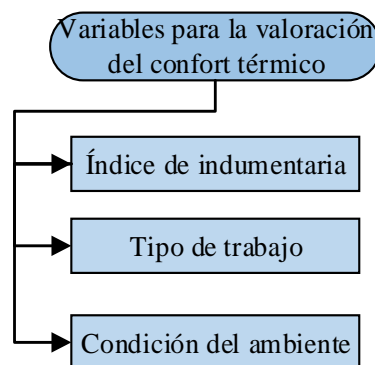


Figura 4. Variables para la valoración de confort térmico.
Fuente: (NTP 074, 1983)

La tabla 9 relaciona el índice IVM con la velocidad relativa del aire directo al cuerpo, el índice de indumento, el nivel de actividad y la temperatura a la que se encuentra el medio.

Tabla 9
Índice IMV

| Vestido (clo) | Nivel de actividad (Kcal/h) | Temperatura seca (°C) | Velocidad relativa ($\frac{m}{s}$) | | | |
|------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|
| | | | <0.10 | 0.2 | 1.5 | |
| 1 | 110 | 16 | -1.18 | -1.43 | -2.29 | |
| | | 18 | -0.75 | -0.98 | -1.75 | |
| | | 20 | -0.32 | -0.54 | -1.20 | |
| | | 22 | 0.13 | -0.07 | -0.64 | |
| | | 24 | 0.58 | 0.40 | -0.07 | |
| | | 26 | 1.03 | 0.86 | 0.50 | |
| | | 28 | 1.47 | 1.34 | 1.06 | |
| | 125 | 30 | 1.91 | 1.78 | 1.63 | |
| | | 14 | -1.05 | -1.26 | -2.07 | |
| | | 16 | -0.69 | -0.89 | -1.61 | |
| | | 18 | -0.32 | -0.52 | -1.35 | |
| | | 20 | 0.04 | -0.14 | -0.69 | |
| | | 22 | 0.42 | 0.25 | -0.21 | |
| | | 24 | 0.80 | 0.65 | 0.27 | |
| | 145 | 26 | 1.18 | 1.04 | 0.75 | |
| | | 28 | 1.55 | 1.44 | 1.23 | |
| | | 12 | -1.01 | -1.19 | -1.94 | |
| | | 14 | 0.68 | -0.87 | -1.54 | |
| | | 16 | 0.36 | -0.53 | -1.13 | |
| | | 18 | 0.04 | -0.20 | -0.33 | |
| | | 20 | 0.28 | 0.13 | -0.32 | |
| | 180 | 22 | 0.62 | 0.48 | 0.10 | |
| | | 24 | 0.96 | 0.83 | 0.52 | |
| | | 26 | 1.29 | 1.18 | 0.94 | |
| | | 30 | 1.46 | 1.19 | - | |
| | | 8 | -0.95 | -1.11 | -1.56 | |
| | | 10 | -0.68 | -0.84 | -1.52 | |
| | | 12 | -0.41 | -0.56 | -1.18 | |
| | 0,75 | 180 | 14 | -0.13 | -0.28 | -0.83 |
| | | | 16 | 0.14 | 0.00 | -0.49 |
| 18 | | | 0.41 | 0.28 | -0.14 | |
| 20 | | | 0.68 | 0.57 | 0.20 | |
| 22 | | | 0.96 | 0.87 | 0.56 | |
| 10 | | | -1.16 | -1.35 | -2.34 | |
| 12 | | | -0.84 | -1.03 | -1.93 | |
| 0,75 | 180 | 14 | -0.52 | -0.70 | -1.51 | |
| | | 16 | -0.20 | -0.38 | -1.10 | |
| | | 18 | 0.12 | -0.05 | -0.68 | |
| | | 20 | 0.43 | 0.28 | -0.26 | |
| | | 22 | 0.75 | 0.62 | 0.17 | |
| | | 24 | 1.07 | 0.97 | 0.61 | |

Fuente: (NTP 074, 1983)

En la figura 5 se muestra la gráfica PPD vs PMV, sirve para determinar el índice de valoración de medio IVM o PMV.

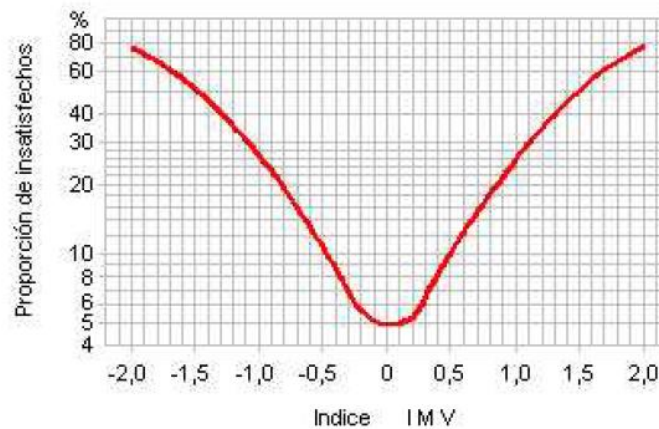


Figura 5. Gráfica PPD vs PMV

Fuente: (NTP 074, 1983)

La relación entre el índice de valoración de medio con sensaciones que presenta el individuo durante la exposición a un medio se presenta en la tabla 10.

Tabla 10

Índice de valoración de medio

| Índice IVM | Sensaciones |
|------------|----------------------|
| +3 | Muy caluroso |
| +2 | Caluroso |
| +1 | Ligeramente caluroso |
| 0 | Neutro (confortable) |
| -1 | Frío |
| -2 | Ligeramente frío |
| -3 | Muy frío |

Fuente: (NTP 074, 1983)

2.2. Confort humano en vehículos híbridos.

Los factores principales que influyen en la sensación de bienestar ambiental o confort de una persona son la temperatura y la humedad relativa; los factores secundarios que son

determinantes son la velocidad del aire y el tipo de metabolismo, la presión y los antecedentes antes de ingresar en el vehículo. (Barrera & Ros, 2019)

2.2.1. Factores principales

Los factores principales que establecen las condiciones de confort en el habitáculo son:

- **La temperatura del aire:** depende de su velocidad, de la temperatura ambiente del exterior y de la velocidad de marcha del vehículo. (Domínguez & Ferrer, 2013)
 - ✓ **Temperatura de bulbo húmedo:** Medida del calor sensible del aire expresado en grados Fahrenheit o Celsius, es medida con un termómetro ordinario.
 - ✓ **Temperatura de punto de rocío:** Indica la cantidad de humedad contenida en el aire, siendo la temperatura a la cual se satura el aire.

- **La humedad relativa del aire:** se define como la relación de la densidad del vapor de agua en el aire con la saturación a la temperatura correspondiente, es decir la cantidad de agua en suspensión. (Hernández, 2009)

2.2.2. Factores secundarios

Barrera y Ros (2019) afirman que los factores secundarios que afectan la percepción del confort son:

- **La velocidad del aire:** La velocidad óptima del aire está entre $0,15 \frac{m}{s}$ y $0,24 \frac{m}{s}$, esto se debe a que, si la velocidad de salida del aire es elevada y el caudal de aire está dirigido hacia los ocupantes, esto puede modificar la temperatura de confortabilidad.
- **Tipo de metabolismo:** Dependiendo del tipo de metabolismo de cada persona se buscan condiciones ambientales de temperatura o humedad diferentes a las condiciones estándar.
- **Antecedentes de los ocupantes de actividad:** Dependiendo de la actividad que la persona ha estado realizando antes de ingresar al vehículo como ejercicio o clima al cual estuvo expuesta, la persona necesita diferentes temperaturas para encontrarse cómoda.

2.2.3. Otros factores.

Otros factores que afectan al confort de los ocupantes de un vehículo son el índice metabólico energético, el cual se calcula mediante la suma de los parámetros establecidos en las Tablas 5, 6 y 7 y el índice de indumento que son características térmicas de indumentaria que se miden en la unidad “clo”, presentando como niveles más usuales se muestran en la tabla 11. (Barrera & Ros, 2019)

Tabla 11
Índice de indumento

| Indumentaria | Clo |
|--------------|-----|
| Ligero | 0,5 |
| Medio | 1,0 |
| Pesado | 1,5 |

Fuente: (NTP 074, 1983)

2.3. Conducción prolongada.

Para una conducción prolongada se sugiere descansar adecuadamente y con un estado físico que permita conducir en óptimas condiciones. La falta de confort en el habitáculo llega a causar sueño y fatiga haciendo así de un viaje un suplicio o lo que es peor un riesgo de accidente. Los signos vitales deben estar dentro de los rangos normales para que el conductor o pasajeros tengan un viaje confortable.

Los signos vitales varían dependiendo del sujeto, según la edad, posición del cuerpo, el ejercicio, hora del día, tensión emocional y enfermedades que padezca. Además de los signos vitales se debe tener en cuenta el índice de indumento y el metabolismo basal de los ocupantes.

Según los signos vitales incluyen:

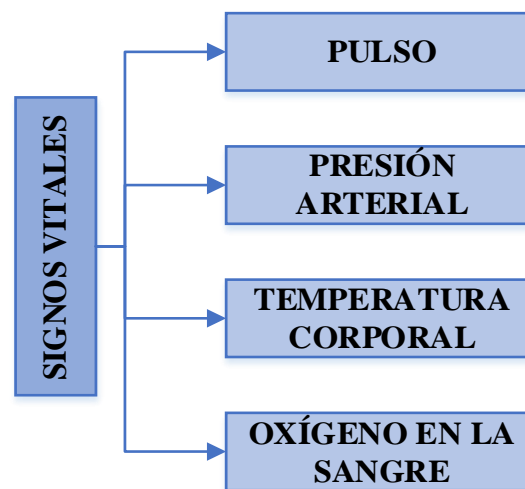


Figura 6. Signos vitales
Fuente: (Fernandez & Rodriguez, 2003)

2.3.1. Temperatura corporal

La temperatura del ser humano es el resultado del equilibrio que se mantiene entre el calor producido y el perdido por el cuerpo. La temperatura normal de una persona es de 37° centígrados variando dependiendo del género de la persona, de donde se realice la medición, su actividad reciente, la hora del día, consumo de alimentos y líquidos. La medición se realiza con el termómetro ya sea digital o de mercurio.

La tabla 12 muestra las consideraciones que se debe tener con los resultados de la temperatura corporal.

Tabla 12
Valores de temperatura corporal

| Temperatura (°C) | Descripción |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <35 | Hipotermia: Temperatura baja |
| 37 | Normal |
| 37 – 37,9 | Febrícula: fiebre ligera |
| 38 – 38,9 | Fiebre moderada |
| 39 – 40 | Fiebre alta |
| 40 | Hipertermia: temperatura corporal asciende a niveles superiores a los normales y el sistema de termorregulación del cuerpo no funciona correctamente. |

Fuente: (Fernandez & Rodriguez, 2003)

2.3.2. Pulso

Es la medida de la frecuencia cardiaca, es decir el número de veces que late el corazón por minuto. Al medir el pulso también se mide el ritmo del corazón y la fuerza de los latidos. La medición del pulso puede realizarse mediante el oxímetro, tensiómetro o de forma manual. En la tabla 13 se indican las consideraciones de los valores normales de la frecuencia cardiaca medida en reposo. (Jaimes, Grajales, Cervantes, & Antonio, 2018)

Tabla 13
Valores de Frecuencia cardiaca

| Frecuencia Cardiaca (latidos por minuto) | Descripción |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 120 a 140 | Recién nacidos hasta bebés de 3 meses |
| 80 a 150 | Hasta 2 años |
| 70 a 110 | De 2 a 10 años |
| 55 a 90 | Mayores a 10 años |
| 60 a 100 | Adultos |

Fuente: (Mejía Salas & Mejía Suárez, 2012)

Las consideraciones adicionales son la valoración antes de tomar el pulso. Si la persona ha realizado ejercicio, si ha sufrido alguna alteración emocional o de ansiedad, si tiene dolor o fiebre y si toma alguna medicación, porque esto provoca elevaciones o falsos descensos de la frecuencia cardiaca; en caso de que la persona ha realizado ejercicio esperar 15 minutos mínimo para tomar el pulso y no utilizar el dedo pulgar para la toma de pulso debido a que este tiene pulso propio. (Fernandez & Rodriguez, 2003)

2.3.3. Oxígeno en la sangre

El corazón al bombear sangre une al oxígeno y a los glóbulos rojos y se reparte por todo el cuerpo. La medida de la cantidad de oxígeno disponible en la sangre es conocida como saturación de oxígeno. Mediante la tabla 14 se muestran los diferentes niveles de oxígeno en la sangre. (Penagos, Salazar, & Vera, 2019)

Tabla 14
Valores de oxígeno en la sangre

| Nivel | Oxígeno en la sangre (%) | Causas |
|----------------|---------------------------------|----------------------|
| Normal | 95a 100 | Adecuado y saludable |
| Regular | >90 | Hipoxemia |
| Bajo | 80% de oxígeno | Hipoxemia severa |

Fuente: (Penagos, Salazar, & Vera, 2019)

2.3.4. Presión arterial

Fuerza que ejerce la sangre contra las paredes de las arterias. Al medir este parámetro se registran dos cifras la cifra más alta (sistólica) es cuando el corazón se contrae y bombea sangre al cuerpo, mientras que la cifra más baja (diastólica) es cuando el corazón está en reposo y se está llenando de sangre. Se mide con ayuda del tensiómetro, y la unidad con la que se mide es mm Hg. (Fernandez & Rodriguez, 2003)

Tabla 15
Niveles de presión arterial en adultos

| Tensión (mm Hg) | | Nivel | Descripción |
|-----------------|------------|-------------|--------------|
| Sistólica | Diastólica | | |
| <90 | <60 | Baja | Hipotensión |
| >120 a 129 | 80 y 84 | Normal | Normal |
| >129 a 139 | 80 y 84 | Normal alta | Normal alta |
| >140 | > 85 | Elevado | Hipertensión |

Fuente: (Fernandez & Rodriguez, 2003)

2.4. Sistema de climatización en vehículos híbridos.

(Rosales, 2014), menciona que, 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.

El sistema de climatización automotriz de un vehículo híbrido tiene como finalidad proporcionar el confort humano al interior del mismo, garantizando la seguridad de los ocupantes durante el transcurso del viaje, y cuando los ocupantes lo requieran.

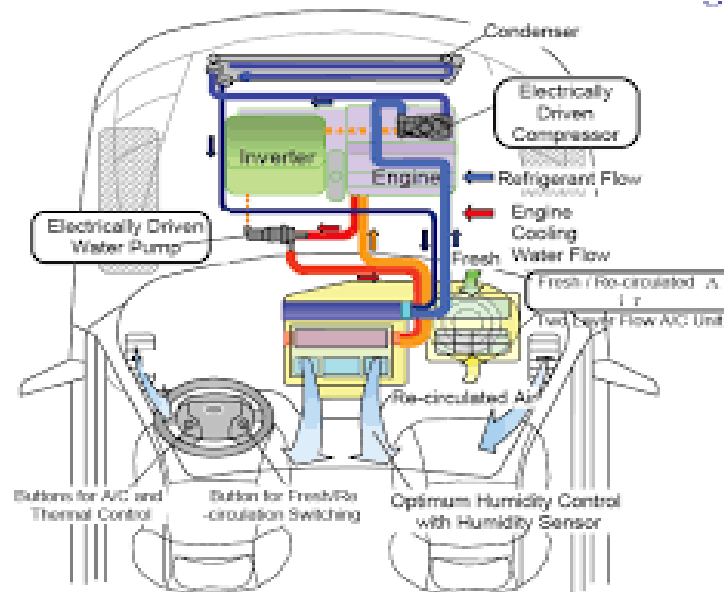


Figura 7. Estructura del A/C vehículos híbridos

Fuente: (Sanz, 2016)

El correcto funcionamiento del sistema de climatización en un vehículo a combustión o en un híbrido, dependerá particularmente de un gas refrigerante el cual se encargará de prevalecer en el ciclo de funcionamiento del aire acondicionado.

2.4.1. Funcionamiento.

El funcionamiento del sistema de climatización de un vehículo híbrido permite acondicionar la temperatura del habitáculo para mejorar el confort de los pasajeros, reduciendo la fatiga en conducciones prolongadas.

2.4.2. Ciclo de refrigeración

El funcionamiento del sistema de climatización opera de acuerdo a un ciclo de refrigeración el cual se define como un proceso termodinámico.

El ciclo de refrigeración es un ciclo termodinámico que se rige en 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. (Rosales, 2014)

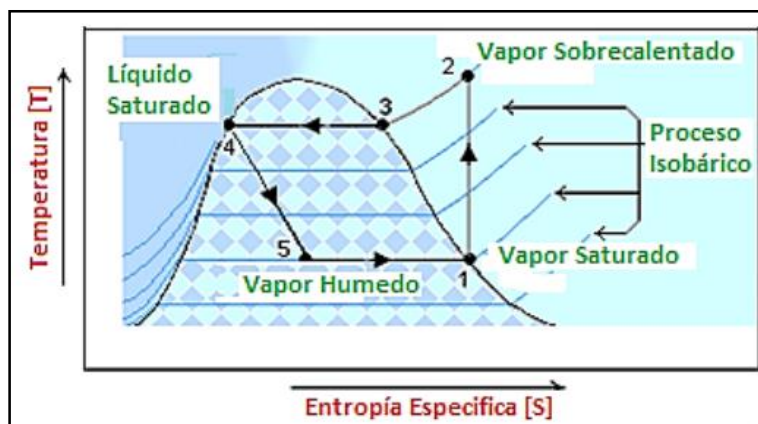


Figura 8. Ciclo de refrigeración.

Fuente: (Rosales, 2014)

2.5. Componentes del sistema de climatización

Los componentes en el sistema de climatización automotriz, de un vehículo híbrido está compuesto por:

2.5.1. Compresor

Los sistemas de aire acondicionado de los vehículos híbridos, que, dependiendo de la configuración de los motores propulsores, pueden venir equipados con compresores tradicionales accionados por una correa impulsada por el motor de combustión o como es el caso del presente estudio, estar equipados con compresores accionados por un motor eléctrico integrado en el cuerpo del mismo compresor. (Skala, 2014)

Los compresores de alto voltaje manejan la regulación de potencia que se ajusta de acuerdo al número de revoluciones, que son calculadas por el módulo de control en función de la variación de temperatura del habitáculo.

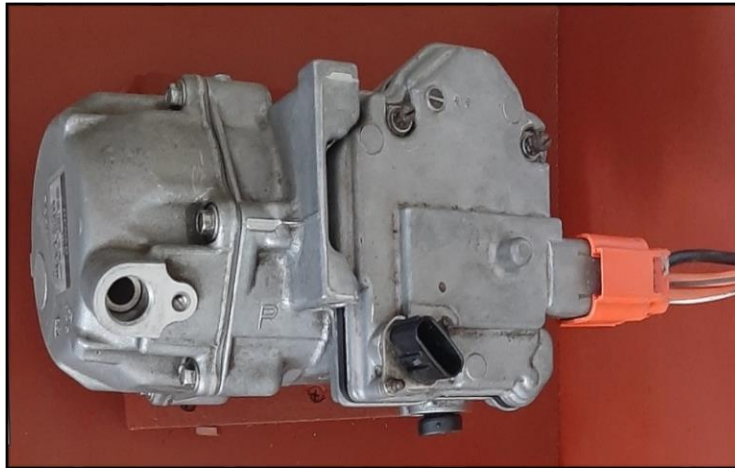


Figura 9. Compresor de A/C de alto voltaje.

El sistema de bombeo que es "Scroll" tiene la propiedad de ser silencioso, baja demanda de energía y alta capacidad de bombeo a bajas RPM. Al ser impulsado por un motor eléctrico cuyas RPM son calculadas por el módulo de control, fácilmente controla la temperatura de habitáculo variando las mismas, optimizando el consumo de energía. (Skala, 2014)

En la figura 10 se muestra un compresor rotativo, se denomina scroll debido a sus dos piezas, la primera se encuentra fija en la carcasa del compresor, mientras la otra es móvil y se halla en la parte interior que es accionada a través de un eje, asegurando que el aire acondicionado siga funcionando mientras el motor se encuentra apagado.

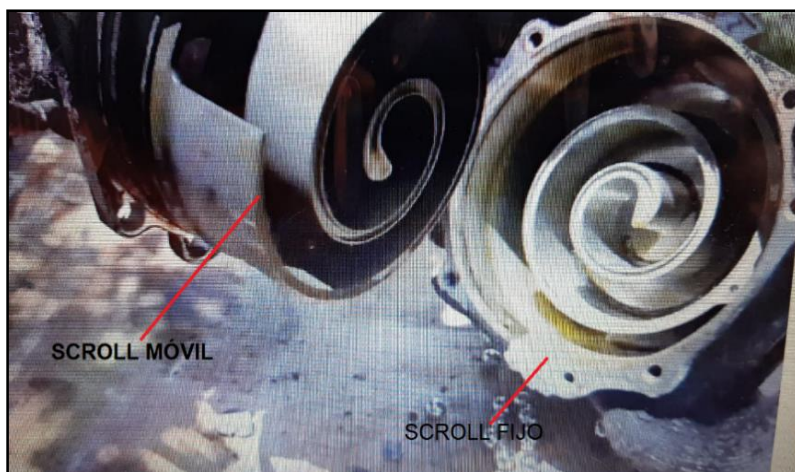


Figura 10. Compresor de A/C tipo rotativo o scroll.

2.5.2. Inversor del aire acondicionado.

Este elemento es importante en el funcionamiento del compresor al momento de empezar a operar el sistema de aire acondicionado.

Este componente es fundamental en el vehículo híbrido, incorpora gran cantidad de elementos eléctricos y electrónicos pero el funcionamiento es controlado por la unidad de control del sistema híbrido ECU (HV). Este sistema se encarga de controlar al inversor y generalmente cualquier tipo de diagnóstico del mismo incluidos el DTC. (Augeri, 2010)

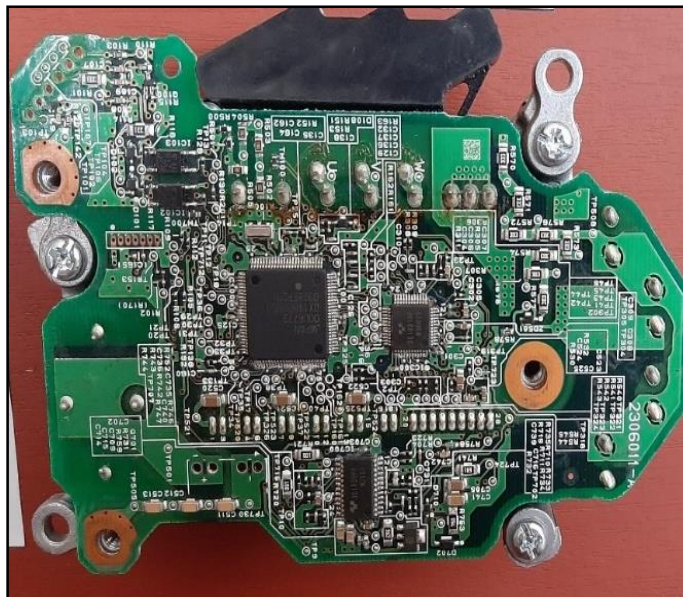


Figura 11. Placa del inversor del A/C.

Al tener tres cables de alta tensión en la entrada del compresor la placa del inversor conductor se halla alojado en el compresor eléctrico, el inversor conductor estará alojado en el módulo inversor junto a los motores generadores, cuando existan dos cables de alta tensión en la entrada del compresor.

2.5.3. Amplificador del A/C

El sistema de climatización tiene un control central, denominado amplificador de A/C, tiene como función principal interpretar las condiciones operativas del sistema de aire acondicionado, mediante sensores y actuadores, los cuales se encargan de enviar información a la ECU del sistema híbrido. También se encarga de calcular la velocidad a la que está operando el compresor, de acuerdo a la temperatura del evaporador. En algunos sistemas automáticos el amplificador de A/C también determina la temperatura de salida y volumen de aire del ventilador de acuerdo a los datos obtenidos con los sensores.

El amplificador del A/C calcula la temperatura deseada del evaporador, que incluye correcciones basadas en el interruptor de control de temperatura, el sensor de temperatura interior, el sensor de temperatura exterior, el sensor de control automático de luces y el sensor de temperatura del evaporador. En consecuencia, el amplificador del A/C controla la velocidad del compresor de forma que no inhiba el rendimiento de refrigeración o el rendimiento del desempañador. (Zambrano, 2015)



Figura 12. Amplificador de A/C.

2.6. Actuadores

2.6.1. Servomotores del sistema de A/C

- **Mezcla de aire:** El servomotor de mezcla de aire actúa de acuerdo al cambio de temperatura de frío a caliente que se requiera en el habitáculo, la función principal es regular la cantidad de aire que pase por el calentador PTC para pasar por el evaporador controlando la temperatura de aire que salga a través de la trampilla al interior del habitáculo.

- **Entrada de aire:** El servo motor de control de entrada de aire funciona mediante señales que envía al amplificador de A/C para indicar la posición de la compuerta de aire, para lo cual se activa el motor de forma normal o inversa, mediante la selección del modo de entrada de aire en las diferentes posiciones (Fresco, Fresco/ Recirculación y Recirculación).
- **Salida de aire:** El servo motor de control de salida de aire funciona mediante señales de pulso que envía al amplificador de A/C, para indicar la posición de la compuerta de aire, y activa al motor en forma normal o inversa de acuerdo a las señales se moverá en diferentes direcciones que controlen la conmutación de salida de aire.



Figura 13. Servomotor del sistema de A/C

Fuente: (Самолётов, 2016)

2.6.2. Calentador PTC

Estos calentadores son de coeficiente de temperatura positivo también denominados PTC, estos suelen usar tintas conductoras impresas, que producen un calentamiento mucho más rápido y seguro, por lo general se encuentra ubicado encima del núcleo de calefacción en la unidad del aire acondicionado.

El conjunto del calentador PTC consta de una aleta de aluminio y una placa de latón, que al aplicar corriente al elemento PTC, genera calor para calentar el aire.

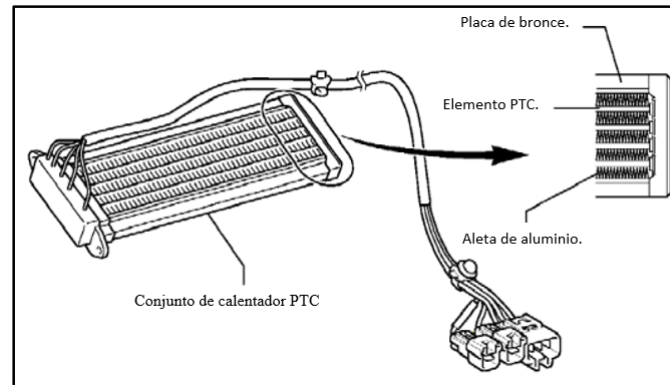


Figura 14. Calentador PTC.
Fuente: (TOYOTA, 2010)

2.6.3. Motor del Soplador

El motor soplador denominado Blower, permite el paso del flujo de aire que se genera mediante la calefacción o refrigeración con dirección hacia el habitáculo. Los sopladores para HVAC funcionan empujando el aire de acuerdo a la inclinación del ángulo que se encuentre con respecto al centro del eje de giro.

El módulo controla la velocidad del motor del soplador variando la tensión (voltaje) que envía al motor del motor soplador. Dependiendo de qué velocidad se ha seleccionado (en el panel de control del aire acondicionado), esta tensión puede oscilar entre 0 y 12 voltios DC. (Torres, 2019)

2.7.Sensores del sistema de aire acondicionado en vehículos híbridos

En la mayoría de sistemas de climatización de vehículos híbridos se dispone de varios sensores, que pueden ser de temperatura, presión o sensores de luminosidad, estos sensores ayudan al amplificador de A/C a determinar las condiciones ambientales.

2.7.1. Temperatura interior (habitáculo)

El sensor de temperatura interior o del habitáculo es de tipo NTC, este detecta la temperatura de la cabina en función de los cambios en la resistencia de su termistor y envía una señal al amplificador de A/C.



Figura 15. Sensor de temperatura interior (habitáculo).

2.7.2. Temperatura ambiente.

Este sensor es de tipo NTC y trabaja de acuerdo a la variación de la resistencia en función de la temperatura ambiental, enviando señales hacia al amplificador de A/C. Este sensor se encuentra conectado al amplificador de aire acondicionado y se encarga de detectar las fluctuaciones de la temperatura ambiental



Figura 16. Sensor de temperatura ambiente.

2.7.3. Temperatura del evaporador

Este sensor se encuentra instalado en el evaporador, se encarga de detectar la temperatura del aire enfriado que pasa a través del evaporador para controlar el aire acondicionado, también envía señales al amplificador de A/C.



Figura 17. Sensor de temperatura del evaporador.

2.7.4. Presión de A/C.

El sensor de presión de A/C detecta la presión del refrigerante que es enviado desde el compresor eléctrico, se encuentra instalado en el conducto de alta presión del sistema de climatización y envía señales en forma de variación de voltaje al módulo amplificador de aire acondicionado, convierte esta señal en un valor de presión para controlar el compresor.

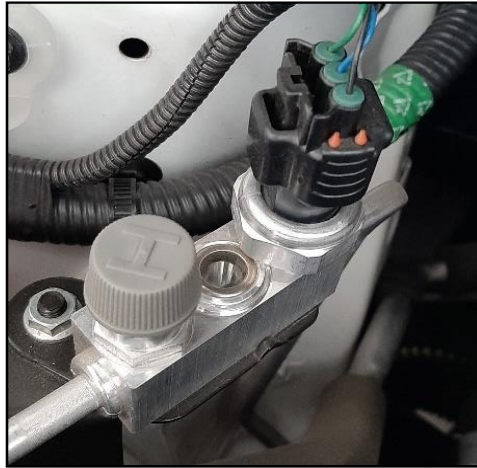


Figura 18. Sensor de presión de A/C.

2.7.5. Solar

Este sensor denominado sensor solar o de control de luz automático, se encuentra instalado en la parte superior al lado derecho del panel de instrumentos, es el encargado de detectar la luz solar para controlar el modo AUTO del A/C. Su funcionamiento es controlar la cantidad de voltaje envía el sensor de acuerdo a la cantidad de la luz solar.



Figura 19. Sensor solar.

2.7.6. Temperatura de refrigerante del motor.

La función del sensor de temperatura de refrigerante del motor en el sistema de aire acondicionado es generar el calor al momento que se envié una señal del amplificador A/C, y enviarlo hacia el habitáculo.



Figura 20. Sensor de temperatura de refrigerante del motor.

Fuente: (Benavides Cevallos & Murillo Jácome, 2013)

2.8. Equipos de diagnóstico y pruebas

Los siguientes equipos son necesarios para monitorear signos vitales de los ocupantes, datos ambientales o del habitáculo como temperaturas, humedad, velocidad del aire, caudal de aire y presión de aire.

2.8.1. Cámara termográfica FLUKE TiS60

Las cámaras termográficas son utilizadas en la industria para verificar las radiaciones infrarrojas que puede emitir un cuerpo mediante la obtención de imágenes, con el cual se puede establecer en qué punto el elemento tiene una falla o un punto crítico, el funcionamiento lo realiza mediante un sensor térmico llamado microbolómetro el mismo que funciona en base a

la elevación térmica de la radiación infrarroja y a su vez cambiando su resistencia eléctrica.

(Fluke Corporation, 2019)



Figura 21. Cámara termográfica FLUKE TiS60.

La tabla 16 presenta las características de la cámara termográfica FLUKE TiS60.

Tabla 16

Características de la cámara termográfica Fluke TiS60

| Ord. | Especificaciones | Datos |
|------|--------------------------------------|-------------------------|
| 1. | Calidad de imagen | Resolución de 260 x 195 |
| 2. | Intervalo de temperatura | -20 °C a 550 °C |
| 3. | Tamaño de pantalla | LCD 320 X 240 |
| 4. | Capacidad de almacenamiento interno. | 4 GB |
| 5. | Tecnología | IR – Fusión |
| 6. | Profundidad de campo | 417 : 1 |
| 7. | Resolución de la cámara digital | 5 megapíxeles |
| 8. | Sensibilidad | 0.08 °C |
| 9. | Comunicación | Wireless/ Bluetooth |
| 10. | Foco mínimo | 10.45 mm |
| 11. | Código | FLK-TIS60 9HZ/MX |

Fuente: (Fluke Corporation, 2019)

2.8.2. Caudalímetro 922 Airflow Meter

Este caudalímetro es un instrumento de medición que permite obtener valores de presión diferencial, velocidad de aire y caudal del aire en diferentes unidades. Viene equipado con dos mangueras delgadas que permiten conectar a los orificios del caudalímetro para realizar las diferentes mediciones y un tubo de pitot. (Fluke Corporation, 2020)

Cuando se requiera calcular la velocidad de aire, se utiliza la manguera amarilla, la cual debe ser conectada desde la entrada del caudalímetro hacia el conducto donde se quiere medir, mientras tanto el tubo de pitot es utilizado en las mediciones de presión diferencia y caudal de aire, juntamente con las dos mangueras que serán conectadas al caudalímetro. (Fluke Corporation, 2020)



Figura 22. Caudalímetro AirFlow Meter 922.

A través de la tabla 17 se señalan las características del caudalímetro AirFlow Meter 922.

Tabla 17
Características del caudalímetro AirFlow Meter 922

| Ord. | Especificaciones | Datos |
|------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Baterías | 4 baterías AA |
| 2. | Presión de aire | +/- 4000 pascales +/- 16in. H ₂ O +/- 400 mmH ₂ O +/- 40 mbar +/- 0.6 PSI |
| 3. | Velocidad de aire | 250 – 16.000 ft/min 1 a 80 m/s |
| 4. | Caudal volumétrico | 0 a 99.999 ft ³ /min 0 a 99.999 m ³ /h 0 a 99.999 l/s |
| 5. | Temperatura | 0 a 50 °C 32 a 122 °F |
| 6. | Temperatura de funcionamiento | 0 °C hasta + 50 °C |
| 7. | Temperatura de almacenamiento | -40 °C hasta + 60 °C |
| 8. | Coefficiente de temperatura | 0.025 x (exactitud especificada) / °C. |
| 9. | Humedad relativa: | 90 % HR (10 °C a 30 °C) 75 % HR (30 °C a 40 °C) 45 % HR (40 °C a 50 °C) (sin condensación) |
| 10. | Clasificación IP | IP40 |
| 11. | Altitud operativa | 2.000 m |
| 12. | Altitud de almacenamiento | 12.000 m |
| 13. | Presión máxima en cada puerto | 10 PSI |

Fuente: (Fluke Corporation, 2020) (Fluke Corporation, 2019)

2.8.3. Higrómetro o medidor de humedad.

El medidor de humedad y temperatura digital protmex MS6508 conocido como higrómetro termómetro digital es un medidor digital de temperatura y humedad que cuenta con las funciones del medidor de temperatura ambiental (°C/°F), humedad, temperatura de bulbo húmedo y temperatura del punto de rocío, el equipo muestra tipos de temperaturas alrededor del aire, cuenta con un sensor que permite monitorear sistemas de aire acondicionado a través de varios procedimientos prácticos. Este medidor puede guardar 99 grupos de lectura para transferir. Cuenta con un sensor digital de alta precisión (SHT75) de 400 ms. (Protmex Tech Instrumentation, 2019).

En la siguiente figura 23, se muestra los elementos del equipo.



Figura 23. Elementos del medidor de humedad y temperatura.

En la figura 24 y tabla 18 se indica el teclado multifunción con el que cuenta este higrómetro.

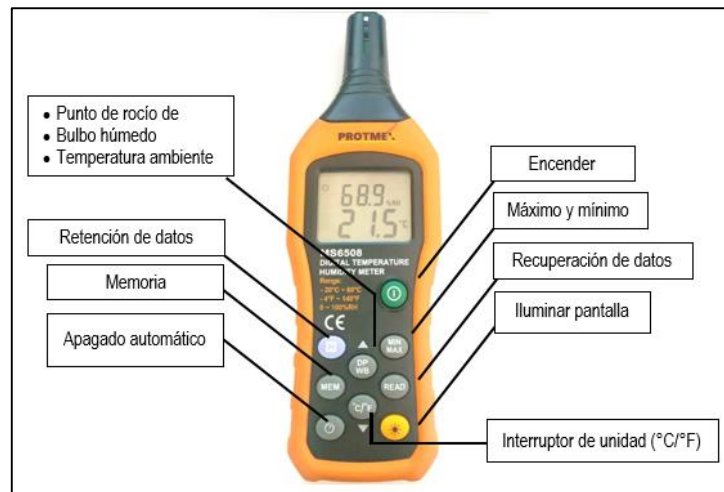











Figura 24. Teclado Multifunción del higrómetro

Fuente: (Protmech Tech Instrumentation, 2019)

Tabla 18
Especificación del teclado multifuncional

| Tecla | Imagen | Explicación |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Encender |  | Enciende el dispositivo |
| Recuperación de datos |  | Lee los datos guardados en la memoria o permite borrarlos |
| Retención de datos |  | Congela la lectura actual y detiene la visualización de las mediciones. |
| Memoria |  | Guarda la lectura, y su ubicación se muestra en la esquina superior derecha de la pantalla. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Punto de rocío • Bulbo húmedo • Temperatura ambiente |  | Al iniciar el medidor, la temperatura ambiente aparece en la pantalla. Para obtener el punto de rocío, presione por primera vez (DP/WB) y al presionar por segunda vez, se cambia a Bulbo húmedo. |
| Iluminar pantalla |  | Enciende o apaga la luz de fondo de la pantalla |
| Máximo y mínimo |  | Muestra el máximo y mínimo de los valores de temperatura y humedad. |
| Interruptor de unidad (°C/°F) |  | Permite el cambio de unidades ya sea en grados Celsius o Fahrenheit. |
| Apagado automático |  | Apaga automáticamente el dispositivo se cierra sin la operación (Encender) en 30 minutos. |

Fuente: (Promex Tech Instrumentation, 2019)

2.8.4. Tensiómetro digital de muñeca

Los tensiómetros digitales permiten monitorear al individuo los parámetros de presión sistólica, diastólica y pulso cardiaco obteniendo valores de medición con mayor exactitud, se evalúan mediante la presión arterial, que define si una persona tiene hipotensión definida como presión baja, o bien hipertensión definida como la presión alta. (Hervás & Morales, 2008)



Figura 25. Tensiómetro.

2.8.5. Oxímetro – Medidor de Pulso

Mejía Salas y Mejía Suárez (2012) mencionan; “el oxímetro es un dispositivo que evalúa la oxigenación de los tejidos mediante espectrometría infrarroja y permite medir el oxígeno en la sangre.” (Mejía Salas & Mejía Suárez, 2012)



Figura 26. Oxímetro - Medidor de Pulso

2.8.6. Termómetro digital

El termómetro digital infrarrojo también denominado pirómetro, permite evaluar la temperatura de un objeto de acuerdo a la emisividad del mismo, tomando como referencia el tamaño del objeto y la distancia, la emisividad de un objeto se la puede encontrar en tablas, y se la define como la relación de energía y temperatura que existe en el objeto, los valores de

emisividad de un cuerpo se encuentran en el rango de 0 a 1. (Organización Mundial de la Salud, 2011)



Figura 27. Termómetro digital

2.9.Mantenimiento.

El proceso de mantenimiento de un sistema de aire acondicionado en un vehículo híbrido, se desarrolla bajo parámetros, que son evaluados de acuerdo al refrigerante y el tipo de aceite. Las pruebas a desarrollar en el sistema de aire acondicionado empiezan por la revisión de fugas, presiones y el vacío.

Es importante hacer un vacío en un sistema de aire acondicionado para remover cualquier aire o humedad que a la larga puedan dañar el sistema. La humedad en el sistema de aire acondicionado es un problema serio, debido a que la humedad reduce el desempeño del sistema de aire acondicionado y la condensación de agua que pueden causar que el sistema de aire acondicionado congele. (Lee, 2017)

Para la prueba de presiones se debe desarrollar mediante la utilización de equipos como el manómetro de presiones o las estaciones de diagnóstico de aire acondicionado.

Las presiones se medirán tanto en el lado de baja como de alta presión y se efectúa en dos momentos con el motor detenido y el sistema de aire acondicionado apagado y la otra prueba con el motor y el sistema de aire acondicionado prendido. (Cantillo, 2013)



Figura 28. Mantenimiento sistema de A/C
Fuente: (Cantillo, 2013)

2.9.1. Refrigerantes para vehículos híbridos

El Refrigerante con el paso del tiempo ha ido mejorando sus propiedades físico químicas, pasando por el R12, R134a y en la actualidad ya se manejan los refrigerantes R1234yf, exclusivos para automóviles de alta gama en especial para vehículos de tipo híbrido y eléctrico.

El aceite utilizado en sistemas tradicionales no es compatible con estos sistemas, es corrosivo y degrada la aislación del bobinado. (Referirse a las especificaciones del fabricante del

vehículo) En el caso del Toyota Prius el aceite es el ND-11 compatible con el refrigerante R134a y no afecta la aislación del bobinado del motor. (Skala, 2014).



Figura 29. Refrigerante R1234yf.
Fuente: (COOLMAX INDUSTRIAL CO. LTD, 2019)

2.9.2. Aceite para compresores de vehículos híbridos.

Se conoce que el funcionamiento del aire acondicionado de un vehículo híbrido depende de un compresor eléctrico, es importante utilizar un aceite de tipo dieléctrico que no permita el paso de corriente y evite generar un corto circuito entre el aceite y la carcasa del compresor.

Según recomendaciones de marcas como FORD, GM, TOYOTA, no es permitido el ingreso de un aceite tipo PAG u otro aceite en el sistema, es decir si no se limpia adecuadamente el equipo de carga de aire acondicionado, lo recomendable es utilizar otro equipo.

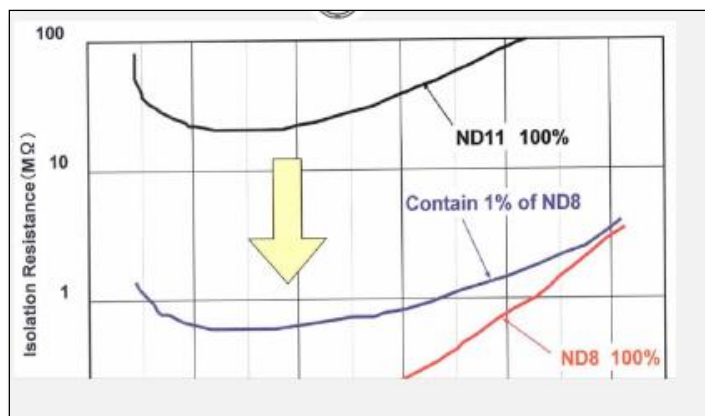


Figura 30. Gráfica aceites para compresores.
Fuente: (Eugene Talley, 2011)

Se conoce que el colocar aceite de tipo PAG, solo el 1% reduce la resistencia de aislamiento del compresor, mientras tanto si se utilice aceite PAG para llenar completamente el compresor eléctrico es probable sufrir un aislamiento y reducir su resistencia.

2.9.3. Compatibilidad de aceites y refrigerantes.

Para que el sistema de refrigeración funcione de forma adecuada, es importante verificar la compatibilidad de los fluidos refrigerantes con el aceite lubricante y con los sellos del sistema, (elastómeros de las juntas y mangueras). Es decir, es necesario que los fluidos refrigerantes, el lubricante y los componentes del sistema interactúen unos con otros. (acrlatinoamerica, 2014).

En la *tabla 19*, se refleja los aceites para el uso del sistema de climatización automotriz, los cuales deben ser compatibles con los refrigerantes, de acuerdo a su composición química, el funcionamiento del compresor incide directamente para la compatibilidad del aceite.

Tabla 19
Compatibilidad de aceites y refrigerantes

| Tipo de Aceite | Refrigerante (compatible) | Refrigerante (No compatible) | Vehículos | |
|----------------|---------------------------|-----------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PAG | PAG 46 | R134-a | R1234yf | Vehículos de combustión |
| | PAG 100 | R134-a | R1234yf | Vehículos de combustión |
| | PAG 150 | R134-a | R1234yf | Vehículos de combustión |
| | PAG 46-R | R134-a | | Híbridos eléctricos |
| | PAG 46-H | R1234yf | | Híbridos eléctricos |
| | PAG-yf | R1234yf R134-a | | Híbridos eléctricos |
| PAO | PAO 68 | R134-a R413-a R22 R12 | R1234yf | Vehículos de combustión |
| | PAO 68 plus | R134-a R507-a R500 R12 R502 | R1234yf | Vehículos frigoríficos para comestibles frescos Vehículos frigoríficos transportes congelados |
| POE | POE | R134-a | R1234yf | Vehículos híbridos |
| ND | ND 8 | R134-a | R1234yf | Vehículos híbridos eléctricos |
| | ND 9 | R134-a | R1234yf | Vehículos Híbridos eléctricos |
| | ND 11 | R1234yf R134-a | | Vehículos Híbridos eléctricos |
| | ND12 | R1234yf R134-a | | Vehículos Híbridos eléctricos |

Las primeras producciones salieron al mercado de acuerdo a los tipos de aceites, entre los que se destacan los de tipo PAG, son utilizados en vehículos de combustión, y las composiciones químicas realizadas en los aceites modernos permiten tener la compatibilidad con el refrigerante R1234yf que actualmente está produciéndose con la finalidad de reemplazar al R134a, y ser utilizados en vehículos híbridos y eléctricos.

La equivalencia de los aceites PAG, con los de tipo ND se presenta en la figura 31.

Los aceites de tipo ND, se han diseñado para trabajar con compresores de tipo espiral o scroll, que son utilizados en vehículos híbridos y eléctricos con compatibilidad para el refrigerante R134a.

La incursión del refrigerante R1234yf en el parque automotor, con la intención de evitar la contaminación y a su vez relegar al R134a, esto obliga a utilizar un aceite especial, por lo cual ya existen dos aceites de tipo ND compatibles con el refrigerante, a su vez los de tipo POE y PAG también empiezan a anejar esta compatibilidad.

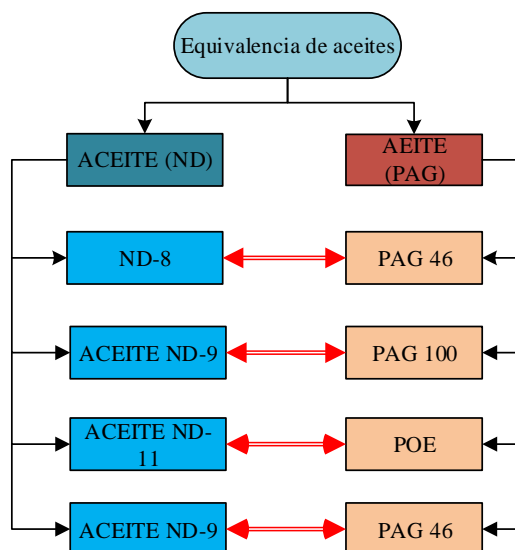


Figura 31. Equivalencia de los Aceites PAG y ND

CAPÍTULO III

PROTOCOLO DE PRUEBAS DE CONDUCCIÓN PROLONGADA Y DE GESTIÓN ELECTRÓNICA HÍBRIDA

3.1. Consideraciones de la valoración del confort térmico

El método de Fanger presente en las Notas Técnicas de Prevención 074 para valorar el confort térmico, el cual consiste en tres variables que son el índice de indumento, características del tipo de trabajo y las características del ambiente. Las características del tipo de trabajo afectan en la carga metabólica del individuo, para su determinación se utilizan las NTP 1011.

Otro método es el de la determinación del índice de estrés térmico mediante la norma NTP-322, relaciona datos ambientales como la temperatura de bulbo húmedo, la temperatura ambiente y la temperatura globo para determinar el nivel de estrés térmico tabla 5.

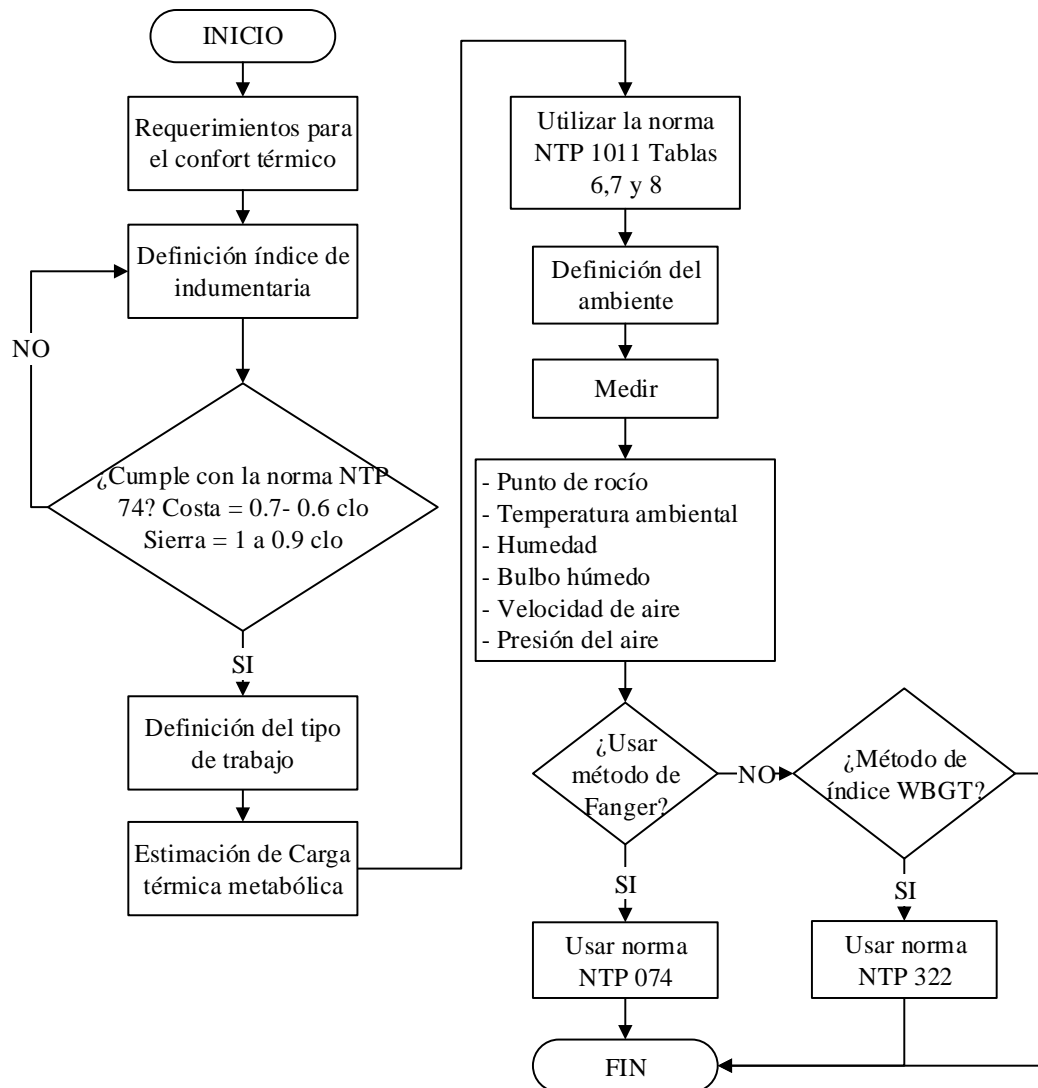


Figura 32. Valoración del confort térmico

3.2. Consideraciones primarias para la prueba

3.2.1. Selección de ruta.

Se establece la trayectoria Latacunga – Quevedo y Quevedo – Latacunga con una distancia total de 348 km para la realización de las pruebas de conducción prolongada, la ruta escogida cumple las condiciones en las cuales se puede evaluar el confort humano para los ocupantes en

las zonas de mayor y menor altitud. Para la realización de la prueba se considera a 4 personas (un conductor y tres acompañantes).

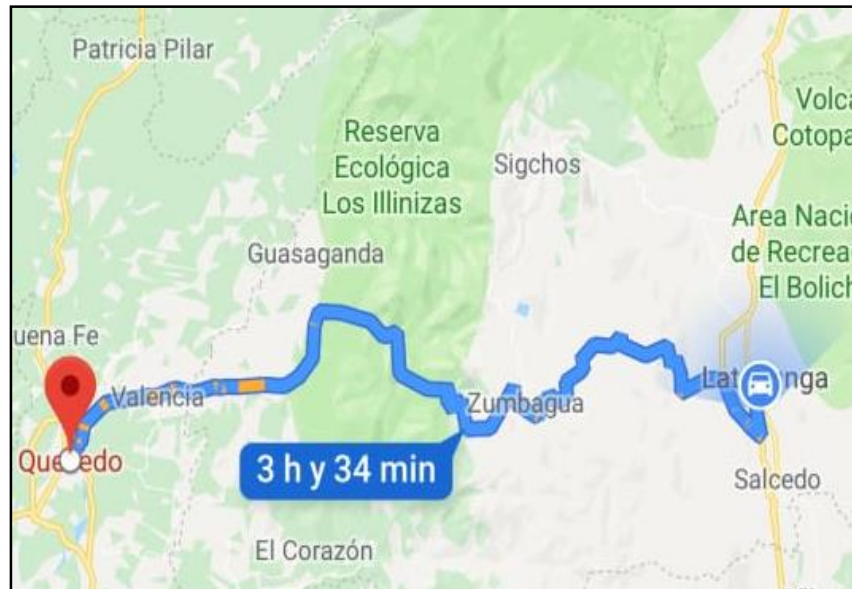


Figura 33. Ruta de prueba

La ruta se divide en tramos, se inicia en Latacunga, partiendo desde el terminal terrestre de la ciudad. Antes de empezar la prueba de conducción prolongada, en cada tramo establecido se realiza mediciones de los signos vitales de temperatura corporal, saturación de oxígeno en la sangre, frecuencia cardiaca y presión arterial del conductor y los ocupantes, mediante el monitoreo desde el tramo Quevedo hacia la ciudad de Latacunga, tomando como referencia los mismos tramos, que se definen en el siguiente flujograma.

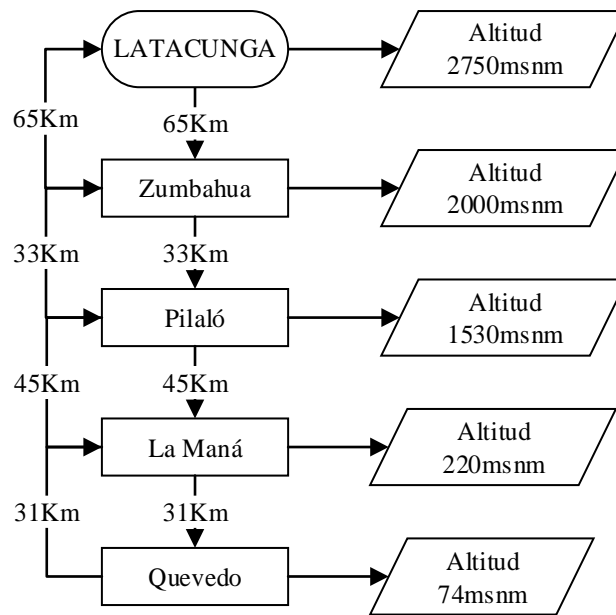


Figura 34. Flujograma de ruta de prueba

3.2.2. Índice de indumento.

Para todos los ocupantes se define un índice de indumento que es usado dependiendo de la región en que se encuentre, para la región Sierra 1clo y para la Costa 0,75clo según la norma NTP 074. Para los tramos Maná –Quevedo se utiliza pantalón jean, camiseta normal y para los tramos de la región Sierra se aumenta una chompa sin recubrimiento.

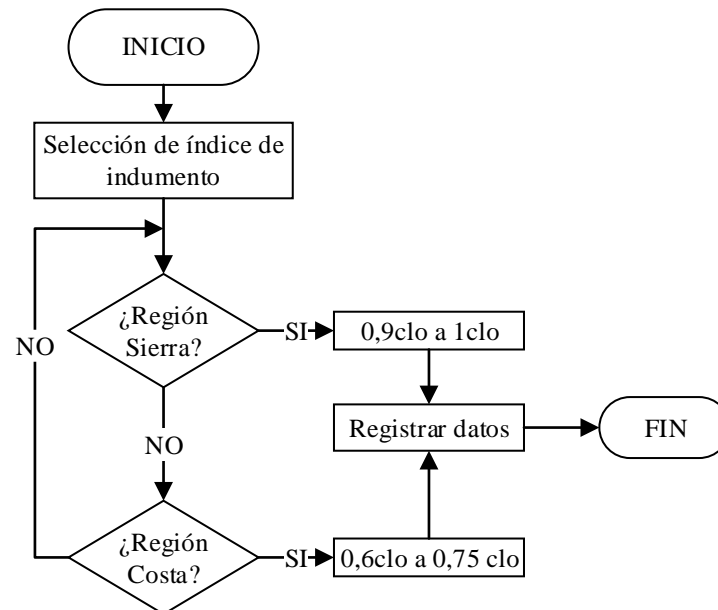


Figura 35. Flujograma del índice de indumento

En la figura36 se indica la vestimenta que es utilizada durante todas las pruebas para la Sierra y Costa.

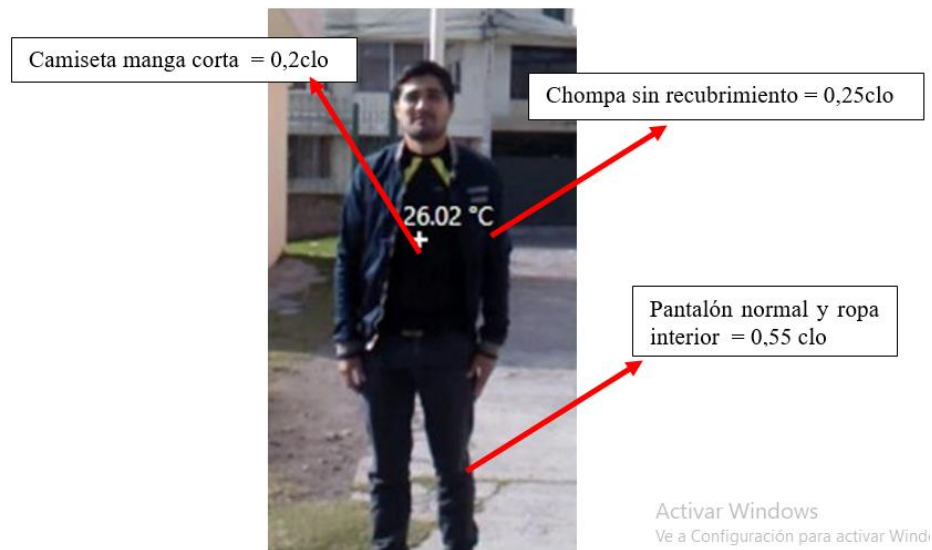







Figura 36. Índice de indumento

3.2.3. Vehículo de prueba

El vehículo utilizado para la prueba es un Daihatsu Terius de Placa PVX 0714 del año 1999 el cual cuenta con el sistema de aire acondicionado de cuatro velocidades y 9 trampillas con diferentes modos de operación como se detalla en tabla 20. Las pruebas en todos los tramos se realizaron en modo ventilación.

Tabla 20
Datos del vehículo

| | | |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Marca y modelo: | Daihatsu Terius | |
| Placa: | PVX 0714 | |
| Año: | 1999 | |
| Velocidades del aire acondicionado: | Cuatro | |
| Modo del aire acondicionado: | Ventilación | |
| Control de temperatura | Frio – caliente | |
| Modos del amplificador de A/C | Rostro | FACE  |
| | Rostro y pies | BI-LEVEL  |
| | Desempañador | DEF  |
| | Desempañador y pies | FOOT/DEF  |
| | Pies | FOOT  |
| | Tipos de recirculación ingreso de aire | Recirculación de aire interno Recirculación de aire externo |
| Accionamiento del compresor | Mecánico | |
| Refrigerante | R-134 ^a | |

3.2.4. Antecedentes médicos o actividad física

Antes de realizar las pruebas de conducción prolongada, se realiza el proceso de verificación del comportamiento del individuo figura 37 a través de un proceso que establece verificar los signos vitales, actividades físicas, medicación, entre otros. En caso de que algún individuo haya realizado actividad física se debe esperar mínimo treinta minutos antes de realizar la prueba. Si

el conductor o algún ocupante presentan síntomas por ingerir algún medicamento no puede realizar la prueba debido a que se alteran los signos vitales.

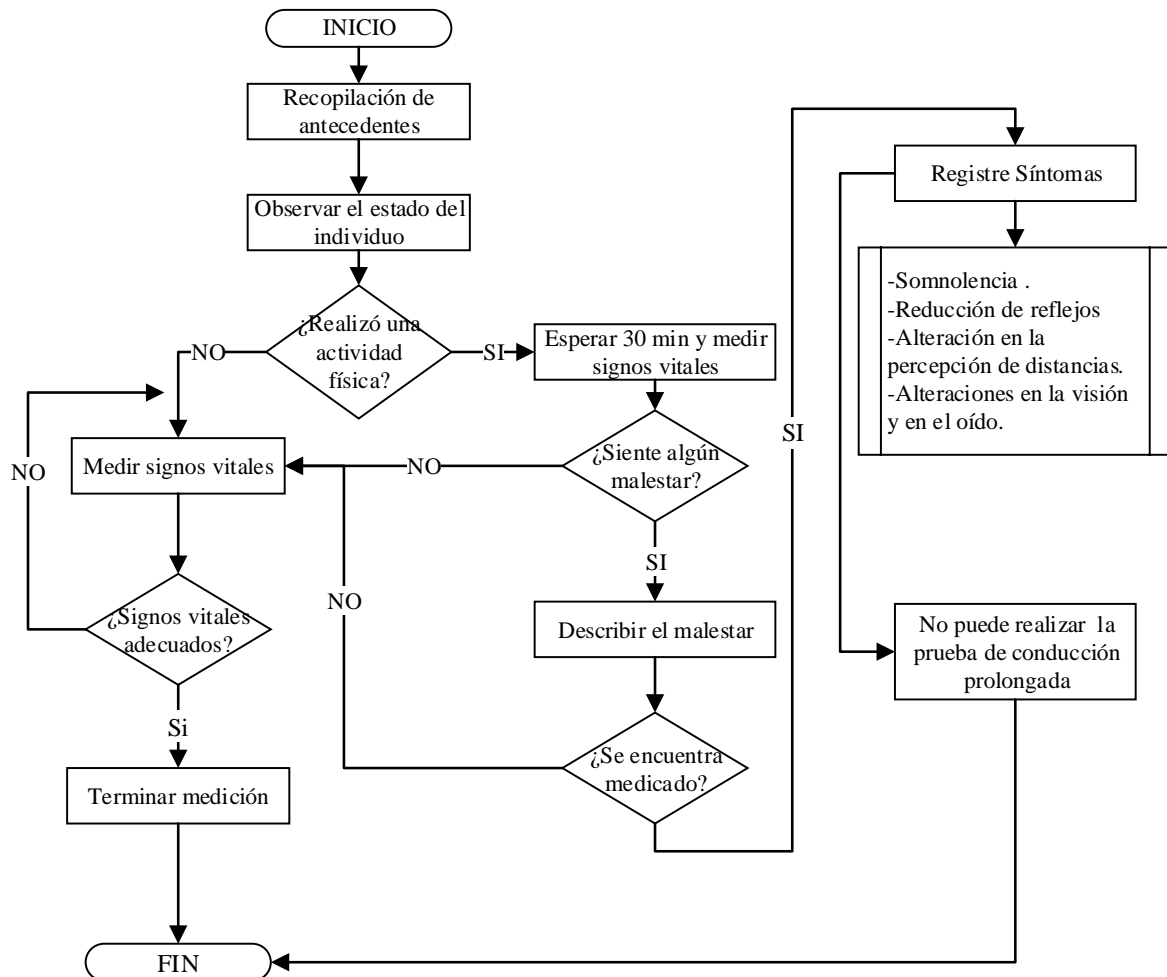


Figura 37. Recopilación de antecedentes

3.3. Equipos de medición ambiental

3.3.1. Cámara termográfica

Con las mediciones tomadas con la cámara termográfica se obtiene la temperatura corporal de los ocupantes, la captura de la imagen termográfica y normal se indican en la figura 38.



Figura 38. Termografía captada por cámara termográfica

Para el uso de la cámara termográfica se establece un proceso de calibración que se especifica en la figura 39, en donde se establece parámetros de emisividad para piel humana de 0,98 y el procesamiento de imágenes mediante SmartView y Fluke connect.

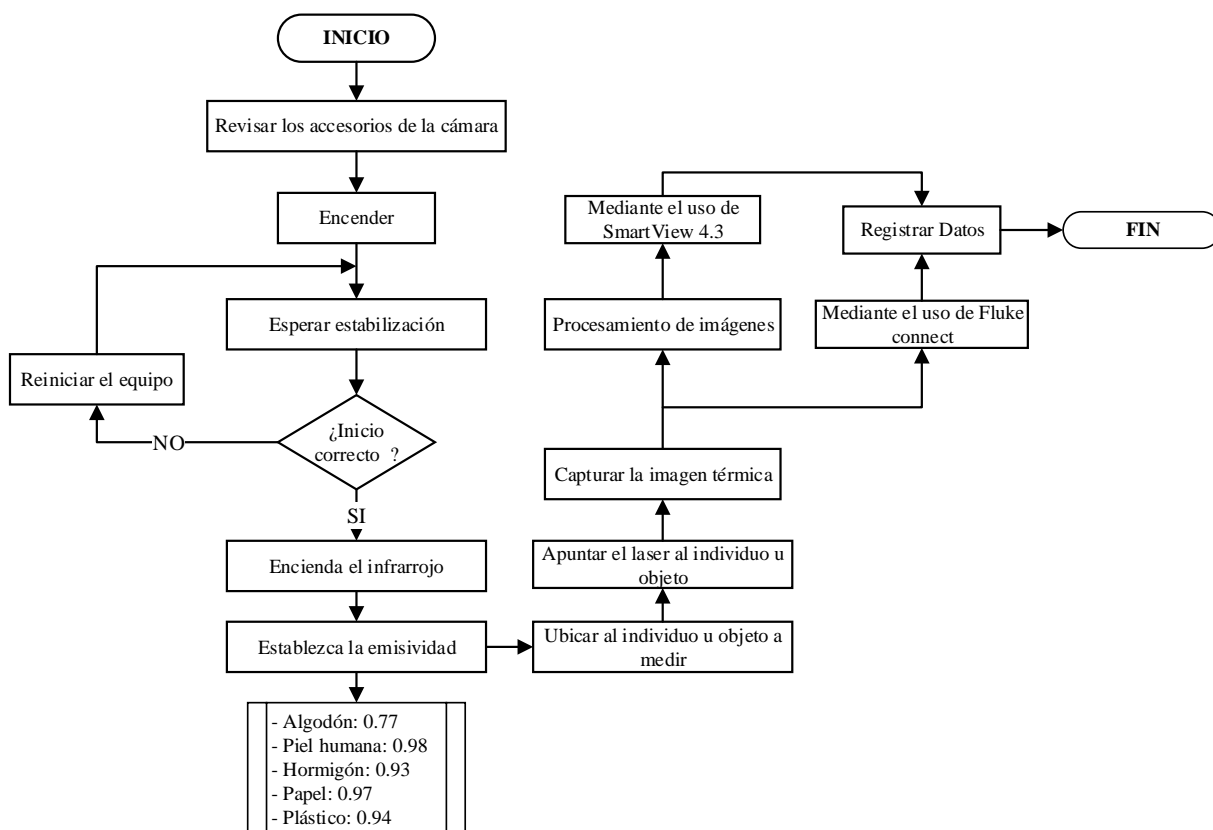


Figura 39. Procedimiento de uso de cámara termográfica.

3.3.2. Higrómetro

En la figura 40 se muestra la utilización del equipo y las mediciones que indican durante los tramos de la prueba, es así que en la imagen (a) se indica el porcentaje de humedad y temperatura ambiental, imagen (b) punto de rocío e imagen (c) bulbo húmedo (c) en el interior y al exterior del vehículo.



Figura 40. Modos del higrómetro

La figura 41 y tabla 21 muestra la pantalla de visualización con las diferentes funciones.

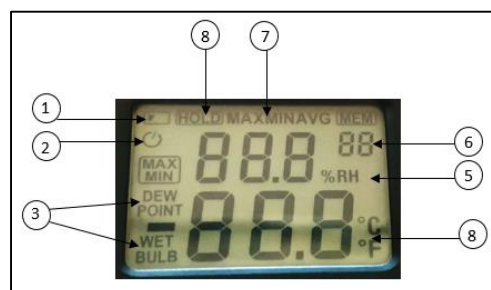


Figura 41. Funciones del higrómetro

Tabla 21

Explicación de Funciones del higrómetro

| No. | Explicación |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Porcentaje de batería |
| 2 | Marca de apagado automático |
| 3 | Monitor de temperatura del bulbo húmedo, punto de rocío y temperatura ambiental. |
| 4 | Unidad de medida de temperatura |
| 5 | Unidad de medida de humedad relativa |
| 6 | MEM, número de posición de memoria RAM |
| 7 | Máximo mínimo |
| 8 | Función de retención activada. La pantalla congela la lectura actual. |

La medición con el higrómetro durante las pruebas mide, en los tramos de la ruta figura 33, siguiendo el proceso que se indica en la figura 42.

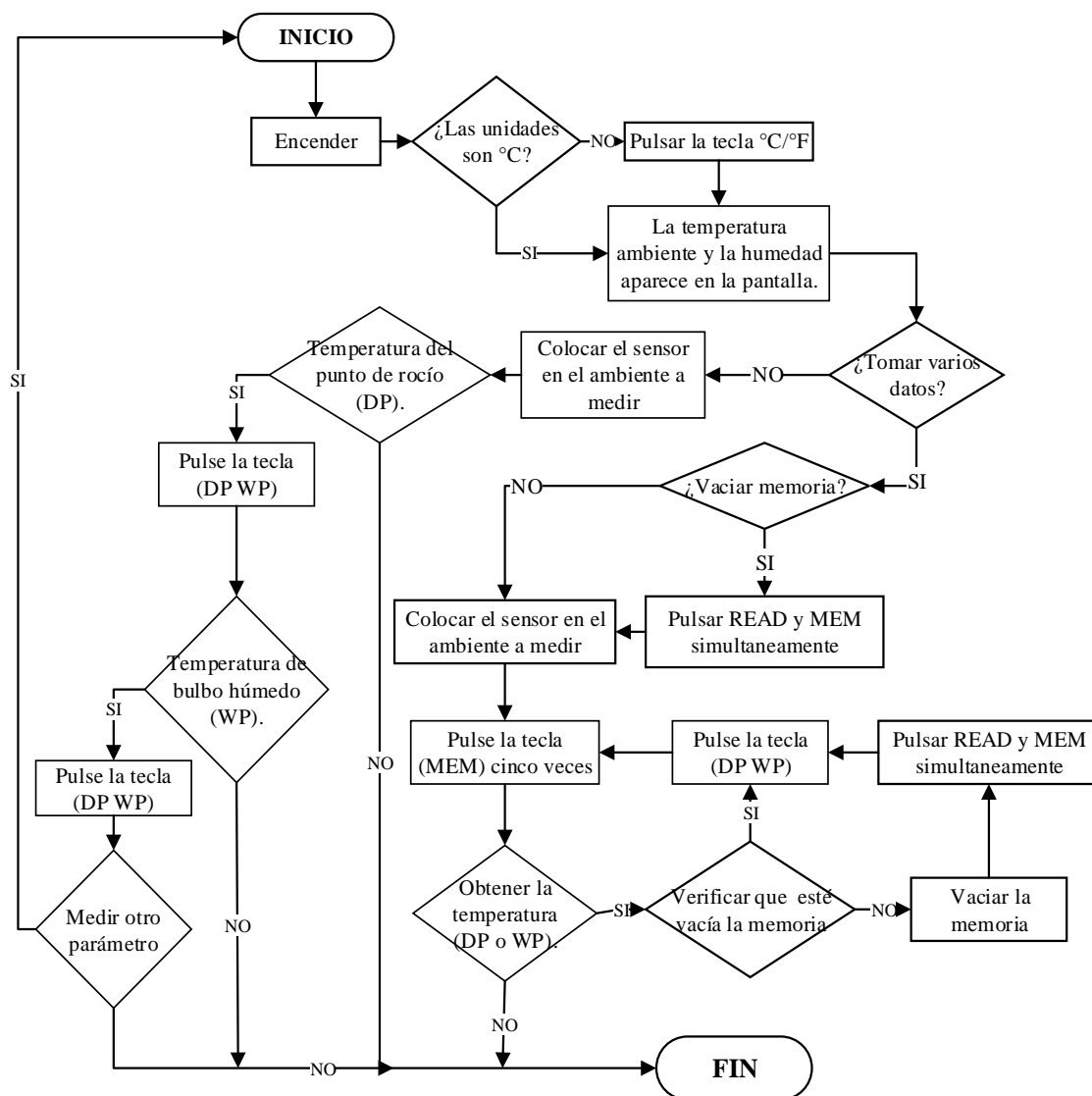


Figura 42. Procedimiento de medición con el higrómetro.

3.3.3. Caudalímetro

Las mediciones de caudal, velocidad y presión dentro del habitáculo fueron medidas con ayuda del caudalímetro en conductos centrales y laterales figura 43.



Figura 43. Uso del caudalímetro

Para obtener los datos de velocidad, presión y volumen de aire, se procede a utilizar el equipo Airflow metter 922, el cual permite realizar el monitoreo de la cantidad de aire que ingresa al habitáculo, mediante la utilización de accesorios como las mangueras y el tubo de pitot. Este equipo permite obtener resultados de acuerdo a la forma del conducto. Permite diferenciar la velocidad de aire entre trampillas centrales y laterales del sistema A/C. Las unidades de las que dispone para la velocidad, caudal y presión de aire se encuentran en el sistema internacional e inglés.

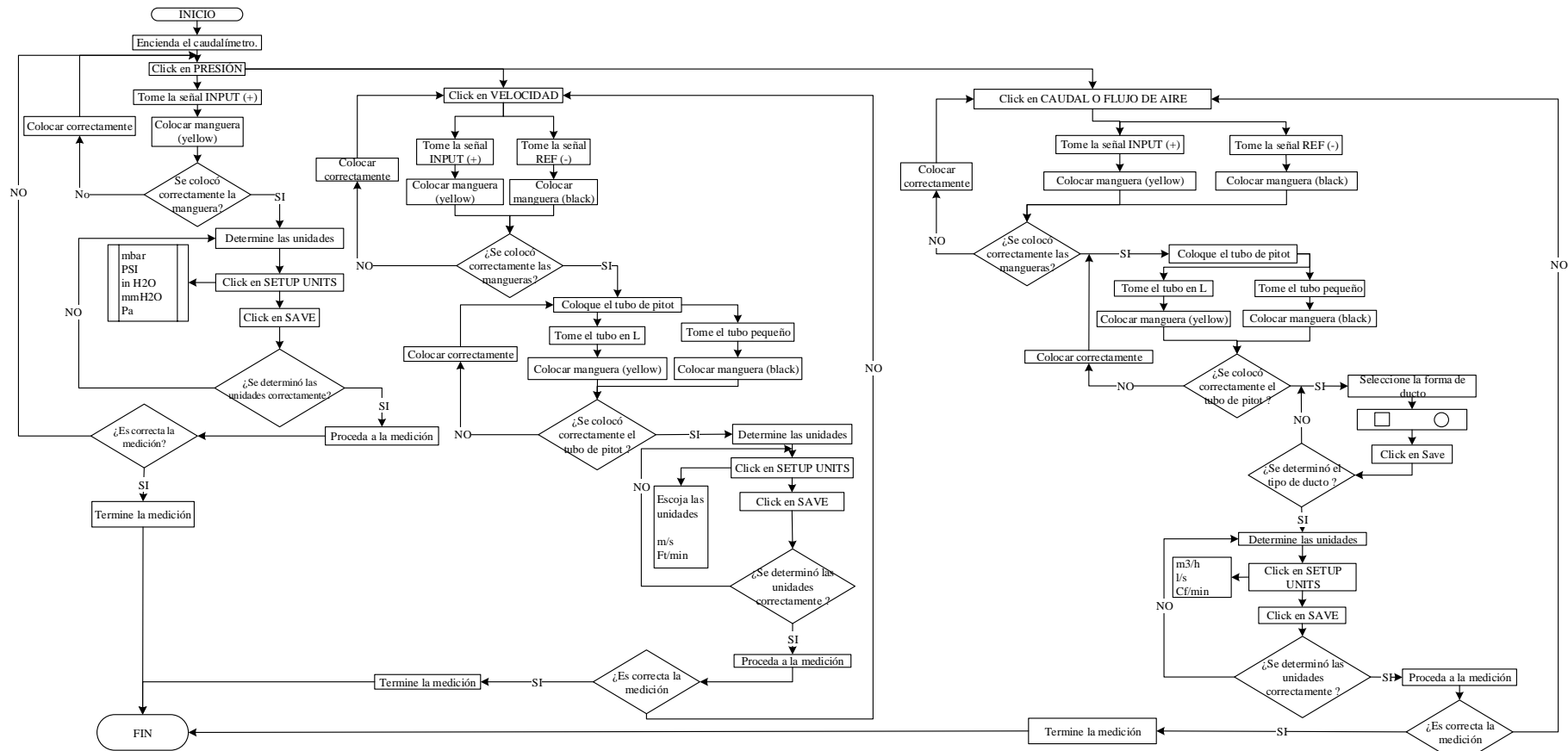


Figura 44. Procedimiento de medición con el caudalímetro.

3.4. Equipos de medición de signos vitales

3.4.1. Termómetro digital infrarrojo

Para medir la temperatura corporal se utiliza el termómetro digital infrarrojo, teniendo en cuenta que la distancia objeto mínima es de 50 centímetros y la emisividad para seres humanos 0,98 figura 45.



Figura 45. Uso del termómetro infrarrojo

Este dispositivo permite realizar mediciones a cualquier objeto de acuerdo al tipo de emisividad, en la figura 46, se detalla el procedimiento de uso y calibración del equipo.

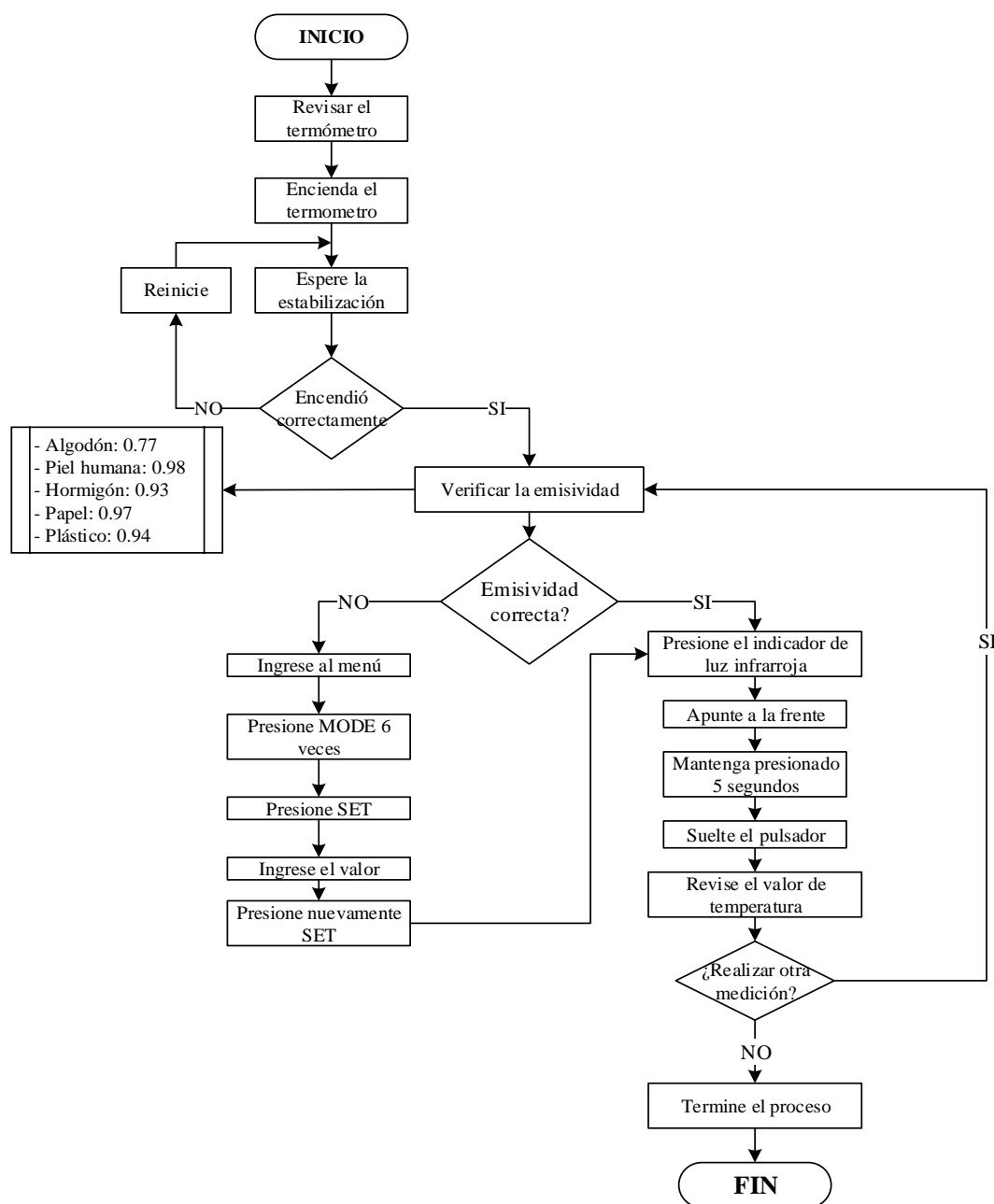


Figura 46. Procedimiento de medición con el termómetro

3.4.2. Oxímetro

El oxígeno en la sangre debe ser valorado cuando el individuo esté sentado y relajado con la mano izquierda a la altura del pecho como se muestra en la figura 47. Este medidor de oxígeno permite también monitorear el pulso.



Figura 47. Uso del oxímetro

En la realización de la prueba de conducción prolongada es necesario monitorear todos los signos vitales, se utiliza el oxímetro para obtener valores del porcentaje de oxígeno en la sangre en función del ritmo cardiaco, siguiendo el procedimiento adecuado de medición como se muestra en la figura 48.

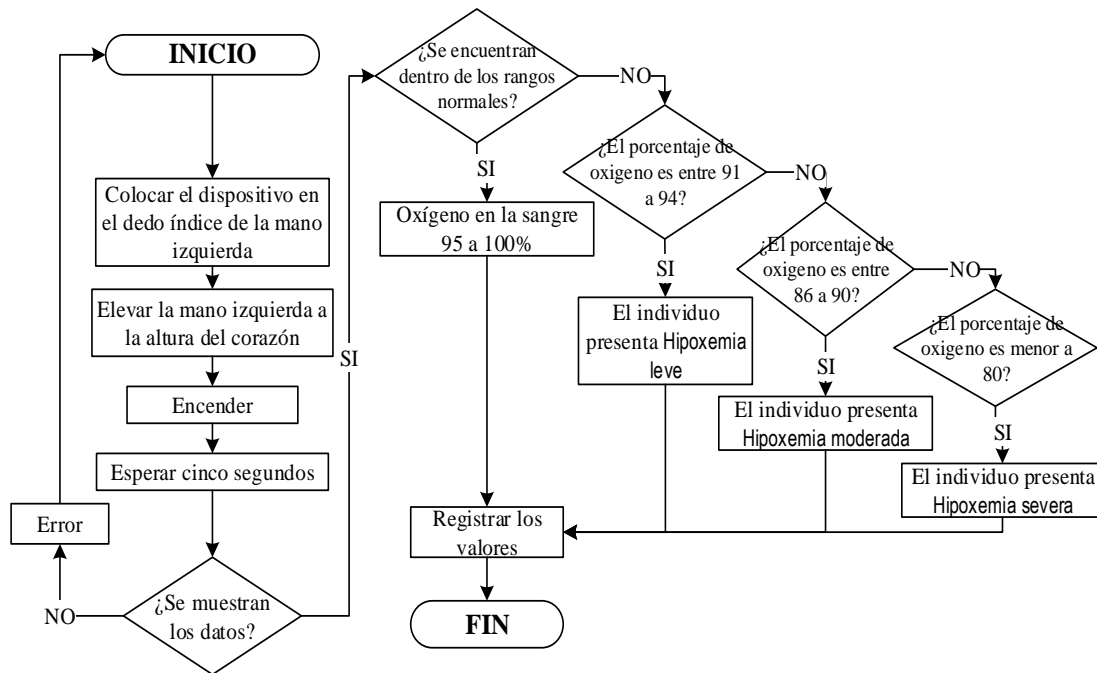


Figura 48. Procedimiento de medición con el oxímetro

3.4.3. Tensiómetro

La presión diastólica y sistólica se mide con el tensiómetro, además de la presión arterial permite valorar la frecuencia cardiaca donde la persona debe estar sentada con el brazo izquierdo apoyado sobre la pierna izquierda como indica la figura 49.



Figura 49. Uso del tensiómetro

En los tramos de la Sierra y la Costa durante la prueba de conducción prolongada es necesario obtener valores de ritmo cardiaco, presión arterial sistólica y diastólica, para lo cual se utiliza el tensiómetro digital de pulso, similar al resto de equipos como se muestra en la figura 50, se debe conocer el funcionamiento y la utilización.

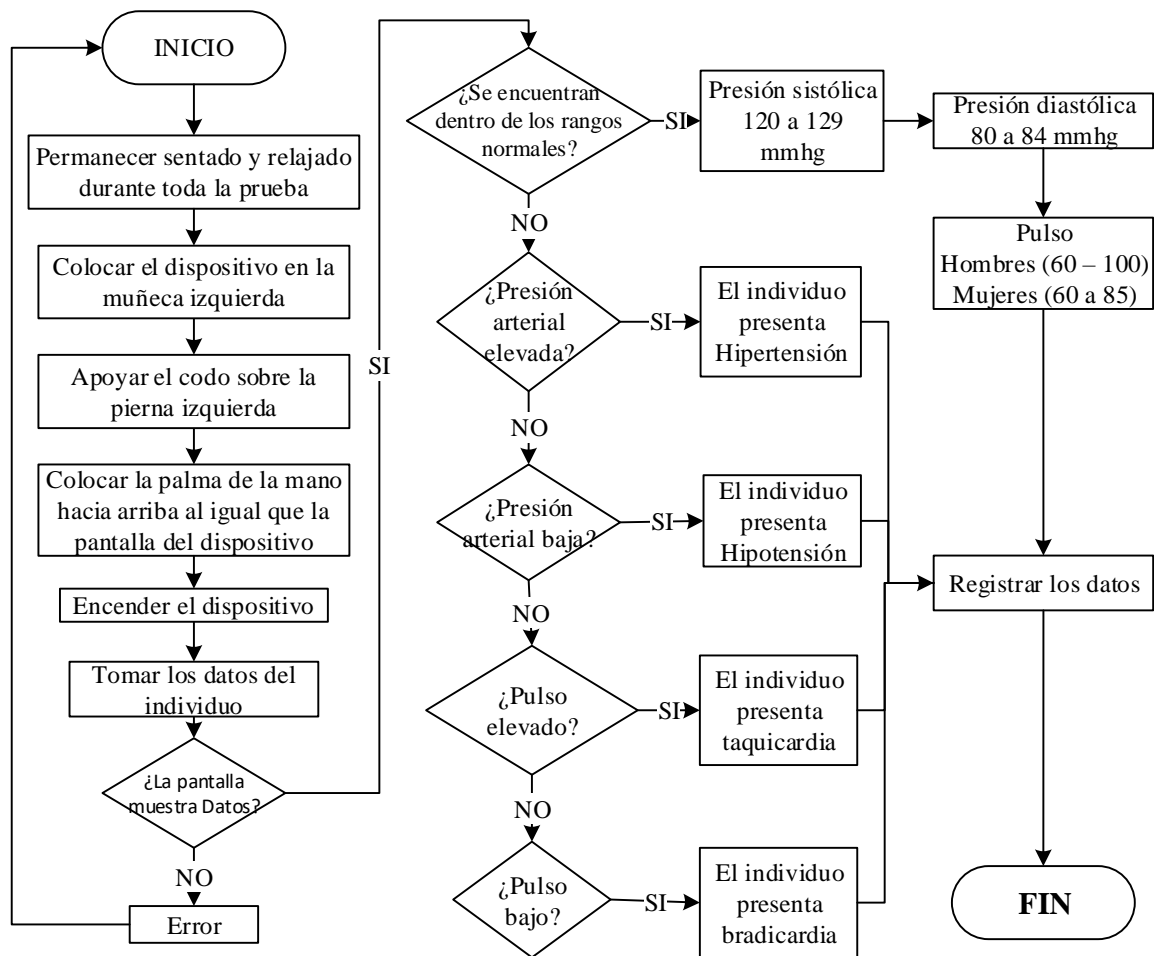


Figura 50. Procedimiento de medición con el tensiómetro

3.5. Recopilación de datos

Los datos fueron recopilados por tramos, que se indican en la figura 51, el primer recorrido se realiza en el tramo de Latacunga – Zumbahua donde obtiene mediciones similares a la altitud de la ciudad de Latacunga, recorriendo una distancia de 65 km, paulatinamente avanza la prueba

de conducción prolongada se llega al tramo Zumbahua - Pívalo que se encuentra a 33 Km, se obtiene mediciones ambientales con porcentaje mayor de humedad, se continua en la misma ruta hasta el siguiente tramo comprendido entre Pívalo - La Maná con una distancia de 45 km, se observa el cambio de la temperatura corporal de los ocupantes, finalmente en el tramo comprendido entre La Maná - Quevedo con una distancia de 31 Km se obtiene valores ambientales y corporales elevados. La ruta de retorno se comprende desde el tramo Quevedo hacia la ciudad de Latacunga, tomando como referencia los mismos tramos.



Figura 51. Ruta por tramos

3.5.1. Externos

Para la realización de la prueba de conducción se procede a la recolección de datos ambientales externos en los tramos establecidos de la ruta, para lo cual se considera la medición de la temperatura ambiental, porcentaje de humedad, punto de rocío y bulbo húmedo, a través del uso del higrómetro el que permite obtener valores ambientales los cuales se registraron en la tabla 22.

Tabla 22*Datos ambientales externos*

| Tramo | Latacunga 2750 msnm | | | | Zumbahua 2000 msnm | | | | Pilaló 1530 msnm | | | | La Maná 220 msnm | | | | Quevedo 74 msnm | | | | |
|-------------|------------------------|------|----------|----------|-----------------------|------|----------|----------|---------------------|------|----------|----------|---------------------|------|----------|----------|--------------------|------|----------|----------|------|
| | Temp. A. | Hum. | P. rocío | Bulb Hum | Temp. A. | Hum. | P. rocío | Bulb Hum | Temp. A. | Hum. | P. rocío | Bulb Hum | Temp. A. | Hum. | P. rocío | Bulb Hum | Temp. A. | Hum. | P. rocío | Bulb Hum | |
| Prueba (°C) | % | (°C) | (°C) | (°C) | % | (°C) | (°C) | (°C) | % | (°C) | (°C) | (°C) | (°C) | % | (°C) | (°C) | (°C) | % | (°C) | (°C) | |
| a | 1 | 12,1 | 74,8 | 7,8 | 9,9 | 9,0 | 51,4 | -0,3 | 5,3 | 13,5 | 70,5 | 9,4 | 13,4 | 27,0 | 60,6 | 18,6 | 21,3 | 30,1 | 58,5 | 21,0 | 23,4 |
| | 2 | 07,9 | 88,8 | 7,5 | 8,3 | 14,2 | 49,5 | 3,9 | 9,5 | 20,3 | 38,5 | 11,2 | 16,5 | 28,8 | 61,8 | 19,9 | 22,4 | 33,8 | 60,0 | 20,8 | 24,2 |
| | 3 | 19,2 | 55,0 | 10,2 | 14,4 | 13,5 | 57,5 | 5,0 | 9,3 | 23,6 | 45,0 | 11,0 | 16,2 | 27,3 | 69,2 | 13,1 | 15,4 | 30,6 | 58,2 | 21,4 | 24,1 |
| | 4 | 11,2 | 71,0 | 6,1 | 8,6 | 5,5 | 6,7 | 0,0 | 3,2 | 16,0 | 67,5 | 10,0 | 12,7 | 24,5 | 74,3 | 19,5 | 21,0 | 25,2 | 72,5 | 19,9 | 21,6 |
| | 5 | 16,9 | 68,3 | 11,0 | 12,4 | 15,3 | 51,3 | 5,2 | 10,3 | 20,5 | 73,3 | 6,0 | 8,7 | 26,8 | 65,3 | 22,0 | 26,9 | 30,6 | 53,9 | 20,1 | 23,3 |
| | 6 | 10,0 | 58,0 | 8,0 | 12,0 | 15,3 | 51,3 | 5,0 | 7,0 | 14,0 | 73,0 | 7,0 | 11,0 | 19,0 | 67,0 | 19,0 | 15,0 | 27,0 | 62,0 | 20,0 | 24,0 |
| | 7 | 11,0 | 71,0 | 10,0 | 9,0 | 11,0 | 29,0 | 4,0 | 4,0 | 21,0 | 45,0 | 9,0 | 15,0 | 28,0 | 57,0 | 11,0 | 14,0 | 26,0 | 61,0 | 21,0 | 22,0 |
| b | 1 | 09,0 | 75,0 | 7,7 | 8,4 | 14,8 | 78,5 | 14,6 | 15,6 | 16,0 | 78,0 | 11,9 | 14,4 | 27,0 | 58,0 | 19,0 | 21,0 | 30,1 | 58,5 | 21,0 | 23,4 |
| | 2 | 13,7 | 60,5 | 8,6 | 11,1 | 11,2 | 60,3 | 4,9 | 8,7 | 16,5 | 70,7 | 12,0 | 14,4 | 31,6 | 54,3 | 21,8 | 25,0 | 33,8 | 60,0 | 20,8 | 24,2 |
| | 3 | 16,0 | 59,2 | 8,0 | 11,8 | 12,3 | 58,6 | 3,8 | 7,5 | 8,0 | 78,0 | 11,9 | 13,5 | 29,6 | 64,8 | 21,9 | 24,2 | 30,6 | 58,2 | 21,4 | 24,1 |
| | 4 | 16,9 | 62,9 | 9,8 | 13,0 | 16,0 | 40,7 | 3,5 | 10,9 | 23,6 | 53,2 | 13,3 | 17,4 | 26,3 | 68,0 | 19,9 | 22,0 | 25,2 | 72,5 | 19,9 | 21,6 |
| | 5 | 13,4 | 78,8 | 9,6 | 11,4 | 8,8 | 81,2 | 6,4 | 7,6 | 23,2 | 59,9 | 15,8 | 18,2 | 29,8 | 61,0 | 21,0 | 23,5 | 30,6 | 53,9 | 20,1 | 23,3 |
| | 6 | 10,0 | 76,0 | 8,0 | 14,0 | 11,0 | 47,0 | 8,0 | 14,0 | 18,0 | 58,0 | 13,0 | 15,0 | 31,0 | 59,0 | 20,0 | 24,0 | 27,0 | 62,0 | 20,0 | 24,0 |
| | 7 | 15,0 | 72,0 | 9,0 | 11,0 | 9,0 | 51,0 | 9,0 | 11,0 | 23,0 | 66,0 | 12,0 | 18,0 | 28,0 | 68,0 | 21,0 | 21,0 | 26,0 | 61,0 | 21,0 | 22,0 |

*a: tramo Latacunga Quevedo

*b: tramo Quevedo Latacunga

En la Maná a una temperatura ambiental de 28,8 °C se tiene una humedad de 60%, mientras que en Zumbahua a una temperatura de 5.5°C la humedad es de 6,7%. El punto de rocío depende de la humedad y temperatura, en Quevedo a una temperatura de 33,8°C y humedad de 60% el punto de rocío es de 20,8°C, en Latacunga con una temperatura de 19,2°C y humedad de 55% el punto de rocío es de 10,2°C; por lo que si mayor es la temperatura y humedad mayor será el punto de rocío.

En la realización de la prueba de conducción prolongada sin el uso del sistema de A/C, en la ruta de Latacunga – Quevedo, las condiciones ambientales determinan la incidencia sobre el individuo, mediante el uso del equipo se registraron mediciones en el tramo comprendido entre La Maná - Valencia que se reflejan en la tabla 23.

Tabla 23
Datos ambientales externos en Valencia

| Altitud | Temperatura ambiental (°C) | Tramo: Valencia | | Bulbo húmedo | Condición de A/C |
|---------|----------------------------|-----------------|----------------|--------------|------------------|
| | | % de Humedad | Punto de rocío | | |
| 74 msnm | 30,6 | 53,9 | 20,1 | 23,3 | SIN A/C |

Los datos externos son registrados en Valencia porque los ocupantes se someten a condiciones extremas (sin A/C) donde no se puede permanecer en el interior del habitáculo y obliga a terminar la prueba al registrar un aumento del 47% de la temperatura a la cual están acostumbrados.

3.5.2. En el Habitáculo

En la prueba, se realiza la recolección de datos ambientales al interior del habitáculo en los tramos de la ruta, con el uso del higrómetro, se registran valores ambientales que se reflejan en la tabla 24. Donde se procede a realizar las mediciones ambientales al interior del habitáculo con el uso del higrómetro.

Tabla 24*Datos al interior del habitáculo*

| Tramo | Latacunga | | | | | Zumbahua | | | | Pilaló | | | | La Maná | | | | Quevedo | | | |
|----------|-----------|------|------|----------|----------|----------|------|----------|----------|--------|------|----------|----------|---------|------|----------|----------|---------|------|----------|----------|
| | Prueba | Temp | Hum | P. rocío | Bulb Hum | Temp | Hum | P. rocío | Bulb Hum | Temp | Hum | P. rocío | Bulb Hum | Temp | Hum | P. rocío | Bulb Hum | Temp | Hum | P. rocío | Bulb Hum |
| | | (°C) | % | (°C) | (°C) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 1 | 20,5 | 34,9 | 10,5 | 17,5 | 20,5 | 34,9 | 10,5 | 17,5 | 18,8 | 43,8 | 8,2 | 14,4 | 17,4 | 62,0 | 11,7 | 15,1 | 18,1 | 65,0 | 12,5 | 16,1 |
| | 2 | 26,2 | 45,3 | 13,1 | 18,4 | 26,7 | 31,7 | 8,4 | 16,9 | 20,5 | 15,7 | 20,0 | 15,1 | 21,0 | 48,8 | 18,3 | 22,6 | 20,0 | 47,1 | 15,4 | 21,4 |
| | 3 | 25,0 | 60,0 | 17,8 | 20,6 | 27,7 | 34,1 | 10,4 | 18,0 | 28,8 | 42,6 | 15,5 | 20,4 | 20,9 | 52,0 | 13,1 | 15,4 | 18,6 | 46,2 | 17,9 | 20,5 |
| | 4 | 19,4 | 60,9 | 13,7 | 14,0 | 10,2 | 46,0 | 11,7 | 16,8 | 23,8 | 54,5 | 14,1 | 17,9 | 28,2 | 68,5 | 22,0 | 23,7 | 30,3 | 72,5 | 19,9 | 21,6 |
| | 5 | 21,0 | 65,5 | 12,9 | 15,6 | 24,1 | 60,0 | 5,3 | 8,3 | 15,1 | 70,0 | 10,7 | 12,5 | 24,8 | 73,3 | 19,7 | 21,4 | 33,0 | 53,1 | 22,5 | 25,8 |
| | 6 | 21,0 | 49,0 | 16,0 | 17,0 | 21,0 | 36,0 | 10,0 | 11,0 | 19,0 | 67,0 | 19,0 | 15,0 | 18,0 | 66,0 | 16,0 | 19,0 | 17,9 | 55,0 | 13,0 | 23,0 |
| | 7 | 27,0 | 60,0 | 12,0 | 16,0 | 23,0 | 43,0 | 11,0 | 9,0 | 28,0 | 57,0 | 11,0 | 14,0 | 17,5 | 52,0 | 14,0 | 18,0 | 19,0 | 47,0 | 15,0 | 20,0 |
| B | 1 | 20,5 | 34,9 | 10,5 | 17,5 | 19,0 | 75,0 | 7,7 | 8,4 | 19,8 | 43,8 | 7,2 | 13,4 | 19,8 | 43,8 | 7,2 | 13,4 | 18,1 | 65,0 | 12,5 | 16,1 |
| | 2 | 23,9 | 44,2 | 11,8 | 17,3 | 13,7 | 60,5 | 8,6 | 11,1 | 29,4 | 41,7 | 14,9 | 20,4 | 20,0 | 44,5 | 17,1 | 22,1 | 28,2 | 47,1 | 15,4 | 21,4 |
| | 3 | 23,5 | 39,1 | 8,7 | 15,3 | 18,0 | 59,2 | 8,0 | 11,8 | 21,1 | 39,4 | 9,1 | 12,7 | 26,7 | 43,8 | 15,7 | 18,4 | 27,7 | 46,2 | 17,9 | 20,5 |
| | 4 | 17,2 | 32,0 | 11,5 | 15,0 | 13,4 | 62,9 | 9,8 | 13,0 | 31,2 | 55,0 | 21,1 | 24,2 | 32,0 | 74,1 | 26,5 | 28,4 | 30,3 | 72,5 | 19,9 | 21,6 |
| | 5 | 30,7 | 63,7 | 10,1 | 13,2 | 16,0 | 78,8 | 9,6 | 11,4 | 30,7 | 50,8 | 19,0 | 22,7 | 31,1 | 64,1 | 23,5 | 25,6 | 33,0 | 53,1 | 22,5 | 25,8 |
| | 6 | 26,0 | 33,0 | 11,0 | 18,0 | 15,0 | 60,0 | 9,0 | 9,0 | 22,0 | 48,0 | 12,0 | 22,0 | 24,0 | 56,0 | 11,0 | 18,0 | 22,0 | 55,0 | 13,0 | 23,0 |
| | 7 | 20,0 | 55,0 | 10,0 | 20,0 | 14,0 | 73,0 | 8,0 | 11,0 | 21,0 | 52,0 | 13,0 | 19,0 | 22,0 | 69,0 | 22,0 | 16,0 | 33,0 | 47,0 | 15,0 | 20,0 |

*a: tramo Latacunga Quevedo

*b: tramo Quevedo Latacunga

En Quevedo con una humedad de 53,1 % excede a Latacunga en un 22% cuando la humedad es de 49%. El bulbo húmedo más alto en Quevedo es de 25,8°C y es 32% mayor al de Zumbahua que es de 17,5°C.

En el tramo comprendido entre Latacunga – Quevedo, se procede a realizar la prueba sin el uso del sistema de A/C hasta Valencia con el uso del higrómetro donde se observa mediciones altas que se reflejan en la tabla 25.

Tabla 25
Datos al interior del habitáculo Valencia

| Tramo: Valencia | | | | |
|-----------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|
| Temperatura ambiental (°C) | % de Humedad | Punto de rocío | Bulbo húmedo | Condición de A/C |
| 33,0 | 53,1 | 22,5 | 25,8 | SIN A/C |

Se registran datos en la ciudad de Valencia por las condiciones de la quinta prueba, a 20 minutos de llegar a la ciudad de Quevedo los ocupantes en especial el conductor no tolera el clima del interior del habitáculo por lo que se da como culminada la prueba en este tramo teniendo un aumento del 41% de la temperatura a la que habitualmente se encuentran habitualmente

3.5.3. Signos vitales

Los signos vitales durante la trayectoria Latacunga Quevedo se registran en la tabla 26, donde se indica la frecuencia cardiaca, el porcentaje de oxígeno en la sangre, la temperatura corporal y la presión arterial donde presión sistólica es P1 y presión diastólica P2. Las condiciones de la quinta prueba obligaron a los ocupantes a terminar las pruebas en la ciudad de Valencia provincia de los Ríos a 20 minutos de llegar a la ciudad de Quevedo debido a que el ambiente del habitáculo se volvió insoportable para el conductor.

Tabla 26

Signos vitales de Latacunga - Quevedo

| Tramo | Ocupante | N° Prueba | Latacunga | | | | | Zumbahua | | | | | Pilaló | | | | | La Maná | | | | | Quevedo | | | | |
|------------------|----------|-----------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----|-----------------|-----------------|--------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | Presión arterial (mmHg) | | F. card (p/min) | %O ² | T. Corp (°C) | Presión arterial (mmHg) | | F. card (p/min) | %O ² | T. Corp (°C) | Presión arterial (mmHg) | | F. card (p/min) | %O ² | T. Corp (°C) | Presión arterial (mmHg) | | F. card (p/min) | %O ² | T. Corp (°C) | Presión arterial (mmHg) | | F. card (p/min) | %O ² | T. Corp (°C) |
| | | | P1 ^d | P2 ^e | | | P1 ^d | P2 ^e | | | P1 ^d | P2 ^e | | | P1 ^d | P2 ^e | | | P1 ^d | P2 ^e | | | P1 ^d | P2 ^e | | | P1 ^d |
| Conductor | 1 | 133 | 85 | 77 | 95 | 36,2 | 129 | 81 | 73 | 94 | 36,0 | 126 | 83 | 71 | 98 | 36,0 | 115 | 76 | 74 | 96 | 36,2 | 115 | 76 | 70 | 96 | 36,2 | |
| | 2 | 117 | 78 | 70 | 92 | 35,1 | 114 | 73 | 82 | 90 | 36,8 | 117 | 81 | 84 | 94 | 37,0 | 110 | 71 | 70 | 97 | 38,4 | 96 | 88 | 73 | 82 | 35,2 | |
| | 3 | 131 | 82 | 78 | 96 | 36,1 | 126 | 83 | 87 | 90 | 36,8 | 135 | 81 | 82 | 96 | 35,7 | 133 | 87 | 85 | 98 | 35,6 | 116 | 76 | 92 | 96 | 37,3 | |
| | 4 | 124 | 81 | 66 | 96 | 34,2 | 126 | 78 | 73 | 94 | 35,3 | 123 | 77 | 89 | 95 | 35,9 | 113 | 69 | 93 | 98 | 35,6 | 106 | 95 | 103 | 98 | 37,4 | |
| | 5 | 122 | 73 | 61 | 98 | 33,8 | 142 | 94 | 66 | 93 | 21,0 | 117 | 73 | 85 | 95 | 22,5 | 118 | 78 | 89 | 97 | 34,9 | 117 | 76 | 91 | 98 | 36,5 | |
| | 6 | 143 | 80 | 71 | 91 | 34,0 | 128 | 75 | 72 | 93 | 37,0 | 146 | 88 | 69 | 93 | 36,0 | 115 | 98 | 97 | 97 | 35,0 | 110 | 90 | 75 | 85 | 39,0 | |
| | 7 | 110 | 102 | 89 | 97 | 35,0 | 130 | 88 | 94 | 93 | 36,0 | 163 | 98 | 96 | 96 | 36,0 | 117 | 105 | 75 | 99 | 35,0 | 123 | 83 | 91 | 94 | 35,0 | |
| ODD ^a | 1 | 133 | 88 | 79 | 94 | 36,1 | 116 | 76 | 65 | 92 | 35,5 | 132 | 84 | 58 | 99 | 36,5 | 110 | 72 | 66 | 97 | 36,5 | 110 | 72 | 66 | 97 | 36,5 | |
| | 2 | 120 | 82 | 80 | 93 | 34,4 | 111 | 72 | 73 | 93 | 36,5 | 117 | 73 | 77 | 92 | 35,7 | 108 | 67 | 63 | 97 | 37,3 | 113 | 71 | 72 | 87 | 34,4 | |
| | 3 | 123 | 92 | 97 | 91 | 34,7 | 196 | 108 | 99 | 92 | 38,0 | 117 | 75 | 117 | 98 | 36,3 | 122 | 79 | 101 | 97 | 37,6 | 109 | 68 | 107 | 98 | 36,6 | |
| | 4 | 113 | 71 | 87 | 96 | 34,6 | 103 | 68 | 91 | 90 | 34,6 | 103 | 68 | 96 | 91 | 35,8 | 113 | 74 | 103 | 98 | 35,6 | 116 | 72 | 105 | 96 | 37,0 | |
| | 5 | 112 | 76 | 91 | 94 | 33,0 | 115 | 78 | 98 | 94 | 20,6 | 122 | 81 | 107 | 92 | 25,9 | 106 | 67 | 92 | 98 | 35,7 | 104 | 60 | 97 | 98 | 36,8 | |
| | 6 | 140 | 78 | 85 | 92 | 36,0 | 126 | 91 | 86 | 87 | 37,0 | 108 | 79 | 83 | 99 | 35,0 | 107 | 85 | 84 | 96 | 35,0 | 121 | 92 | 86 | 83 | 38,0 | |
| | 7 | 137 | 93 | 91 | 97 | 36,0 | 100 | 70 | 80 | 95 | 37,0 | 144 | 100 | 88 | 92 | 37,0 | 169 | 115 | 81 | 96 | 37,0 | 140 | 71 | 87 | 92 | 39,0 | |
| OPD ^b | 1 | 141 | 96 | 88 | 94 | 35,8 | 125 | 86 | 76 | 96 | 36,1 | 123 | 74 | 88 | 97 | 35,8 | 123 | 81 | 70 | 98 | 36,2 | 123 | 81 | 78 | 98 | 36,2 | |
| | 2 | 151 | 98 | 96 | 94 | 32,7 | 137 | 91 | 87 | 85 | 37,4 | 129 | 85 | 79 | 95 | 36,2 | 122 | 79 | 75 | 98 | 38,1 | 125 | 81 | 71 | 98 | 36,8 | |
| | 3 | 103 | 69 | 78 | 90 | 35,3 | 98 | 69 | 80 | 92 | 35,8 | 107 | 70 | 72 | 92 | 35,4 | 102 | 67 | 66 | 98 | 36,5 | 115 | 76 | 82 | 98 | 36,9 | |
| | 4 | 123 | 83 | 73 | 97 | 34,2 | 113 | 73 | 71 | 92 | 32,0 | 107 | 71 | 68 | 98 | 35,0 | 113 | 74 | 80 | 98 | 35,2 | 108 | 70 | 72 | 98 | 36,5 | |
| | 5 | 112 | 72 | 78 | 95 | 32,3 | 141 | 123 | 74 | 92 | 20,5 | 114 | 71 | 74 | 92 | 21,2 | 99 | 70 | 65 | 99 | 35,1 | 99 | 64 | 62 | 74 | 35,4 | |
| | 6 | 144 | 90 | 77 | 97 | 32,0 | 133 | 74 | 75 | 89 | 38,0 | 115 | 99 | 69 | 96 | 36,0 | 175 | 96 | 88 | 99 | 37,0 | 96 | 69 | 88 | 85 | 37,0 | |
| | 7 | 131 | 82 | 91 | 96 | 32,0 | 106 | 81 | 77 | 87 | 36,0 | 131 | 94 | 72 | 98 | 35,0 | 115 | 87 | 94 | 94 | 36,0 | 111 | 87 | 97 | 92 | 37,0 | |
| OPI ^c | 1 | 150 | 105 | 76 | 92 | 36,5 | 154 | 104 | 69 | 96 | 36,8 | 163 | 115 | 62 | 98 | 36,6 | 140 | 94 | 88 | 97 | 36,6 | 140 | 94 | 88 | 97 | 36,6 | |
| | 2 | 134 | 88 | 77 | 97 | 31,8 | 131 | 84 | 80 | 87 | 36,5 | 115 | 71 | 88 | 92 | 36,7 | 112 | 68 | 88 | 98 | 38,4 | 120 | 72 | 81 | 99 | 37,6 | |
| | 3 | 139 | 92 | 75 | 93 | 36,2 | 193 | 142 | 100 | 95 | 37,7 | 122 | 81 | 76 | 96 | 36,9 | 106 | 71 | 73 | 99 | 37,6 | 112 | 66 | 89 | 97 | 38,5 | |
| | 4 | 129 | 87 | 75 | 93 | 34,2 | 135 | 92 | 80 | 96 | 33,3 | 137 | 90 | 73 | 95 | 36,5 | 108 | 67 | 85 | 99 | 36,8 | 104 | 65 | 94 | 98 | 36,3 | |
| | 5 | 131 | 88 | 83 | 98 | 32,0 | 149 | 105 | 76 | 81 | 22,9 | 146 | 99 | 81 | 96 | 20,2 | 115 | 76 | 77 | 99 | 34,5 | 96 | 62 | 91 | 80 | 37,7 | |
| | 6 | 113 | 101 | 76 | 92 | 33,0 | 107 | 84 | 98 | 92 | 35,0 | 140 | 99 | 102 | 96 | 37,0 | 164 | 87 | 83 | 95 | 36,0 | 140 | 69 | 106 | 83 | 38,0 | |
| | 7 | 115 | 83 | 79 | 94 | 35,0 | 113 | 99 | 90 | 90 | 37,0 | 161 | 113 | 58 | 96 | 35,0 | 152 | 78 | 97 | 94 | 35,0 | 133 | 77 | 94 | 95 | 38,0 | |

^a ODD (Ocupante delantero derecho)^b OPD (Ocupante posterior derecho)^c OPI (Ocupante posterior izquierdo)^d P1 (Presión sistólica)^e P2 (Presión diastólica).

Las mediciones de signos vitales en condiciones normales se encuentran dentro de los rangos comunes a diferencia de las mediciones realizadas en el sector de la Costa con un aumento en las presiones sistólica y diastólica con una reducción del porcentaje de oxígeno en la sangre, y una temperatura de hasta 37°C.

En la prueba de retorno comprendido en el tramo Quevedo – Latacunga, se realiza las mediciones correspondientes en los tramos de prueba, teniendo en cuenta que en la condición sin A/C los ocupantes no toleran el ambiente del habitáculo y obliga a terminar la prueba en Valencia registrando signos vitales en la tabla 27.

Tabla 27
Signos vitales de Quevedo – Latacunga

| Ocupante | N° Prueba | Quevedo | | | | | La Maná | | | | | Pilaló | | | | | Zumbahua | | | | | Latacunga | | | | | |
|------------------|-----------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|----|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----|-----------------|-----------------|--------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Presión arterial (mmHg) | | F. card (p/min) | %O ² | T. Corp (°C) | Presión arterial (mmHg) | | F. card (p/min) | %O ² | T. Corp (°C) | Presión arterial (mmHg) | | F. card (p/min) | %O ² | T. Corp (°C) | Presión arterial (mmHg) | | F. card (p/min) | %O ² | T. Corp (°C) | Presión arterial (mmHg) | | F. card (p/min) | %O ² | T. Corp (°C) | |
| | | P1 ^d | P2 ^e | | | P1 ^d | P2 ^e | | | P1 ^d | P2 ^e | | | P1 ^d | P2 ^e | | | P1 ^d | P2 ^e | | | P1 ^d | P2 ^e | | | P1 ^d | P2 ^e |
| Conductor | 1 | 115 | 76 | 70 | 96 | 36,2 | 147 | 72 | 67 | 98 | 36,0 | 119 | 77 | 84 | 88 | 36,0 | 124 | 79 | 81 | 92 | 35,9 | 124 | 79 | 81 | 92 | 35,9 | |
| | 2 | 96 | 88 | 73 | 82 | 35,2 | 110 | 71 | 70 | 97 | 38,4 | 132 | 106 | 72 | 95 | 38,3 | 94 | 62 | 79 | 88 | 35,2 | 80 | 60 | 71 | 92 | 37,9 | |
| | 3 | 116 | 76 | 92 | 96 | 37,3 | 124 | 77 | 92 | 98 | 35,2 | 140 | 92 | 92 | 96 | 37,1 | 111 | 70 | 86 | 92 | 37,3 | 121 | 75 | 94 | 95 | 34,3 | |
| | 4 | 106 | 95 | 103 | 98 | 37,4 | 124 | 77 | 100 | 96 | 36,7 | 129 | 79 | 92 | 97 | 38,6 | 128 | 85 | 83 | 94 | 36,8 | 120 | 79 | 89 | 92 | 36,7 | |
| | 5 | 117 | 76 | 91 | 98 | 36,5 | 128 | 82 | 98 | 99 | 35,8 | 113 | 76 | 90 | 94 | 34,6 | 130 | 85 | 88 | 94 | 31,3 | 147 | 99 | 85 | 95 | 31,2 | |
| | 6 | 110 | 90 | 75 | 85 | 39,0 | 112 | 83 | 80 | 93 | 38,0 | 136 | 95 | 93 | 88 | 34,0 | 118 | 77 | 68 | 90 | 36,0 | 119 | 90 | 68 | 94 | 37,0 | |
| | 7 | 123 | 83 | 91 | 94 | 35,0 | 112 | 90 | 85 | 98 | 36,0 | 128 | 75 | 74 | 94 | 37,0 | 141 | 97 | 92 | 92 | 34,0 | 100 | 63 | 108 | 90 | 36,0 | |
| ODD ^a | 1 | 110 | 72 | 66 | 97 | 36,5 | 111 | 75 | 76 | 93 | 36,5 | 115 | 73 | 71 | 90 | 35,9 | 111 | 71 | 69 | 92 | 35,8 | 111 | 71 | 69 | 92 | 35,9 | |
| | 2 | 113 | 71 | 72 | 87 | 34,4 | 108 | 67 | 63 | 97 | 37,3 | 111 | 71 | 69 | 92 | 38,9 | 119 | 85 | 64 | 94 | 34,8 | 108 | 71 | 70 | 94 | 38,2 | |
| | 3 | 109 | 68 | 107 | 98 | 36,6 | 110 | 70 | 104 | 97 | 36,8 | 110 | 66 | 100 | 98 | 34,4 | 110 | 66 | 93 | 92 | 36,6 | 112 | 71 | 80 | 96 | 37,9 | |
| | 4 | 116 | 72 | 105 | 96 | 37,0 | 128 | 77 | 104 | 96 | 37,8 | 109 | 65 | 100 | 94 | 37,3 | 107 | 66 | 105 | 88 | 36,5 | 108 | 65 | 100 | 88 | 37,8 | |
| | 5 | 104 | 60 | 97 | 98 | 36,8 | 98 | 64 | 94 | 98 | 37,7 | 93 | 60 | 106 | 92 | 32,6 | 93 | 62 | 96 | 91 | 26,8 | 99 | 66 | 92 | 93 | 34,1 | |
| | 6 | 121 | 92 | 86 | 83 | 38,0 | 104 | 62 | 82 | 95 | 37,0 | 119 | 104 | 94 | 97 | 34,0 | 107 | 87 | 104 | 92 | 34,0 | 127 | 98 | 84 | 88 | 34,0 | |
| | 7 | 140 | 71 | 87 | 92 | 39,0 | 112 | 79 | 97 | 94 | 37,0 | 116 | 67 | 97 | 96 | 36,0 | 155 | 107 | 98 | 93 | 36,0 | 120 | 80 | 70 | 89 | 34,0 | |
| OPD ^b | 1 | 123 | 81 | 78 | 98 | 36,2 | 125 | 88 | 85 | 99 | 35,8 | 107 | 72 | 76 | 90 | 36,3 | 113 | 67 | 80 | 96 | 36,0 | 113 | 67 | 80 | 96 | 36,0 | |
| | 2 | 125 | 81 | 71 | 98 | 36,8 | 122 | 79 | 75 | 98 | 38,1 | 147 | 96 | 76 | 93 | 38,1 | 135 | 101 | 81 | 89 | 34,4 | 148 | 100 | 87 | 93 | 37,7 | |
| | 3 | 115 | 76 | 82 | 98 | 36,9 | 96 | 61 | 74 | 97 | 37,5 | 106 | 71 | 86 | 92 | 35,5 | 115 | 70 | 110 | 94 | 37,3 | 108 | 61 | 117 | 94 | 35,6 | |
| | 4 | 108 | 70 | 72 | 98 | 36,5 | 93 | 60 | 66 | 98 | 36,1 | 114 | 70 | 66 | 94 | 36,1 | 123 | 79 | 78 | 91 | 36,6 | 110 | 70 | 89 | 96 | 37,0 | |
| | 5 | 99 | 64 | 62 | 74 | 35,4 | 102 | 69 | 83 | 99 | 36,5 | 106 | 70 | 80 | 93 | 33,5 | 123 | 83 | 86 | 92 | 30,5 | 145 | 97 | 92 | 93 | 27,7 | |
| | 6 | 96 | 69 | 88 | 85 | 37,0 | 145 | 81 | 70 | 93 | 36,0 | 116 | 72 | 89 | 93 | 36,0 | 111 | 98 | 90 | 88 | 36,0 | 147 | 89 | 71 | 95 | 36,0 | |
| | 7 | 111 | 87 | 97 | 92 | 37,0 | 145 | 86 | 94 | 98 | 36,0 | 140 | 85 | 79 | 88 | 37,0 | 133 | 88 | 70 | 88 | 36,0 | 117 | 76 | 108 | 89 | 37,0 | |
| OPI ^c | 1 | 140 | 94 | 88 | 97 | 36,6 | 143 | 92 | 87 | 94 | 36,6 | 141 | 92 | 87 | 91 | 36,4 | 128 | 81 | 81 | 94 | 36,5 | 128 | 81 | 81 | 94 | 36,5 | |
| | 2 | 120 | 72 | 81 | 99 | 37,6 | 122 | 68 | 88 | 98 | 37,4 | 105 | 74 | 67 | 94 | 38,4 | 160 | 122 | 72 | 92 | 35,5 | 130 | 87 | 78 | 98 | 38,2 | |
| | 3 | 112 | 66 | 89 | 97 | 38,5 | 121 | 86 | 88 | 98 | 38,5 | 121 | 76 | 84 | 97 | 36,1 | 110 | 71 | 79 | 89 | 36,3 | 116 | 85 | 81 | 98 | 34,9 | |
| | 4 | 104 | 65 | 94 | 98 | 36,3 | 108 | 70 | 87 | 94 | 37,9 | 105 | 69 | 79 | 94 | 37,8 | 132 | 86 | 74 | 93 | 36,4 | 138 | 89 | 92 | 87 | 38,0 | |
| | 5 | 96 | 62 | 91 | 80 | 37,7 | 103 | 66 | 72 | 98 | 35,9 | 103 | 75 | 74 | 96 | 35,4 | 137 | 94 | 90 | 98 | 30,4 | 150 | 100 | 79 | 98 | 26,9 | |
| | 6 | 140 | 69 | 106 | 83 | 38,0 | 142 | 71 | 93 | 94 | 37,0 | 125 | 78 | 77 | 97 | 36,0 | 125 | 86 | 81 | 88 | 37,0 | 106 | 77 | 81 | 88 | 37,0 | |
| | 7 | 133 | 77 | 94 | 95 | 38,0 | 134 | 76 | 93 | 98 | 38,0 | 121 | 77 | 90 | 88 | 36,0 | 147 | 114 | 77 | 88 | 37,0 | 143 | 104 | 88 | 96 | 36,0 | |

^a ODD (Ocupante al lado del conductor)

^b OPD (Ocupante posterior derecho)

^c OPI (Ocupante posterior izquierdo)

^d P1 (Presión sistólica)

^e P2 (Presión diastólica).

Se registra mediciones de signos vitales altos en el sector de la Costa, a medida que avance el recorrido hacia el sector de la Sierra se registra mediciones de signos vitales más bajos se muestra en la tabla 27, se observa que la temperatura corporal del conductor de 37.4°C en el sector de Quevedo y en Latacunga con un valor de $34,7^{\circ}\text{C}$, existiendo la variación durante la prueba de conducción prolongada del 8%.

En la tabla 28 se observa las mediciones de signos vitales realizadas a los ocupantes en el tramo de la Sierra con el uso mínimo del A/C, en condiciones normales y en adversas, se registra datos de presión cardiaca, frecuencia cardiaca, porcentaje de oxígeno y temperatura corporal. Se indican tres condiciones sin aire acondicionado, en condiciones adversas en la Sierra el nivel del aire será máximo en condiciones normales en la Costa el nivel será el máximo.

Tabla 28*Obtención de datos por regiones*

| Condición | | Condición normal | | | | | Condición adversa | | | | | Sin A/C | | | | |
|-----------|------------------|------------------|-----------------|-------|------------------|--------------|-------------------|-----------------|-------|------------------|--------------|-----------------|-----------------|-------|------------------|--------------|
| Región | Ocupantes | Presión (mmHg) | | Pulso | % O ² | T Corp. (°C) | Presión (mmHg) | | Pulso | % O ² | T Corp. (°C) | Presión (mmHg) | | Pulso | % O ² | T Corp. (°C) |
| | | P1 ^d | P2 ^e | | | | P1 ^d | P2 ^e | | | | P1 ^d | P2 ^e | | | |
| Sierra | Conductor | 106 | 82 | 78 | 90 | 35.70 | 124 | 77 | 96 | 89 | 21,0 | 117 | 73 | 66 | 93 | 33.80 |
| | ODD ^a | 108 | 75 | 81 | 92 | 36.13 | 113 | 68 | 99 | 96 | 20.6 | 131 | 76 | 90 | 94 | 33,00 |
| | OPD ^b | 104 | 73 | 72 | 92 | 35.20 | 123 | 71 | 97 | 96 | 20.5 | 112 | 72 | 78 | 95 | 32.30 |
| | OPI ^c | 105 | 79 | 80 | 96 | 36.20 | 129 | 67 | 93 | 92 | 20.2 | 112 | 88 | 82 | 98 | 32,00 |
| Costa | Conductor | 116 | 87 | 91 | 96 | 35.30 | 124 | 95 | 103 | 96 | 36.5 | 128 | 82 | 98 | 97 | 41.12 |
| | ODD ^a | 110 | 79 | 101 | 98 | 35.60 | 128 | 72 | 105 | 98 | 37.7 | 106 | 67 | 94 | 98 | 40.96 |
| | OPD ^b | 115 | 76 | 81 | 98 | 34.90 | 93 | 70 | 98 | 98 | 36.5 | 99 | 70 | 65 | 74 | 38.14 |
| | OPI ^c | 121 | 81 | 89 | 97 | 35.60 | 108 | 65 | 94 | 99 | 37.7 | 115 | 76 | 91 | 80 | 40.10 |

^a ODD (Ocupante al lado del conductor)^b OPD (Ocupante posterior derecho)^c OPI (Ocupante posterior izquierdo)^d P1 (Presión sistólica)^e P2 (Presión diastólica).

Sin aire acondicionado el conductor en la Costa presenta un incremento del 10% en la presión sistólica, por otra parte, en condiciones normales el incremento es del 8%. En condiciones adversas en la Sierra el ocupante delantero derecho tiene la presión sistólica menor en un 11% en comparación con la Costa, mientras que con aire acondicionado normal es del 2%.

3.6. Consumo metabólico basal

La determinación del consumo metabólico se da mediante los valores obtenidos de la norma NTP 1011, para esta prueba se considera tres componentes de consumo energético según el componente postural, tipo de trabajo y metabolismo basal, expresados en la tabla 6, 7 y 8 respectivamente; la sumatoria de estos tres valores da como resultado el consumo metabólico basal ecuación 3.

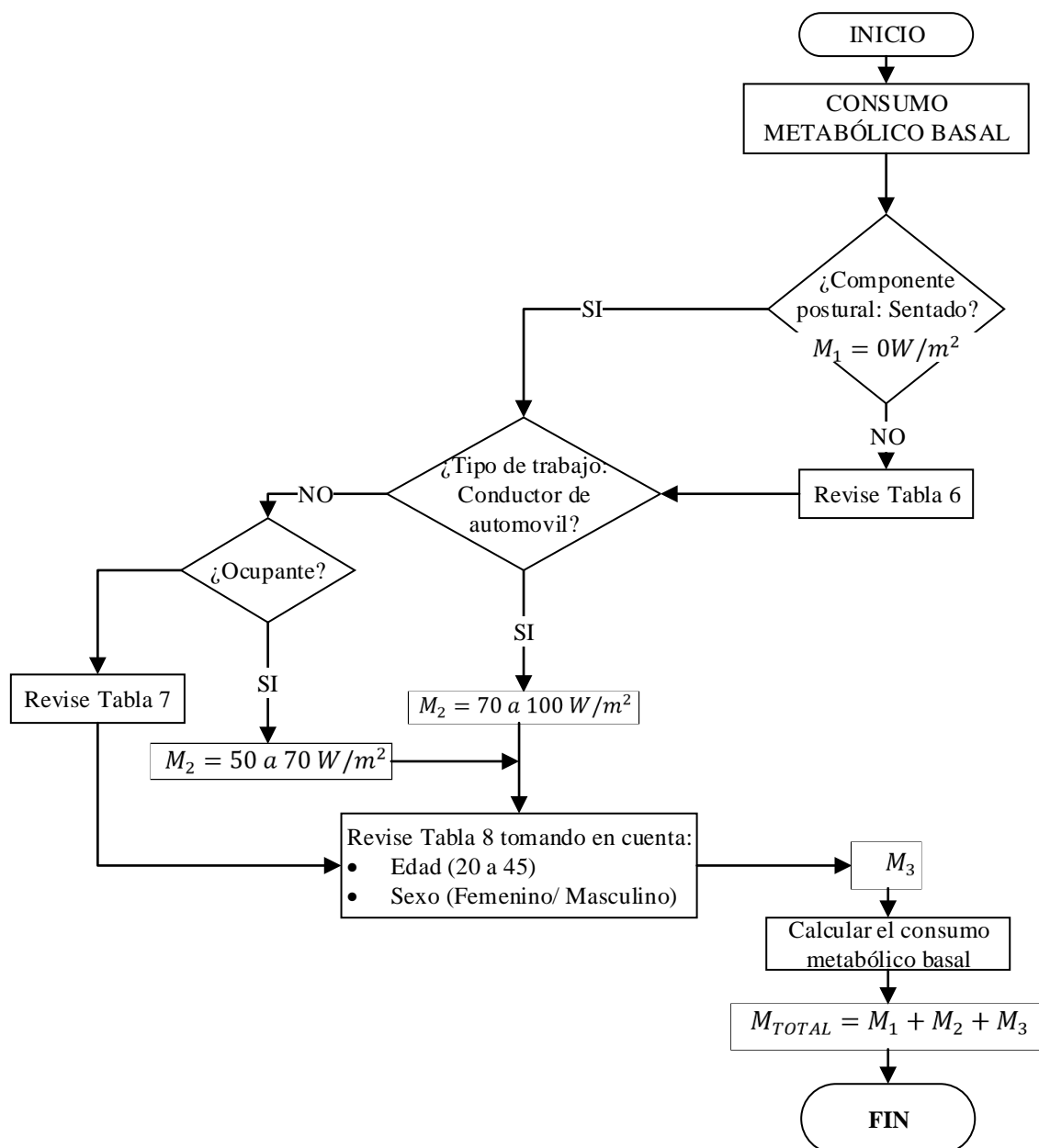


Figura 52. Consumo metabólico basal

En la tabla 29 se muestran los datos del conductor y tres ocupantes que fueron sometidos a las pruebas de conducción prolongada y los cálculos realizados mediante la Ecuación 3.

Tabla 29

Consumo metabólico basal

| Ocupante | Componente postural (tabla 6) | Componente del tipo de trabajo (tabla 7) | Edad | Varón | Mujer | Metabolismo basal (tabla 8) | Consumo metabólico basal (W/m ²) |
|------------------|-------------------------------|------------------------------------------|------|-------|-------|-----------------------------|----------------------------------------------|
| Conductor | 0 | 90 | 23 | X | | 46,678 | 136,678 |
| OPD | 0 | 55 | 24 | X | | 46,678 | 101,678 |
| ODD | 0 | 70 | 25 | X | | 46,678 | 116,678 |
| OPI | 0 | 55 | 22 | | X | 41,969 | 96,969 |

^a ODD (Ocupante al lado del conductor)

^b OPD (Ocupante posterior derecho)

^c OPI (Ocupante posterior izquierdo)

El componente postural tabla 6 es $0 \frac{W}{m^2}$ para todos los ocupantes debido a que se encuentran sentados durante toda la prueba. El conductor y el ocupante delantero derecho son los que más actividades realizan por lo que su consumo según el tipo de trabajo tabla 7 es mayor en comparación de los ocupantes posteriores. El conductor, ocupantes delantero derecho y posterior izquierdo presentan un metabolismo basal mayor al del ocupante posterior izquierdo en un 13% debido a que el metabolismo depende del sexo y edad tabla 8.

El consumo metabólico basal en un ciclo de trabajo se obtiene mediante la aplicación de la ecuación 4, donde se utilizó el tiempo transcurrido en cada tramo de la ruta de prueba y el consumo metabólico basal de cada ocupante, obteniendo así los resultados que se muestran en la tabla 30.

Tabla 30

Tasa metabólica media en función del tiempo

| Ocupante | Tramo | Tasa metabólica media en función del tiempo (W/m ²) | | | |
|------------------|-------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|
| | | Latacunga-Zumbahua (80min) | Zumbahua – Pilaló (40min) | Pilaló - La Maná (60 min) | La Maná – Quevedo (50) |
| Conductor | | 10934,24 | 5467,12 | 8200,68 | 6833,90 |

CONTINÚA →

| | | | | |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| OPD^a | 8134,24 | 4387,12 | 6580,68 | 5483,90 |
| ODD^b | 9334,24 | 4587,12 | 6880,68 | 5733,90 |
| OPI^c | 7757,52 | 4078,76 | 6118,14 | 5098,45 |

^a ODD (Ocupante al lado del conductor)

^b OPD (Ocupante posterior derecho)

^c OPI (Ocupante posterior izquierdo)

El consumo energético es mayor en el tramo Latacunga a Zumbahua porque el tiempo transcurrido es mayor en un 25% al de Pilaló – La Maná, en un 37,5% al de la Maná – Quevedo y en un 50% al de Zumbahua a Pilaló. El conductor presenta un consumo energético mayor en un 15% al de ocupante delantero. Los ocupantes posteriores consumen 30 % menos energía que el conductor debido a que no realizan actividades de mayor relevancia como el conductor.

3.7. Índice de estrés térmico

Para el cálculo del índice de estrés térmico se considera la norma NTP 322 donde se aplica la ecuación 1, el procedimiento se muestra en la figura 53. Es necesario calcular la temperatura globo por medio de la ecuación 2, medir la temperatura de bulbo húmedo y ambiental usando el higrómetro, para analizar se compara los valores obtenidos tabla 31 y 32 con la tabla 5.

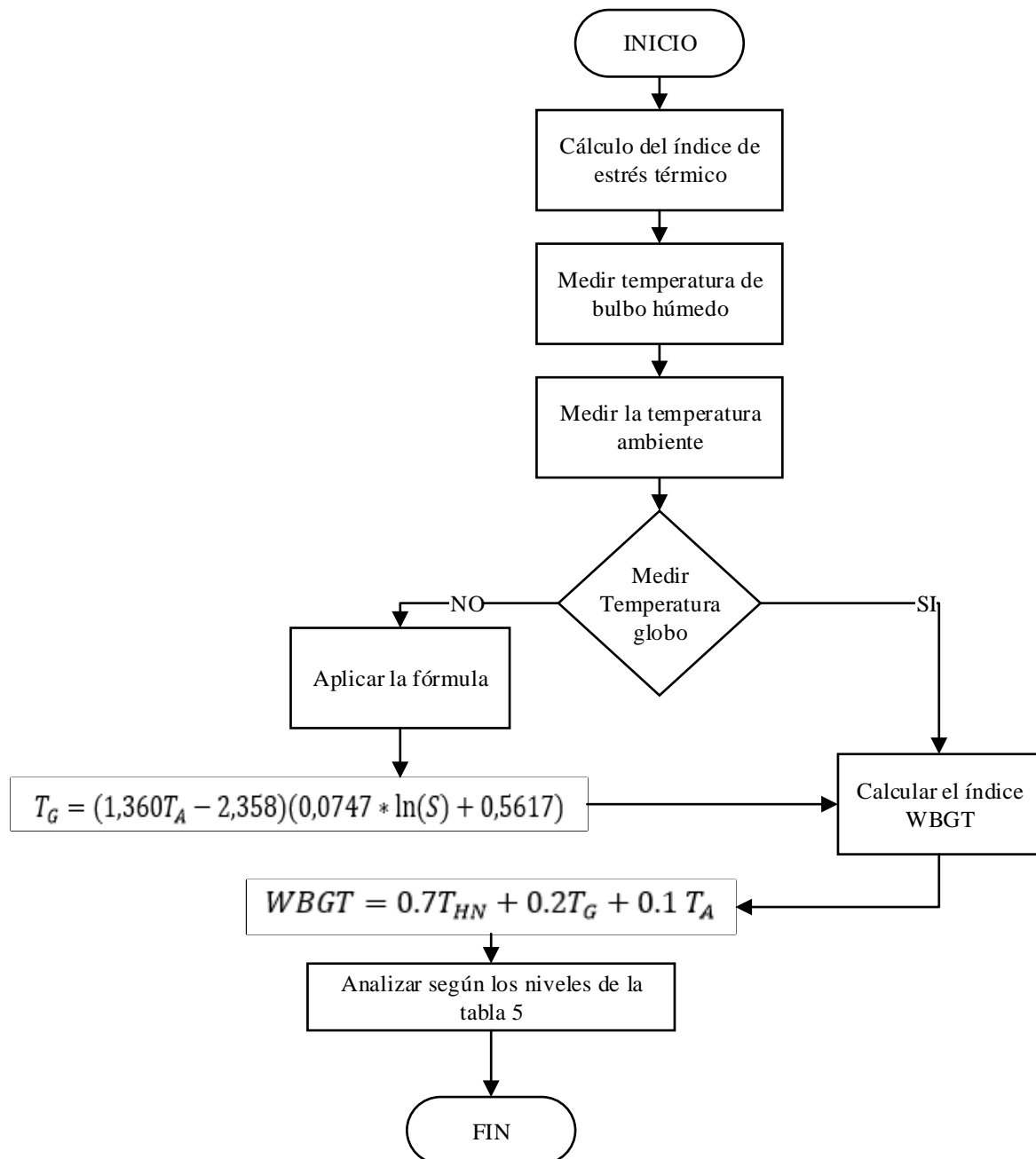


Figura 53. Flujoograma del cálculo del índice WBGT

En la tabla 31 se muestran los resultados del índice de estrés térmico en todos los tramos y pruebas; la temperatura globo se calcula aplicando la ecuación 2 donde la radiación varía de $3 \frac{\text{KWh}}{\text{m}^2} / \text{día}$ a $4 \frac{\text{KWh}}{\text{m}^2} / \text{día}$, equivalente a $125 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ a $166,67 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$. Para los diferentes tramos se considera radiaciones dependiendo del tramo, así en Latacunga se tiene una radiación de $166,67 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$, Zumbahua y Pilaló $145,83 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ mientras que en la Maná y Quevedo de $125 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$

Tabla 31
Índice de estrés térmico

| Tramos | Radiación W/m ² | N° Prueba | Latacunga- Quevedo | | Quevedo - Latacunga | |
|-----------|----------------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|
| | | | T _G (°C) | WBGT (°C) | T _G (°C) | WBGT (°C) |
| Latacunga | 166,67 | 1 | 24,09 | 19,12 | 24,09 | 19,12 |
| | | 2 | 31,41 | 21,78 | 28,45 | 20,19 |
| | | 3 | 29,87 | 21,98 | 27,94 | 18,65 |
| | | 4 | 24,73 | 16,28 | 19,85 | 16,19 |
| | | 5 | 22,68 | 17,97 | 37,18 | 19,75 |
| | | 6 | 24,73 | 18,95 | 31,15 | 21,43 |
| | | 7 | 32,43 | 20,39 | 23,45 | 20,69 |
| Zumbahua | 145,83 | 1 | 23,83 | 19,07 | 21,93 | 12,17 |
| | | 2 | 31,71 | 20,84 | 15,20 | 12,18 |
| | | 3 | 32,98 | 21,97 | 20,66 | 14,19 |
| | | 4 | 10,75 | 14,93 | 14,82 | 13,40 |
| | | 5 | 28,41 | 13,90 | 18,12 | 13,20 |
| | | 6 | 24,47 | 14,69 | 16,85 | 11,17 |
| | | 7 | 27,01 | 16,10 | 15,58 | 12,22 |
| Pilaló | 145,83 | 1 | 21,68 | 16,30 | 22,95 | 15,95 |
| | | 2 | 23,83 | 17,39 | 35,14 | 24,25 |
| | | 3 | 34,38 | 24,04 | 24,60 | 15,92 |
| | | 4 | 28,03 | 20,52 | 37,42 | 27,54 |
| | | 5 | 16,98 | 13,66 | 36,79 | 26,32 |
| | | 6 | 21,93 | 16,79 | 25,74 | 22,75 |
| | | 7 | 33,36 | 19,27 | 24,47 | 20,29 |
| La Maná | 125,00 | 1 | 19,65 | 16,24 | 22,66 | 15,89 |
| | | 2 | 24,17 | 22,75 | 22,91 | 22,05 |
| | | 3 | 24,04 | 17,68 | 31,32 | 21,81 |
| | | 4 | 33,20 | 26,05 | 37,97 | 30,67 |
| | | 5 | 28,93 | 23,25 | 36,84 | 28,40 |
| | | 6 | 20,40 | 19,18 | 27,93 | 20,59 |
| | | 7 | 19,78 | 18,31 | 25,42 | 18,48 |
| Quevedo | 125 | 1 | 20,53 | 17,19 | 20,53 | 17,19 |
| | | 2 | 22,91 | 21,56 | 22,91 | 21,56 |
| | | 3 | 21,11 | 20,43 | 21,11 | 20,43 |
| | | 4 | 35,83 | 25,32 | 35,83 | 25,32 |
| | | 5 | 39,22 | 29,20 | 39,22 | 29,20 |
| | | 6 | 20,28 | 20,55 | 20,28 | 20,55 |
| | | 7 | 21,66 | 20,23 | 21,66 | 20,23 |

*T_G (Temperatura Globo)

El índice de estrés térmico depende de tres temperaturas, ambiental, de globo, y de bulbo húmedo. En la Costa durante todas las pruebas se determina que el estrés térmico es mayor en un 30% en comparación con la Sierra. En condiciones adversas la Maná presenta un alto índice

WBGT que excede 17% al de Quevedo, comparado con condiciones normales es 50% mayor, mientras que relacionada al índice sin aire acondicionado es 7% mayor.

En la tabla 32 se presenta el índice WBGT en función de condiciones normales, adversas y sin aire acondicionado durante toda la prueba de conducción prolongada, los datos en Quevedo son duplicados ya que durante las pruebas se toma una sola lectura de datos en este tramo porque se considera como punto de partida para el retorno.

Tabla 32
Estrés térmico en diferentes condiciones

| Tramos | Estrés térmico (°C) Latacunga- Quevedo | | | Estrés térmico (°C) Quevedo – Latacunga | | |
|-----------|----------------------------------------|----------------------|---------|-----------------------------------------|----------------------|---------|
| | Condiciones Normales | Condiciones Adversas | Sin A/C | Condiciones Normales | Condiciones Adversas | Sin A/C |
| Latacunga | 23,61 | 18,67 | 17,40 | 18,65 | 24,51 | 14,93 |
| Zumbahua | 16,30 | 17,39 | 21,94 | 13,48 | 14,64 | 12,28 |
| Pilaló | 21,94 | 20,52 | 13,66 | 15,92 | 27,54 | 26,32 |
| La Maná | 17,68 | 26,05 | 23,25 | 21,81 | 30,67 | 28,40 |
| Quevedo | 23,63 | 25,32 | 29,20 | 23,63 | 25,32 | 29,20 |

El menor índice WBGT en Latacunga, Zumbahua y Pilaló es sin aire acondicionado, mientras que en La Maná y Quevedo el menor índice es en condiciones normales. En la Sierra los resultados sin A/C son menores a los de condiciones adversas.

3.8.Método de Fanger.

Para determinar el índice de valoración de medio IVM se debe utilizar la tabla 9, en función de cuatro variables que son el consumo energético ($\frac{Kcal}{h}$), índice de indumento (clo), la temperatura ambiente y la velocidad relativa del aire respecto al cuerpo en ($\frac{m}{s}$), el proceso se demuestra en la figura 54.

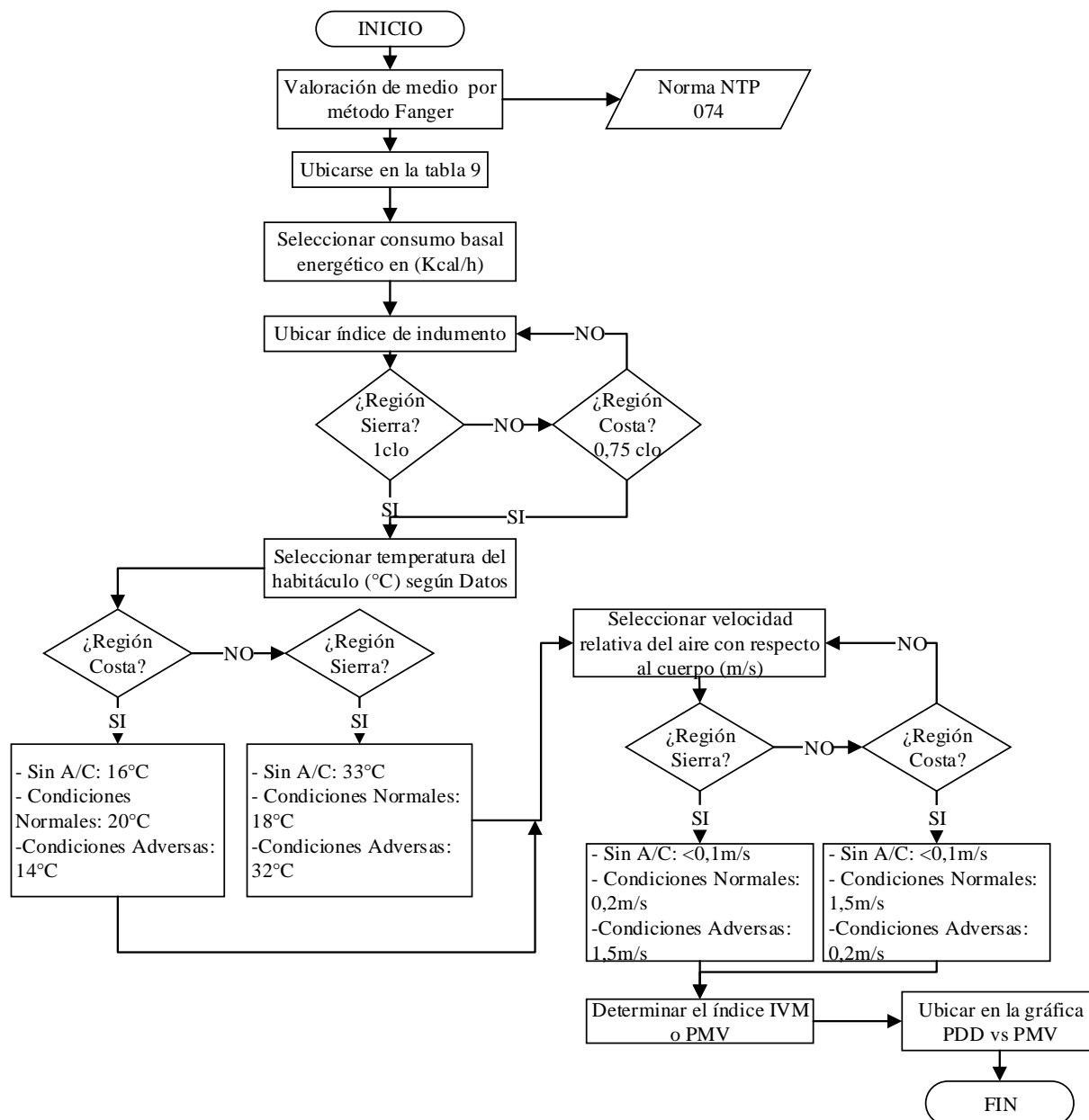


Figura 54. Método de Fanger

Mediante la tabla 33 se presentan los valores del índice IVM y la proporción de insatisfacción del medio para las regiones Costa y Sierra durante las pruebas de conducción prolongada en tres diferentes condiciones.

Tabla 33
Índice IMV

| Ocupante | Tramo Condiciones | Sierra (1 clo) | | | Costa (0,75clo) | | |
|------------------|----------------------|--------------------|-------|----------|--------------------|-------|----------|
| | | $v_R(\frac{m}{s})$ | IVM | P.I. (%) | $v_R(\frac{m}{s})$ | IVM | P.I. (%) |
| Conductor | Normales | 0,21 | 0,04 | 5 | 1,600 | -0,17 | 5,5 |
| | Adversas | 1,60 | -1,11 | 30 | 0,210 | 2,10 | 81,0 |
| | Sin A/C | 0,00 | -0,09 | 5 | 0,000 | 2,22 | 85,0 |
| OPD | Normales | 0,19 | -0,14 | 5 | 1,490 | -0,65 | 12,0 |
| | Adversas | 1,49 | -2,07 | 80 | 0,198 | 1,73 | 60,0 |
| | Sin A/C | 0,00 | -0,69 | 15 | 0,000 | 2,33 | 84,0 |
| ODD | Normales | 0,21 | 0,33 | 6 | 1,600 | -0,17 | 5,5 |
| | Adversas | 1,60 | -1,57 | 55 | 0,210 | 2,10 | 81,0 |
| | Sin A/C | 0,00 | 0,76 | 16 | 0,000 | 2,22 | 84,0 |
| OPI | Normales | 0,19 | -0,54 | 10 | 1,480 | -0,65 | 12,0 |
| | Adversas | 1,48 | -2,04 | 80 | 0,198 | 1,73 | 60,0 |
| | Sin A/C | 0,00 | -1,18 | 35 | 0,000 | 2,33 | 84,0 |

Nota: Durante las pruebas de conducción prolongada V_R es medido con el caudalímetro

*Clo (índice de indumento)

* v_R (Velocidad relativa respecto al cuerpo)

*IVM (índice de valoración de medio)

*P.I. (Porcentaje de insatisfacción térmica)

Dependiendo de las condiciones a las que se encuentren los ocupantes presentan un índice de valoración de medio alto, bajo. En condiciones normales los ocupantes presentan una insatisfacción del 5,5%, mientras tanto sin aire acondicionado la insatisfacción presentada es del 85%.

3.9. Protocolo de pruebas de conducción prolongada

Este protocolo tiene como finalidad determinar el confort de los ocupantes en conducción prolongada y mediante la obtención del índice de estrés térmico WGBT se llega a la valoración del confort, para lo cual es necesario plantear una ruta sistemática y un programa que cumpla con el objetivo del proyecto, basándose en índices de indumento, velocidad de aire y temperatura del habitáculo y así obtener resultados más precisos de la investigación, tomando en cuenta la seguridad de los ocupantes, los reglamentos de tránsito, Notas Técnicas de Prevención NTP y la Norma ISO 7730.

Para el desarrollo de las pruebas de conducción prolongada se debe establecer un procedimiento desde la selección del vehículo, hasta el proceso de las mediciones ambientales y de signos vitales en los tramos establecidos, como se refleja en la figura 55.

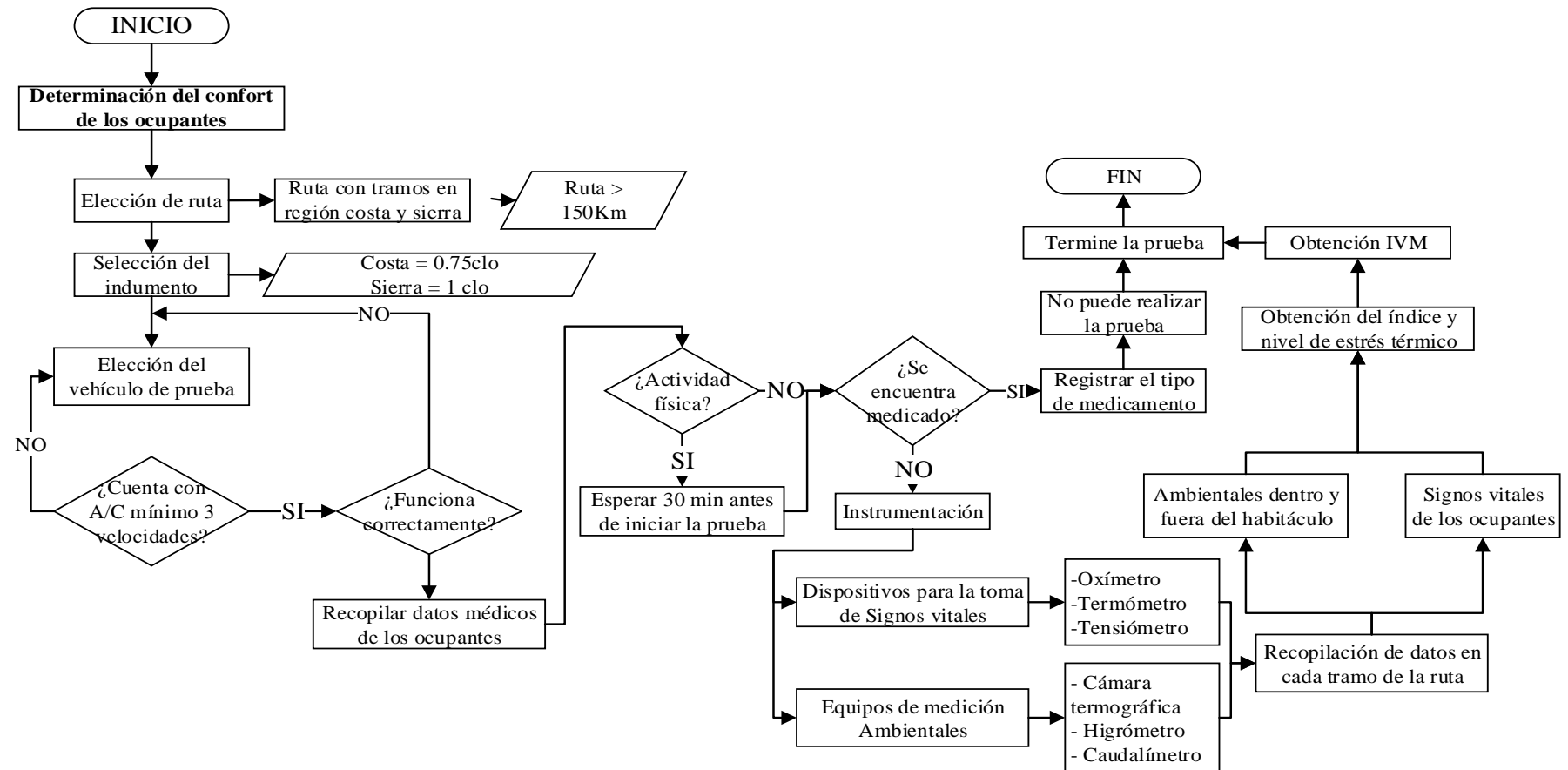


Figura 55. Flujoograma del protocolo de conducción prolongada

3.10. Obtención de valores termográficos.

Para la obtención de los valores termográficos, se realiza mediante la utilización de la cámara termográfica Fluke TiS60, la calibración de la relación de entorno se la realiza con respecto al tipo de medición, la cámara permite obtener puntos altos y bajos de temperatura, las imágenes manejan la extensión propia de la cámara de tipo .IS2, que pueden ser analizados en los programas Smartview y Fluke connect.



Figura 56. Visualización termográfica

3.10.1. Procesamiento de imágenes

Este programa permite visualizar las imágenes térmicas realizadas por la cámara, mediante su interface de uso termográfica, se puede realizar mediciones en puntos específicos de la imagen, permitiendo variar la emisividad, cambiar el color de la imagen, variar la temperatura del objeto, editar imágenes, entre otras opciones, y exportar las imágenes como archivos jpg, png, etc.

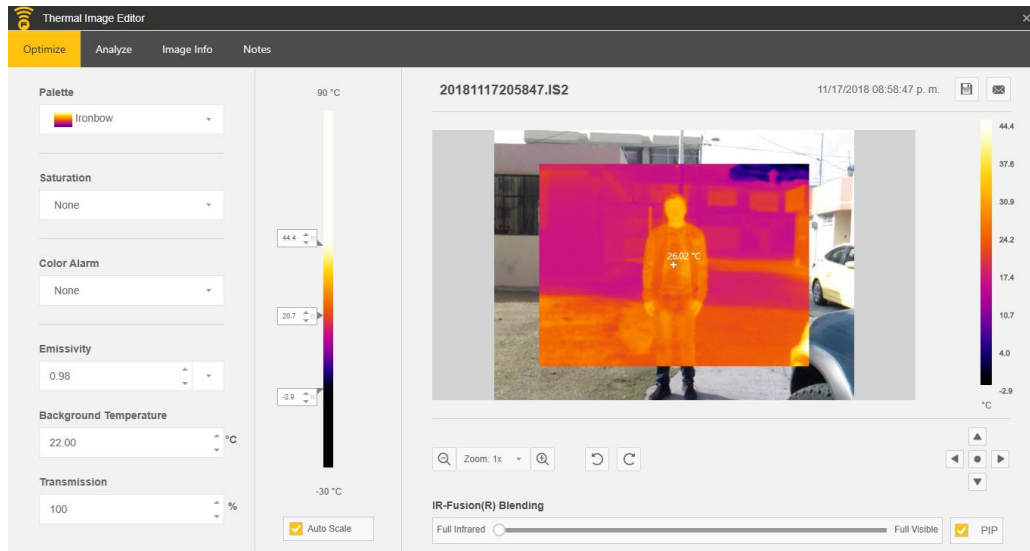


Figura 57. Software Fluke connect.

Los datos obtenidos en la prueba de conducción prolongada se manejan de acuerdo a los rangos de temperatura máxima, media, y mínima de cada ocupante, en el tramo de la Sierra al igual que la Costa, la selección del nivel del amplificador de A/C se considera de acuerdo a las condiciones ambientales y del individuo obteniendo diferentes valores de medición.

La temperatura ambiental durante la prueba sin el uso de A/C en el sector de la Costa registra las mediciones más altas, con respecto a la prueba realizada en el sector de la Sierra con el uso máximo del aire acondicionado que registra valores bajos. Se evidencia mediciones de temperatura corporal en el conductor de 44.13°C y 38.95 °C en el ocupante posterior izquierdo en el tramo de la Costa sin la utilización del sistema de control de temperatura.

Tabla 34
Temperatura en conducción prolongada

| Nivel del A/C | TEMPERATURA (°C) | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------------|--------|-------|-------|-------|--------------|--------|-------|-------|-------|--------------|--------|------|-------|---------|--------------|
| | Tramos | Máxima | | | | Media | | | | | | Mínima | | | | |
| | | Sierra | | Costa | | Sierra Costa | Sierra | | Costa | | Sierra Costa | Sierra | | Costa | | Sierra Costa |
| | | A/C | | A/C | | sin A/C | A/C | | A/C | | sin A/C | A/C | | A/C | | sin A/C |
| Condición de uso A/C | min | máx. | máx. | min | min | máx. | máx. | min | máx. | min | máx. | máx. | min | min | sin A/C | |
| Conductor | 36.43 | 35.68 | 40.97 | 43.20 | 47.00 | 34.46 | 29.01 | 38.19 | 41.12 | 44.13 | 22.17 | 20.49 | 30.9 | 38.03 | 41.58 | |
| ODD ^a | 36.20 | 34.05 | 40.34 | 43.17 | 46.19 | 33.86 | 27.31 | 36.50 | 40.96 | 41.66 | 21.46 | 17.03 | 29.3 | 35.03 | 37.68 | |
| OPD ^b | 34.14 | 32.90 | 37.19 | 40.58 | 42.44 | 30.31 | 26.37 | 35.11 | 38.14 | 39.65 | 17.63 | 18.71 | 27.3 | 34.39 | 36.84 | |
| OPI ^c | 34.50 | 33.50 | 40.12 | 42.20 | 42.71 | 33.32 | 27.05 | 35.78 | 40.10 | 38.95 | 18.90 | 13.54 | 29.1 | 33.98 | 31.31 | |

Nota: Para la obtención de valores de termográficos, se realiza varias mediciones en cada individuo.

3.11. Presión, velocidad y caudal de aire del sistema de A/C.

3.11.1. Equipo Airflow meter Fluke 922

Para la obtención de datos de presión, velocidad y volumen se utiliza el caudalímetro Airflow meter 922, el cual permite evaluar la cantidad de aire que ingresa al habitáculo y determinar el estado de los conductos de aire en el sistema de A/C. Para el manejo del equipo se debe seguir la guía de uso, manejando los parámetros de medición del mismo.



Figura 58. Componentes del caudalímetro Fluke 922.

- a) Presionar el botón de encendido (verde) durante 5 segundos.
- b) Verificar que las mangueras (negra y amarilla) no tengan fisuras o agujeros.
- c) Verificar el tubo de pitot se encuentre sin fisuras ni golpes.
- d) Interaccionar en el caudalímetro, mediante los botones de presión, velocidad y volumen.

3.11.2. Medición de la presión diferencial de aire.

Para obtener la medición de la presión diferencial de aire, se debe conectar la manguera de color amarilla en la INPUT (+) del equipo, y dejar desconectado el puerto REF (-) como se

muestra en la figura 59. Seleccione la tecla de presión y coloque la manguera de entrada amarilla en la trampilla de salida de aire, el caudalímetro obtiene valores de presión en la zona del ingreso de aire con respecto a la zona de referencia.



Figura 59. Conexión para la medición de presión de aire.

Para la obtención de datos se debe realizar las mediciones en las trampillas de salida de aire como se muestra en la figura 60.



Figura 60. Medición de presión de aire.

La presión obtenida en cada trampilla se refleja en la tabla 35, indica la variación del consumo de potencia del compresor eléctrico con respecto a los niveles del soplador, la medición de presión de aire varía en las trampillas laterales y centrales, obteniendo cambios en los valores de temperatura del aire que ingresa al interior del habitáculo. Se verifica que la presión es de 0 pascales en los dos primeros niveles del soplador, y un valor de 14 pascales en el nivel máximo.

Tabla 35
Presión de aire en el sistema de A/C

| Nivel del A/C/ Amplificador A/C | Presión (Pa) en Trampillas | | | | Nivel del soplador | Potencia de consumo (W) | Temp. (°C) |
|---------------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|----------------------------|---------------|
| | LD ^a | LI ^b | CD ^c | CI ^d | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 400 | 3.65 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 350 | 7.8 |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | 9 | 450 | 11.2 |
| 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | 13 | 550 | 13.3 |
| 5 | 3 | 3 | 5 | 5 | 18 | 650 | 14.7 |
| 6 | 7 | 5 | 9 | 7 | 24 | 950 | 15.5 |
| 7 | 8 | 12 | 13 | 14 | 31 | 1050 | 16.6 |

^aLD (Lateral derecha)

^bLI (Lateral izquierda)

^cCD (Central derecha)

^dCI (Central izquierda)

3.11.3. Medición de velocidad de aire.

Para obtener los valores de velocidad de aire, se debe utilizar las mangueras (negra y amarilla) y conectarlas a la señal de entrada (INPUT) y referencia (REF), el equipo trabaja en condiciones ambientales estándar con una temperatura de 21,1°C y una presión barométrica de 14,7 PSI.

Durante la utilización se debe encerrar el equipo antes de cada medición, se selecciona el modo de velocidad, y se procede a conectar las mangueras al tubo de Pitot con el caudalímetro como se muestra en la figura 61. El puerto de presión “Input (+)” se conecta a la manguera amarilla proveniente de la conexión de presión total del tubo de Pitot, el puerto de presión “Ref.

(-)” se conecta a la manguera negra proveniente de la conexión de presión estática del tubo de Pitot.



Figura 61. Conexión de mangueras para la medición de velocidad de aire.

Se debe conectar las mangueras (amarilla y negra) entre el equipo y el tubo de pitot, como se visualiza en la figura 62. Si se obtiene valores negativos se procede a revisar la conexión de las mangueras entre el tubo de pitot con el caudalímetro.



Figura 62. Conexión de las mangueras al tubo de pitot

Para la obtención de los datos de velocidad de aire se realiza a través de la selección de los niveles del soplador, y se inserta el tubo de pitot en las trampillas centrales y laterales como se muestra en la figura 63.



Figura 63. Medición de velocidad de aire.

Los datos obtenidos en las pruebas realizadas en las trampillas de aire se muestran en la tabla 36, se indica los niveles del soplador, las mediciones de velocidad en las trampillas laterales y centrales con un valor máximo de $5,206 \frac{m}{s}$ y $0.508 \frac{m}{s}$ como valor mínimo, se registra la variación en el consumo de potencia del compresor de A/C, y la temperatura del aire que ingresa al interior del habitáculo.

Tabla 36
Velocidad de aire en el sistema de A/C

| Nivel del A/C | | | | | Nivel del soplador | Potencia de consumo (W) | Temp. (°C) |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|-------------------------|------------|
| - Amplificador A/C | LD ^a | LI ^b | CD ^c | CI ^d | | | |
| 1 | 0.508 | 0.631 | 0.671 | 0.806 | 1 | 400 | 3.65 |
| 2 | 0.937 | 0.861 | 1.069 | 1.105 | 5 | 350 | 7.8 |
| 3 | 1.278 | 1.064 | 1.779 | 1.361 | 9 | 450 | 11.2 |
| 4 | 1.820 | 1.592 | 2.246 | 1.977 | 13 | 550 | 13.3 |
| 5 | 2.458 | 2.641 | 2.875 | 3.235 | 18 | 650 | 14.7 |
| 6 | 3.181 | 2.936 | 3.576 | 4.011 | 24 | 950 | 15.5 |
| 7 | 4.159 | 3.932 | 4.996 | 5.206 | 31 | 1050 | 16.6 |

^aLD (Lateral derecha)

^bLI (Lateral izquierda)

^cCI (Central izquierda)

^dCD (Central derecha)

3.11.4. Medición de flujo o caudal de aire.

Para realizar la medición de flujo de aire, se debe conectar las mangueras (amarilla y negra) entre el equipo y el tubo de pitot similar a la medición de velocidad de aire como se muestra en la figura 64, configure el equipo de acuerdo a la forma y el tamaño del conducto como se visualiza en la figura 65, y se selecciona la opción de volumen o caudal de aire.



Figura 64. Conexión del caudalímetro

En la figura 65, se observa el procedimiento para la selección del tipo de ducto de acuerdo a la forma y el tamaño. En la imagen (a) se debe escoger el tipo de ducto el cual puede ser un círculo o cuadrado, en la imagen (b) se selecciona el tipo de ducto, en este caso es de tipo rectangular, finalmente en la imagen (c) se debe ingresar el tamaño del ducto de acuerdo a las medidas en el eje horizontal y vertical, si se tratara de un círculo, se debe ingresar el diámetro.

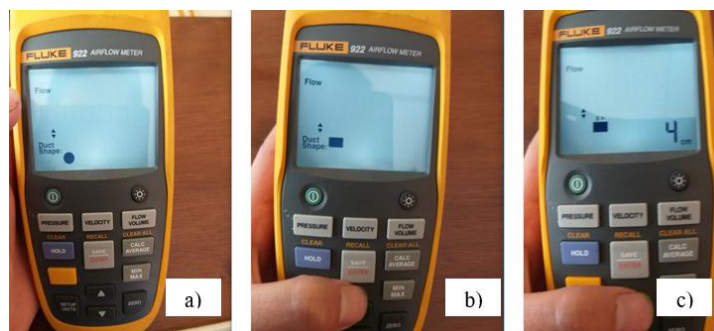


Figura 65. Selección del Tipo y tamaño del conducto.

Para la obtención de los datos de volumen de aire se realiza a través de la selección de los niveles del soplador, y se inserta el tubo de pitot en las trampillas centrales y laterales como se muestra en la figura 66.



Figura 66. Medición de volumen de aire.

Se observa en la tabla 37, las mediciones de flujo de aire realizadas en las trampillas centrales y laterales de acuerdo a los niveles del soplador, la potencia de consumo del compresor de A/C y la temperatura de ingreso de aire al interior del habitáculo, se obtiene la medición de $43 \frac{m^3}{h}$. con la selección máximo del amplificador de aire acondicionado y $0 \frac{m^3}{h}$. con el nivel mínimo del soplador.

Tabla 37
Caudal de aire en el sistema de A/C

| Nivel del A/C - Amplificador A/C | Caudal o flujo de aire ($\frac{m^3}{h}$) en | | | | Nivel del soplador | Potencia de consumo (W) | Temp. (°C) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|----------------------------|---------------|
| | Trampillas | | | | | | |
| | LD ^a | LI ^b | CI ^c | CD ^d | | | |
| 1 | 0 | 0 | 5 | 4 | 1 | 400 | 3,65 |
| 2 | 8 | 9 | 7 | 7 | 5 | 350 | 7,80 |
| 3 | 11 | 13 | 11 | 10 | 9 | 450 | 11,2 |
| 4 | 16 | 18 | 13 | 14 | 13 | 550 | 13,3 |
| 5 | 22 | 25 | 19 | 19 | 18 | 650 | 14,7 |
| 6 | 29 | 33 | 26 | 24 | 24 | 950 | 15,5 |
| 7 | 39 | 43 | 34 | 33 | 31 | 1050 | 16,6 |
| Dimensión trampilla | x (cm) | 5 | 5 | 10,5 | 10,5 | | |
| | y (cm) | 6 | 6 | 2,0 | 2,0 | | |

^aLD (Lateral derecha)

^bLI (Lateral izquierda)

^cCI (Central izquierda)

^dCD (Central derecha)

3.12. Comprobaciones de la gestión electrónica del sistema de A/C híbrido.

En el vehículo es importante conocer el funcionamiento del sistema de A/C para realizar un correspondiente diagnóstico, cuando se realice la inspección visual, electrónica y mecánica en el auto híbrido se debe conocer la operatividad de sensores y actuadores, con el uso del manual de taller se debe revisar los procesos de mantenimiento del sistema de A/C.

En la inspección visual se debe observar los elementos principales de funcionamiento visibles como el cableado de los sensores y actuadores, observar si existe grietas o fisuras en los elementos mecánicos como el condensador, compresor entre otros, al interior del habitáculo mire el amplificador de A/C, revise si el aire atraviesa a través de las trampillas laterales y centrales de manera uniforme cuando se seleccione el nivel máximo de frío o caliente.

Para realizar una inspección mecánica se debe realizar con equipos, materiales y herramientas adecuadas para el sistema de A/C, con la utilización de manómetros se debe

verificar la presión del sistema de aire acondicionado en las cañerías de alta y de baja para descartar posibles fisuras que provoquen fugas, mediante el uso del medidor de aire o caudalímetro compruebe la variación de la cantidad de aire que salen a través de las trampillas hacia el habitáculo para descartar daños en el soplador y servomotores, al momento de utilizar un termómetro digital infrarrojo se puede verificar el estado del calentador PTC y determinar la cantidad de temperatura que ingresa al habitáculo al momento de seleccionar el aire frío o caliente a través del amplificador, revise el accionamiento de las compuertas de los servomotores cuando no exista el cambio en los modos del climatizador.

Mediante el uso del scanner automotriz se puede realizar la inspección electrónica de los elementos que conforman el sistema de aire acondicionado del vehículo híbrido, donde se puede verificar los datos de funcionamiento de sensores y actuadores del módulo del sistema de aire acondicionado e híbrido y verificar la existencia de DTCs (Diagnostic Trouble Code), con un probador de pines y el uso de diagramas electrónicos proporcionados por el fabricante se debe comprobar la conexión del sistema de A/C y verificar si hay comunicación con sensores y actuadores, con un multímetro automotriz revise los fusibles y relés que correspondan al sistema de aire acondicionado y compruebe los valores obtenidos con el manual del fabricante.

Los vehículos híbridos actuales manejan sistemas modernos automatizados y más complejos de monitorear, se debe utilizar equipos sofisticados que permitan tener una mejor apreciación al momento de realizar la monitorización en tiempo real.

3.13. Protocolo de Pruebas para la gestión electrónica híbrido.

En los sistemas de aire acondicionado para vehículos híbridos con compresor de accionamiento eléctrico, se debe considerar la velocidad de rotación del motor eléctrico, y establecer la comunicación mediante la señal que exista en el circuito de salida, la modernización en la comunicación y funcionamiento del compresor eléctrico permite el ahorro de energía, y la durabilidad de la batería híbrida.

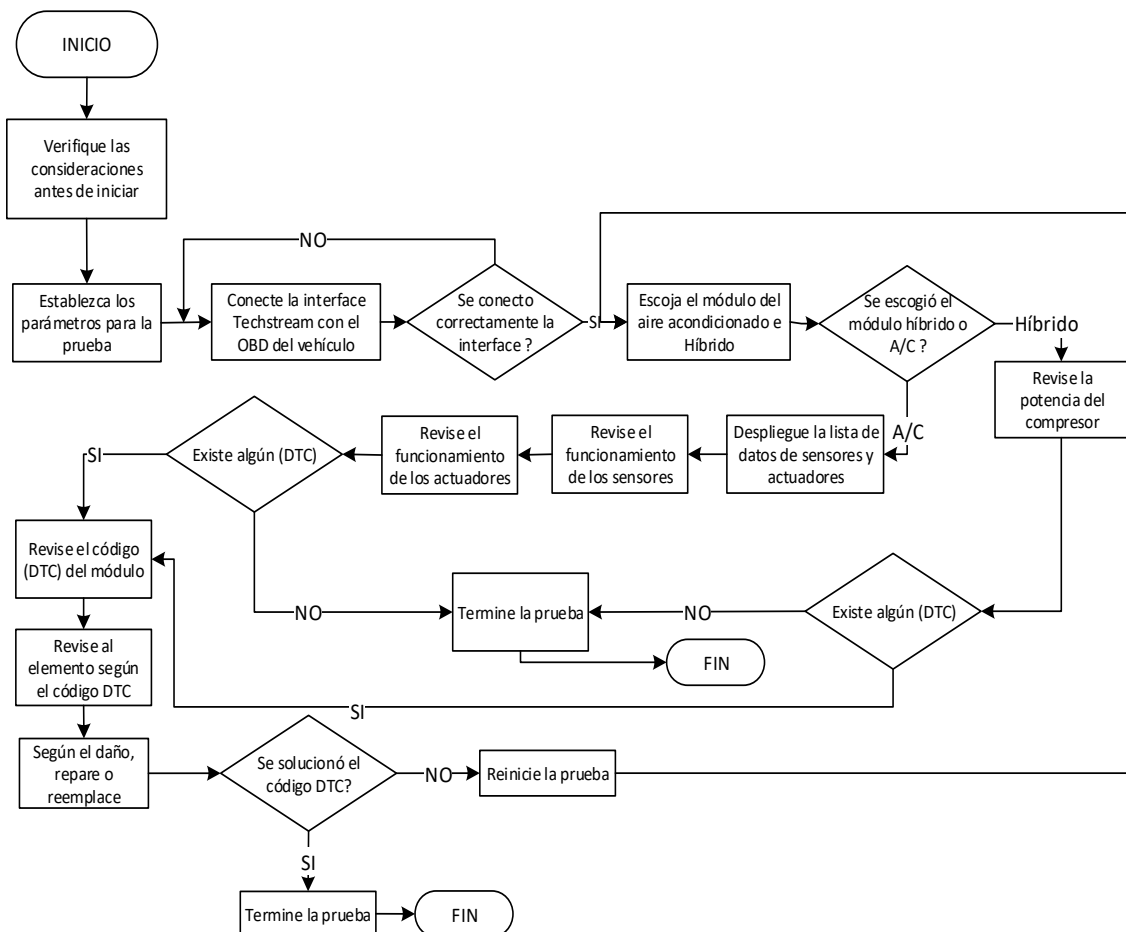


Figura 67. Protocolo de pruebas del sistema electrónico

El funcionamiento del sistema de A/C de un vehículo híbrido se realiza a través del compresor eléctrico que se encarga de comprimir el refrigerante del motor, la batería híbrida envía un voltaje de 206.1 V hacia el inversor que mediante un controlador convertidor cambia

la seña de DC-AC, mediante la modulación de anchos de pulso (PWM) y controla el funcionamiento del motor eléctrico suministrando la potencia necesaria para el funcionamiento del compresor.

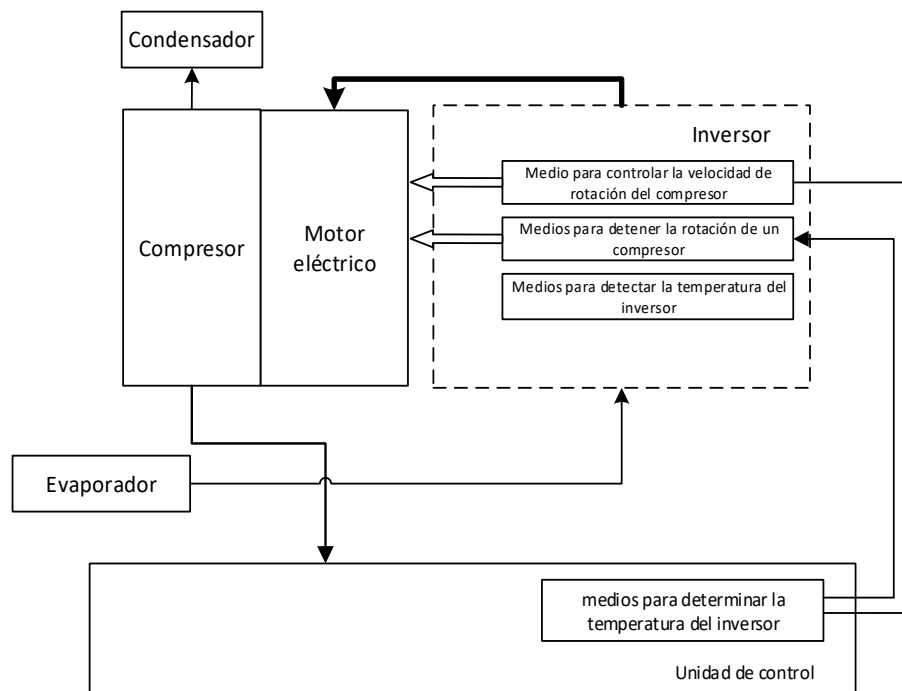


Figura 68. Ciclo de funcionamiento del compresor eléctrico.

Fuente:(Higashiyama, 2003).

El funcionamiento se realiza a través de la batería híbrida, que envía una señal de voltaje de 201.6 V, hacia el conversor de DC-AC, transformando en corriente alterna trifásica, a través del módulo inversor del sistema de A/C enciende al compresor eléctrico mediante la modulación de ancho de pulso.

El voltaje generado por la batería híbrida sale con 201.6 V, pasa a través del conversor de corriente directa bajando a 14 V, permitiendo recargar la batería de 12V, encargada de activar los accesorios de bajo voltaje del vehículo.

El módulo amplificador de A/C recibe señales de 3 sensores de temperatura y un sensor de luminosidad y envía señales a los actuadores de acuerdo a la variación en los niveles del soplador, la comunicación se realiza a través de la línea de comunicación can y recibe señales de la PCM y la ECM como se muestra en la figura 69.

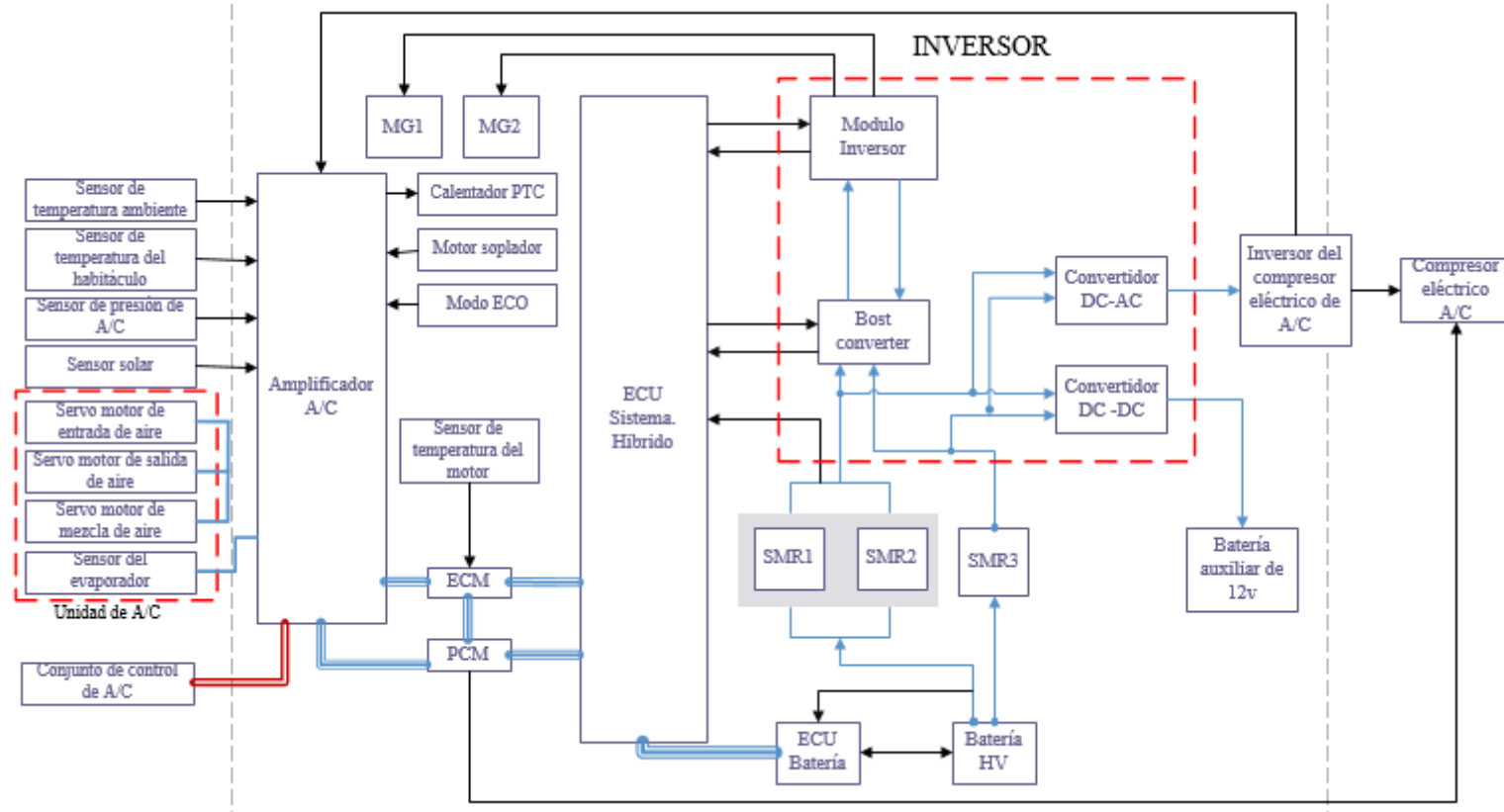


Figura 69. Diagrama de Funcionamiento A/C vehículo híbrido.

3.13.1. Interface Tech Stream

Mediante la utilización de una interface electrónica llamada Tech Stream de Toyota, se puede obtener valores de sensores y actuadores de los diferentes módulos que tenga el Toyota Prius de primera, segunda, tercera y cuarta generación, la principal función de la interface es monitorear en tiempo real el estado de los módulos del vehículo y diagnosticar los códigos de falla (DTCs).



Figura 70. Software Tech Stream

La tabla 38, presenta las características de funcionamiento y comunicación de la interface Techstream, como son los protocolos de comunicación, el driver o emulador J2534 que opera a través del MCI permitiendo la conectividad entre el vehículo con la interface.

Tabla 38
Especificaciones de la interface Techstream

| Ord. | Función | Configuración básica |
|------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Sistema operativo | Windows 10 |
| 2. | Pantalla | 16" |
| 3. | Software | Global Tech Stream |
| 4. | Chip. | SMD |
| 6. | Protocolo de comunicación | <ul style="list-style-type: none"> • Can BUS (ISO 15765 GMLAN, J1939 y ISO 14229) • J1850VPW • ISO 141/KWP200 |
| 7. | Interfaz | Alta velocidad, 12 Mbps USB 2.0 con controlador J2534 |
| 8. | Drivers | <ul style="list-style-type: none"> • J2534 • J2534 – 1 |
| 9. | Alimentación | USB |

- **Protocolo de comunicación**

La interface Techstream en su versión completa permite interactuar con diferentes marcas de vehículos mediante los protocolos de comunicación, en la tabla 39 se presenta las características principales de los protocolos ISO y SAE, la comunicación entre el Toyota Prius con la interface Techstream lo realiza a través del CAN Bus mediante el protocolo ISO 15765.

Tabla 39
Protocolo de comunicación

| Protocolo | | Modo | Marcas |
|-----------|--------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipo | Serie | | |
| SAE | J1850 VPW | Ancho de pulso variable | General motors |
| SAE | J1850 PWM | Modulación ancho de pulso | Ford/ Lincoln/ Mercury |
| ISO | 9141-2 | Comunicación serie | Chrysler / Jeep / Dodge/ Nissan /Volvo/ Mitsubishi y vehículos asiáticos y europeos |
| ISO | 14230-4 (KWP200) | | |
| ISO | 15765 -4 (CAN-BUS) | Red área controlador | BMW y vehículos americanos desde el 2008 |

Los protocolos de comunicación están establecidos según la normativa SAE e ISO, se manejan de acuerdo a la velocidad de comunicación mediante la distribución de pines del conector OBD II y de acuerdo la marca del vehículo, en la tabla 40 se especifica las

características principales de algunos protocolos de comunicación que maneja la interface Techstream.

Tabla 40
Protocolos de comunicación

| Características | SAE J1850 VPW | SAE J1850 PWM | ISO 14230-4 (KWP200) | ISO 15765 -4 (CAN- BUS) |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| velocidad de comunicación | 41.6 kbits/s a través de 2 cables | 10.4 kbits/s a través de 2 cables | 1.2 -10.4 kbits/s | CAN H (hasta 1 Mbit/s) - CAN L (hasta 125 kbits/s) |
| Pines de funcionamiento y conectividad | PIN 5 GND PIN 2 Transmisión de datos PIN 16 Batería | PIN 5- GND PIN 2 - 10 Transmisión de datos PIN 16 Batería | PIN 4-5 GND PIN 7-15 Transmisión de datos PIN 16 Batería | PIN 4-5 GND PIN 7-15 Transmisión de datos PIN 16 Batería |

- **Emulador MVCI – J2534**

La interface Techstream aparte de tener un protocolo de comunicación, debe tener un driver de conexión entre la interface y el vehículo, el driver J2534 es manejado por varios Scanner e interfaces automotrices con la finalidad de realizar programaciones, reprogramaciones, lectura de datos entre otras aplicaciones, la marca Toyota mediante el emulador MVCI y a través del driver J2534 le permite establecer la comunicación generando una interface de programación de aplicaciones.

3.13.2. Procedimiento del manejo de la interface Techstream.

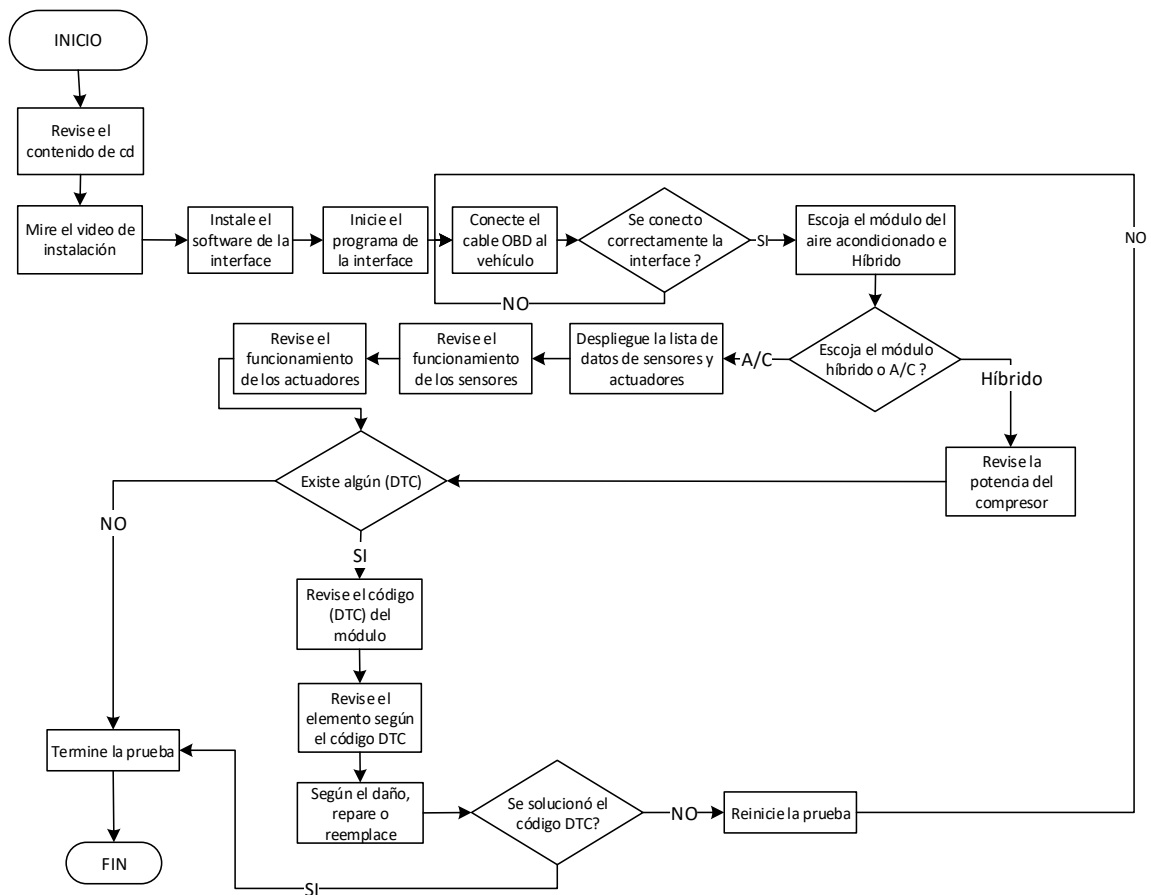


Figura 71. Flujograma manejo del Techstream.

Para la inicialización del Techstream es necesario instalar y abrir la interface de usuario del en la PC, conectar la interface al OBD del vehículo, encender el vehículo, y verificar la comunicación del vehículo con la interface.

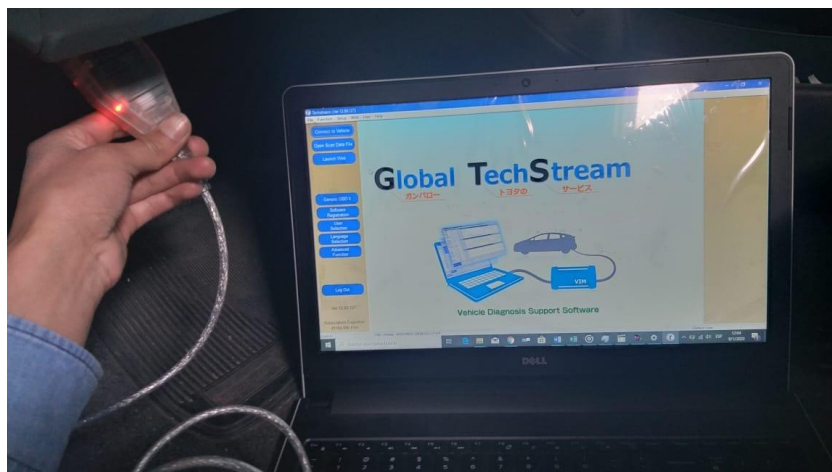


Figura 72. Conexión Tech Stream

En la figura 73 se indica el proceso de inicialización de esta interface al conectarse con el vehículo.



Figura 73. Inicialización conexión con el vehículo

Para entrar en el sistema del vehículo, se debe conocer los datos básicos como la marca, modelo, año y VIN del vehículo, al ingresar estos datos se puede ingresar al sistema y ver los módulos que tenga el vehículo.



Figura 74. Registro de datos

Al entrar en el software de la interface se puede visualizar todos los módulos del vehículo, en el caso del modelo Toyota Prius, se podrá ver 26 ECUs, para la presente investigación se procede a ingresar en el módulo del aire acondicionado y del sistema híbrido.

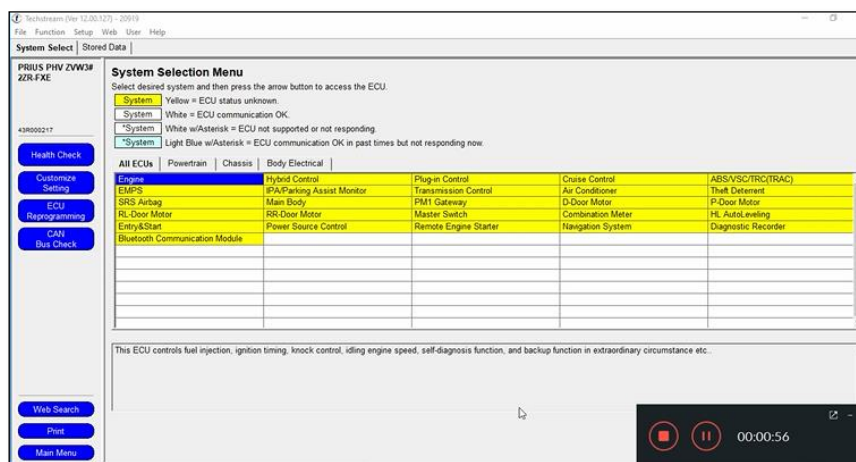


Figura 75. Lista de módulos del Toyota Prius

Al ingresar al módulo del aire acondicionado, se tendrá que seleccionar la lista de datos, para visualizar los elementos del sistema de aire acondicionado como los sensores y actuadores, entre otros. La monitorización se lleva en tiempo real.

| Parameter | Value | Unit | Parameter | Value | Unit |
|------------------------------------------|----------|------|-----------|-------|------|
| Room Temperature Sensor | 22.55 | C | | | |
| Ambient Temp Sensor | 22.55 | C | | | |
| Adjusted Ambient Temp | 15.60 | C | | | |
| Evaporator Fin Thermistor | 2.80 | C | | | |
| Evaporator Target Temp | 2.00 | C | | | |
| Solar Sensor (D Side) | 1 | C | | | |
| Engine Coolant Temp | 88.50 | C | | | |
| Set Temperature (D Side) | MAX COLD | | | | |
| Blower Motor Speed Level | 31 | | | | |
| Regulator Pressure Sensor | 0.9996 | MPaG | | | |
| Air Mix Servo Tang Pulse(D) | 6 | | | | |
| Air Mix Servo Actual Pulse(D) | 6 | | | | |
| Air Outlet Servo Pulse (D) | 47 | | | | |
| Air Outlet Servo Actu Pulse(D) | 47 | | | | |
| Air Inlet Damper Tang Pulse | 19 | | | | |
| Air Inlet Damper Actual Pulse | 19 | | | | |
| Compressor Speed | 3608 | rpm | | | |
| Compressor Target Speed | 3607 | rpm | | | |
| ECO Switch | OFF | | | | |
| Compressor Drive Check | OK | | | | |
| Blowout Target Temperature (Driver Side) | -358.40 | C | | | |
| Number of Trouble Codes | 0 | | | | |

Figura 76. PIDs obtenidos módulo de A/C.

3.14. Valores de los sensores del A/C

Para la obtención de valores en los sensores del sistema de aire acondicionado, se procede a realizar la monitorización con la interface Techstream, a su vez se puede usar el manual del fabricante para comparar los rangos de operación del sensor.

3.14.1. Temperatura interior (habitáculo).

Este sensor es el encargado de permitir el confort al interior del habitáculo, su función principal es detectar la temperatura de la cabina cuando se utilice el modo AUTO del aire acondicionado. El funcionamiento empieza cuando el amplificador de A/C envía un voltaje 5v al sensor de temperatura del habitáculo.

El rango de operación del sensor es de:

- Min: -6.5 °C (20.3 °F)
- Max 57.25 °C (135.05 °F)

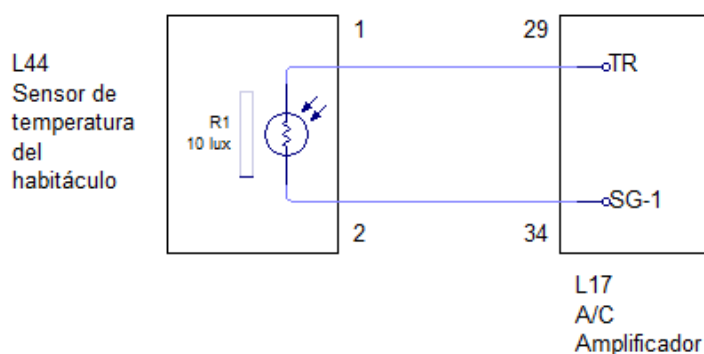


Figura 77. Estructura del sensor interior del habitáculo

Fuente: (TOYOTA, 2010).

La comprobación del sensor se realiza mediante la variación de su resistencia en función de la temperatura, se establecen varias muestras que permitan determinar la gráfica correspondiente del sensor. La prueba debe realizarse con el uso de un multímetro automotriz y se registran los valores en la tabla 41.

Tabla 41

Parámetros sensor de temperatura del habitáculo

| Conexión del probador | Condición | | Condición específica | KOhms |
|-----------------------|-----------|-----|----------------------|-------|
| | °C | °F | min | máx. |
| L44-1 / L44-2 | | | | |
| 1_2 | 10 | 50 | 3,00 | 3.73 |
| 1_2 | 15 | 59 | 2.45 | 2.88 |
| 1_2 | 20 | 68 | 1.95 | 2.30 |
| 1_2 | 25 | 77 | 1.60 | 1.80 |
| 1_2 | 30 | 86 | 1.28 | 1.47 |
| 1_2 | 35 | 95 | 1,00 | 1.22 |
| 1_2 | 40 | 104 | 0.80 | 1,00 |
| 1_2 | 45 | 113 | 0.65 | 0.85 |
| 1_2 | 50 | 112 | 0.50 | 0.70 |
| 1_2 | 55 | 131 | 0.44 | 0.60 |
| 1_2 | 60 | 140 | 0.36 | 0.50 |

Fuente: (TOYOTA, 2010)

- **Relación temperatura resistencia**

En la figura 78, se observa el comportamiento del sensor, cuando existe variación de temperatura el valor de resistencia cambia, se determina que es un sensor de tipo NTC, y la gráfica obtenida será de tipo logarítmica, se expresa el color azul como valor mínimo de trabajo, y la gráfica de color naranja indica el valor máximo de funcionamiento del sensor.

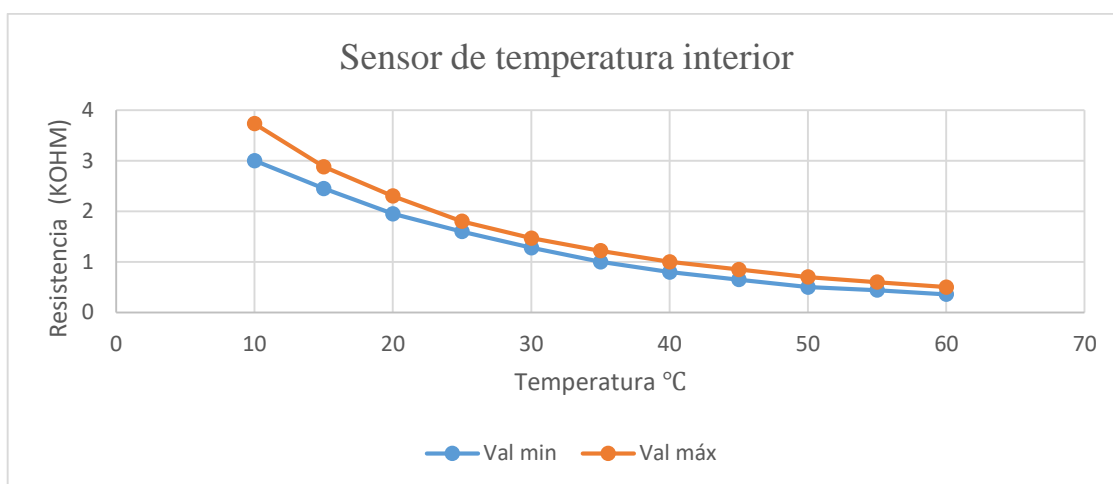


Figura 78. Relación de temperatura resistencia

3.14.2. Temperatura ambiente.

El sensor se encuentra conectado al amplificador de aire acondicionado, la su función principal es detectar la temperatura ambiental para controlar la temperatura al interior del habitáculo. Es un sensor con una estructura de coeficiente negativo y trabaja con 5V, enviando señales al amplificador de A/C de acuerdo a la variación de la resistencia en función de la temperatura ambiental.

Los rangos de trabajo de este sensor son:

- Min: -23.3 °C (-9.94°F)

- Max: 65.95 °C (150.71°F)

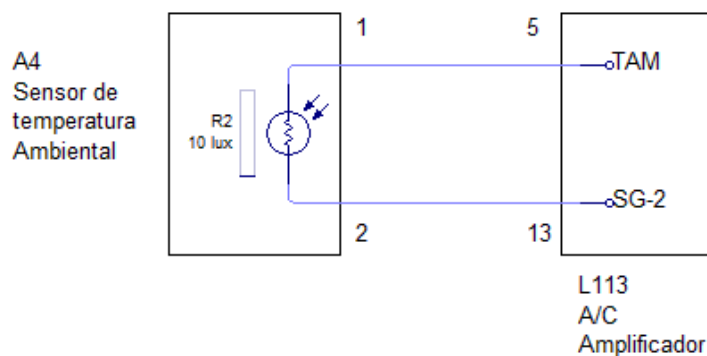


Figura 79. Estructura del sensor de temperatura ambiente.

Fuente: (TOYOTA, 2010).

Mediante la variación de la temperatura en función de la resistencia, se puede obtener datos que permiten evaluar al sensor, como se expone en la tabla 42, el funcionamiento lo realiza con un voltaje de 5V y se maneja de acuerdo a una resistencia que se encuentra en el rango de 0 a 4 KOhms, los datos obtenidos se deben verificar en el manual del fabricante, a través de una gráfica se verifica la funcionalidad del sensor.

Tabla 42

Parámetros sensor de temperatura ambiente

| Conexión del probador | Condición | | Condición específica KOhms | |
|-----------------------|-----------|-----|----------------------------|------|
| | °C | °F | min | máx. |
| 1_2 | 10 | 50 | 3 | 3.73 |
| 1_2 | 15 | 59 | 2.45 | 2.88 |
| 1_2 | 20 | 68 | 1.95 | 2.3 |
| 1_2 | 25 | 77 | 1.6 | 1.8 |
| 1_2 | 30 | 86 | 1.28 | 1.47 |
| 1_2 | 35 | 95 | 1 | 1.22 |
| 1_2 | 40 | 104 | 0.8 | 1 |
| 1_2 | 45 | 113 | 0.65 | 0.85 |
| 1_2 | 50 | 112 | 0.5 | 0.7 |
| 1_2 | 55 | 131 | 0.44 | 0.6 |
| 1_2 | 60 | 140 | 0.36 | 0.5 |

Fuente: (TOYOTA, 2010)

- **Relación temperatura resistencia.**

En la figura 80, se indica el comportamiento del sensor de manera gráfica visualizando una curva que varía de acuerdo a la temperatura ambiente, es un sensor con una estructura de tipo NTC, la curva de color azul indica el valor mínimo que toma el sensor, y la curva de color anaranjado indica el valor máximo de medición.

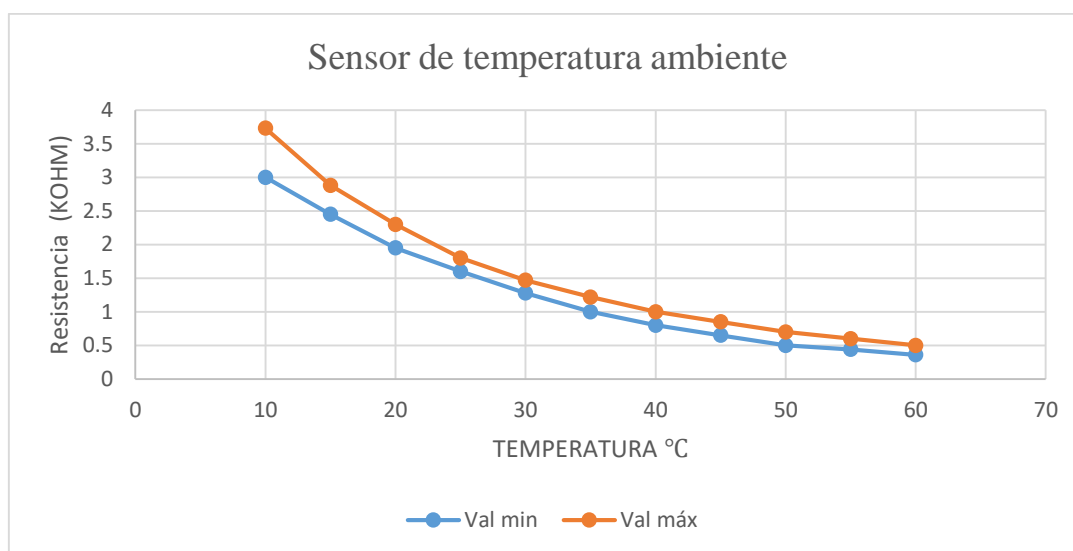


Figura 80. Relación temperatura resistencia

3.14.3. Temperatura del evaporador.

Es un sensor con estructura de coeficiente negativo con un voltaje de trabajo de 5V, el amplificador A/C recibe señales del sensor cuando existen cambios de voltaje, los valores de resistencia varían en función de la temperatura que exista en el evaporador y la función principal del sensor es evitar las heladas.

Los rangos de operación del sensor son:

- Min: -29.7 °C (-21.46 °F)

- Max: 59.55 °C (139.19 °F)

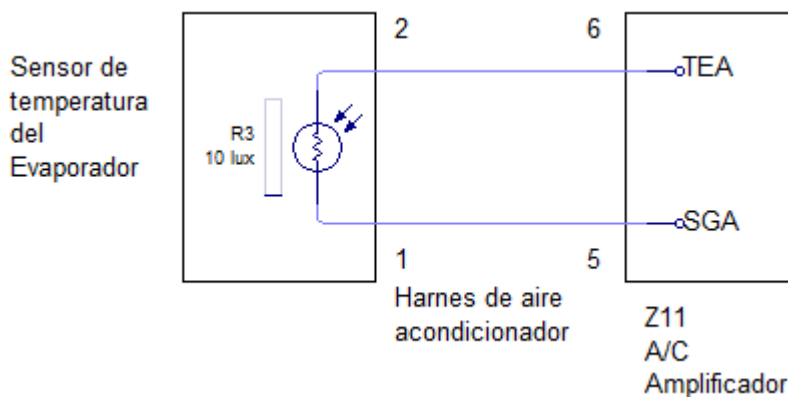


Figura 81. Estructura del sensor de temperatura del evaporador.
Fuente: (TOYOTA, 2010).

El sensor trabaja en un rango de operación de 0 a 10 KOhms mediante la variación de su temperatura en función de la resistencia como se observa en la tabla 43, la característica principal del sensor es manejar temperaturas bajo los 0°C de acuerdo a las condiciones a las que está sometido el evaporador.

Tabla 43

Parámetros sensor del evaporador.

| Conexión del probador | Condición | | Condición específica (kOhms) | |
|-----------------------|-----------|----|------------------------------|------|
| | °C | °F | min | máx. |
| 1_2 | -10 | 14 | 7.4 | 9.2 |
| 1_2 | -5 | 23 | 5.65 | 7 |
| 1_2 | 0 | 32 | 4.35 | 5.4 |
| 1_2 | 5 | 41 | 3.4 | 4.2 |
| 1_2 | 10 | 50 | 2.68 | 3.3 |
| 1_2 | 15 | 59 | 2.1 | 2.6 |
| 1_2 | 20 | 68 | 1.66 | 2.1 |
| 1_2 | 25 | 77 | 1.32 | 1.66 |
| 1_2 | 30 | 86 | 1.05 | 1.32 |

Fuente: (TOYOTA, 2010)

- **Relación temperatura resistencia**

En la figura 82 se señala el comportamiento del sensor del evaporador con estructura tipo NTC, y las condiciones en las cuales se encuentra operando, se visualiza que existe una

constante medición bajo los 0°C, la cual se debe al proceso de trabajo del refrigerante en el sistema de climatización, tenemos la gráfica de color azul que indican el valor mínimo y la de color anaranjado que indica el valor máximo de medición.

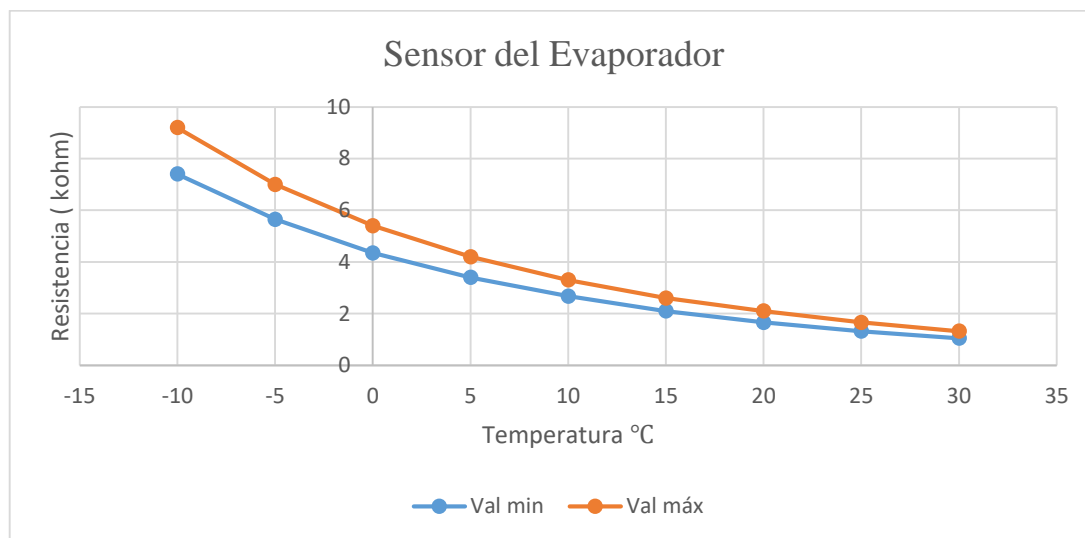


Figura 82. Relación temperatura resistencia

3.14.4. Presión del aire acondicionado.

El sensor detecta la presión del refrigerante que pasa por el sistema de climatización, mediante la presión a la que se encuentre el refrigerante emite una señal hacia al amplificador de A/C, y se encarga de convertir la señal en un valor de presión para controlar el compresor, el sensor se encuentra instalado en el conducto de alta presión y los rangos de operación del sensor son los siguientes.

Los rangos de operación del sensor son los siguientes

- Min: -66.22 lb/pulg²
- Max: 477.68 lb/pulg².

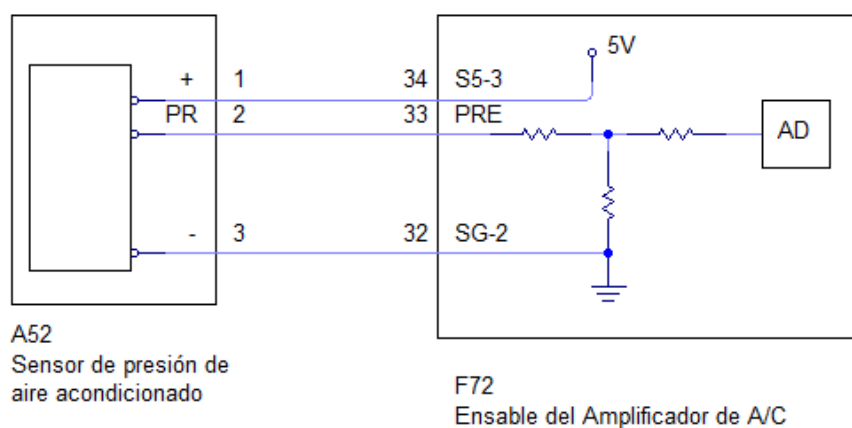


Figura 83. Estructura del sensor de presión de refrigerante.
Fuente: (TOYOTA, 2010).

Los datos del sensor de tipo piezoeléctrico se registran en la tabla 44 y trabaja de acuerdo a las fluctuaciones de presión que existen al momento de empezar el ciclo de climatización y se encuentra instalado en la cañería de alta presión.

Tabla 44

Parámetros sensor de presión del refrigerante.

| Presión (MPa) | Voltaje | Conexión del probador |
|---------------|---------|-----------------------|
| 0 | 0.5 | 1_2 |
| 0.39 | 1 | 1_2 |
| 0.78 | 1.54 | 1_2 |
| 1.17 | 2.08 | 1_2 |
| 1.56 | 2.62 | 1_2 |
| 1.95 | 3.16 | 1_2 |
| 2.34 | 3.7 | 1_2 |
| 2.73 | 4.24 | 1_2 |
| 3.12 | 4.78 | 1_2 |

Fuente: (TOYOTA, 2010)

- **Relación presión voltaje.**

Al momento de analizar de funcionamiento del sensor, se puede ver en la figura 84 una línea, debido al funcionamiento del sensor de tipo piezoeléctrico, y trabaja en función del voltaje, a

menor voltaje menor será la presión en el sistema, y a mayor voltaje mayor es la presión, el voltaje es controlado por el amplificador de A/C.

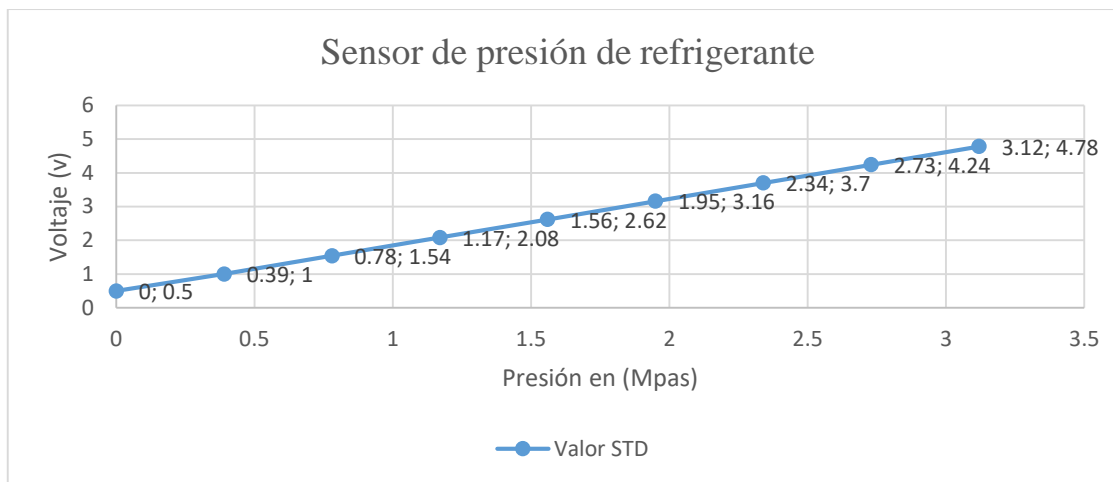


Figura 84. Relación temperatura presión.

3.14.5. Solar

El sensor trabaja de acuerdo a la variación de la cantidad de voltaje, en función de la cantidad de luz solar, es decir, a medida que aumenta la luz solar aumenta el voltaje de salida, y a medida que disminuye la luz solar el voltaje se reduce. Este sensor utiliza un elemento electrónico llamado fotodiodo, y su función principal es detectar la cantidad de luz solar en función de la intensidad de corriente de salida, para controlar la cantidad de temperatura al interior del habitáculo.

El rango de operación del sensor es:

- Min: 0
- Máx.: 255

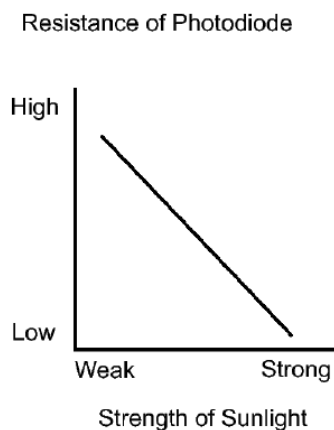


Figura 85. Operación del sensor solar.

Fuente: (TOYOTA, 2010).

El sensor solar se encarga de medir la cantidad de luminosidad, al no tener unidades se le interpreta como niveles. Existe una variedad de fotodiodos en el mercado, por lo general en los vehículos es utilizado el fotodiodo de configuración lineal, el cual funcionamiento es similar a una fotocelda.

De acuerdo al Datasheet de vishay se determina al sensor como un fotodiodo de silicón modelo BPW21R, maneja parámetros de temperaturas ambientales promedio de 50°C, la operatividad del sensor lo realiza con voltaje de 5V, con rangos de operación de luminosidad e intensidad de corriente de salida reflejados en la tabla 45.

Tabla 45

Parámetros del Sensor solar

| Luminosidad | Intensidad de corriente de salida |
|-------------|-----------------------------------|
| 200 | 0.161 |
| 300 | 0.242 |
| 400 | 0.332 |
| 500 | 0.403 |
| 600 | 0.484 |
| 700 | 0.565 |
| 800 | 0.645 |
| 900 | 0.726 |
| 1000 | 0.806 |
| 1100 | 0.887 |

- **Relación luminosidad e intensidad de corriente de salida.**

En la figura 86 se observa el comportamiento y la linealidad del sensor, En relación a la capacidad de luminosidad en función de la cantidad de corriente de salida se obtiene el funcionamiento uniforme y lineal.

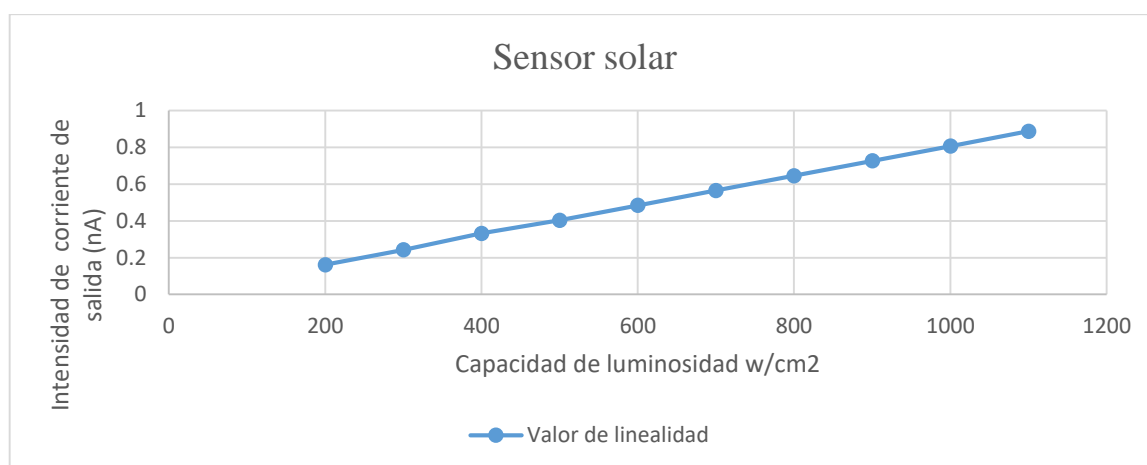


Figura 86. Relación luminosidad e intensidad de corriente

3.14.6. Temperatura del refrigerante del motor

El sensor en el vehículo cumple funciones importantes, específicamente en el motor para controlar que no exceda la temperatura de operación, y en el sistema de climatización del vehículo para controlar que el flujo del aire no sea demasiado caliente. Este sensor junto con el calentador PTC es el encargado de manejar la temperatura al interior del habitáculo, es decir que la cantidad de calor que requiera el ocupante será regulada por este sensor.

Los rangos de operación de este sensor son:

- Min: 0 °C
- Max: 90.55 °C



Figura 87. Sensor de temperatura del refrigerante del motor.

Es un sensor de tipo NTC, y trabaja en el sistema de aire acondicionado como un sensor de advertencia, mediante la temperatura del refrigerante del motor, envía una señal al amplificador de A/C para que active el calentador PTC, el cual se encarga de enviar el aire caliente al interior del habitáculo, los datos del sensor se muestran en la tabla 46.

Tabla 46

Parámetros de Temperatura del refrigerante.

| Sensor de temperatura del motor | |
|---------------------------------|---------|
| Temperatura °C | Voltaje |
| 90 | 0.6 |
| 80 | 0.78 |
| 70 | 1.02 |
| 60 | 1.33 |
| 50 | 1.7 |
| 40 | 2.13 |
| 30 | 2.6 |
| 20 | 3.07 |
| 10 | 3.51 |

- **Relación voltaje temperatura**

En la figura 88 se observa el comportamiento del sensor de acuerdo a los cambios de temperatura en función del voltaje, el sensor de temperatura de refrigerante del motor tiene la estructura de coeficiente negativo y el resultado es una función logarítmica.

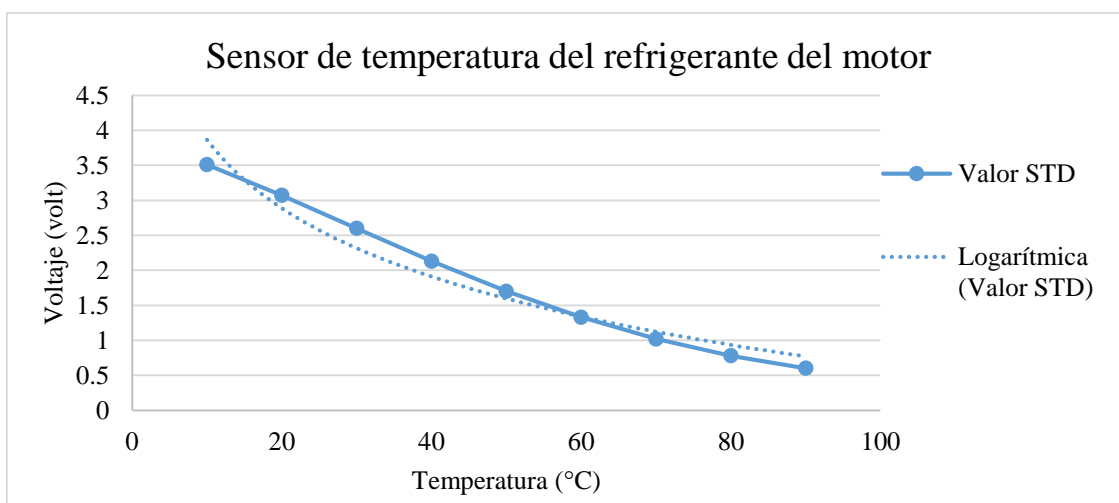


Figura 88. Relación voltaje resistencia

3.15. Actuadores del sistema de A/C.

3.15.1. Servomotor de compuerta de mezcla de aire.

El servomotor de mezcla de aire actúa de acuerdo al cambio de temperatura de frío a caliente que se requiera en el habitáculo, la función principal es regular la cantidad de aire que pasa por el calentador PTC para enviarla hacia el evaporador, y posteriormente que salga a través de las trampillas al interior del habitáculo.

Controla la mezcla de aire a través de señales de pulso enviadas por el servo motor hacia el amplificador de A/C, en función de estas señales el amplificador activa el motor para mover el regulador de mezcla de aire en varias posiciones, la comunicación entre el servo motor y el amplificador de A/C se realiza a través de un circuito IC y el conjunto de cableado denominado arnés de aire acondicionado.



Figura 89. Servomotor.

Los actuadores manejan parámetros o rangos de operación que permiten evaluar su funcionamiento, de tal forma que se pueda verificar si se encuentra trabajando de manera correcta, en la tabla 47 se puede observar los parámetros de funcionamiento del servomotor de mezcla de aire.

Tabla 47

Parámetros del servomotor de mezcla de aire.

| Pantalla de medición | Rango de medición | Condición normal |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Mezcla de aire adecuada del servo | Medida de la mezcla de aire adecuada del servo motor Pulso/ min Min: 0 Max: 255 | Máximo frío: 6 Máximo en caliente: 93 |
| Mezcla de aire actual del servo | Medida de la mezcla de aire actual del servo motor Min: 0 Max 255 | Máximo frío: 6 Máximo en caliente: 93 |

3.15.2. Servomotor de compuerta de entrada de aire.

El servo motor de control de entrada de aire funciona mediante señales que son enviadas al amplificador de A/C para indicar la posición de la compuerta de aire, cuando existe la selección del modo de entrada de aire en las diferentes posiciones (Fresco, Fresco/ Recirculación y Recirculación), se activa el motor de forma normal o inversa.

La comunicación entre el servo motor de entrada de aire y el amplificador de A/C, se realiza mediante un circuito de comunicación denominado IC a través del arnés del aire acondicionado, los parámetros de funcionamiento se especifican en la tabla 48.

Tabla 48*Parámetros del servomotor de entrada de aire.*

| Pantalla de medición | Rango de medición | Condición normal |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Entrada de aire adecuada del servo | Medida de la entrada de aire adecuada del servo motor Pulso/ min Min: 0 Max: 255 | Recirculación: 19 Fresco: 7 |
| Entrada de aire actual del servo | Medida de la entrada de aire actual del servo motor Min: 0 Max 255 | Recirculación: 19 Fresco: 7 |

3.15.3. Servomotor de compuerta de salida de aire.

El servo motor de control de salida de aire funciona mediante señales de pulso que se envían al amplificador de A/C, para indicar la posición de la compuerta de aire como se indica en la tabla 49, se activa el motor en forma normal o inversa, de acuerdo a las señales que son enviadas a través del amplificador de A/C, el motor se moverá en diferentes direcciones controlando la conmutación de salida de aire, la comunicación entre el servomotor de compuerta de salida de aire y el amplificador de A/C se realiza a través de un circuito de comunicación denominado IC.

Tabla 49*Parámetros del servomotor de salida de aire.*

| Pantalla de medición | Rango de medición | Condición normal |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Salida de aire adecuada del servo | Medida de la salida de aire adecuada del servo motor Pulso/ min Min: 0 Max: 255 | Cara: 47 Pies: 17 B/L: 37 Pies/Desempañador: 9 Desempañador:5 |

CONTINÚA →

| | | |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Salida de aire actual del servo | Medida de la salida de aire actual del servo motor Mín: 0 Max 255 | Cara: 47 Pies: 17 B/L: 37 Pies/Desempañador: 9 Desempañador:5 |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|

3.15.4. Motor del ventilador (Blower)

El motor ventilador se puede identificar cuando encendemos el sistema de aire acondicionado, su función principal es variar la cantidad de aire que sale hacia el interior del habitáculo de acuerdo a los niveles máximos y mínimos que se requiera, al igual que el servo motor, para poder verificar su funcionamiento se debe usar un equipo que permita revisar la variación del nivel.

El rango de funcionamiento del motor ventilador está en el intervalo de 0 a 31, es decir que al estar apagado el nivel será 0, a medida que vaya aumentando los niveles en el amplificador de A/C, puede llegar al nivel máximo que es 31, como se observa en la figura 90.

| Parameter | Value | Unit |
|--------------------------------|-------|------|
| Room Temperature Sensor | 17.00 | C |
| Ambient Temp Sensor | 16.60 | C |
| Adjusted Ambient Temp | 15.60 | C |
| Evaporator Fin Thermistor | 5.30 | C |
| Evaporator Target Temp | 2.60 | C |
| Solar Sensor (D Side) | 1 | |
| Engine Coolant Temp | 61.50 | C |
| Blower Motor Speed Level | 0 | |
| Air Mix Servo Targ Pulse(D) | 6 | |
| Air Mix Servo Actual Pulse(D) | 6 | |
| Air Outlet Servo Pulse (D) | 47 | |
| Air Outlet Servo Actu Pulse(D) | 47 | |
| Air Inlet Damper Targ Pulse | 19 | |
| Air Inlet Damper Actual Pulse | 19 | |
| Compressor Speed | 0 | rpm |

| Parameter | Value | Unit |
|--------------------------------|-------|------|
| Room Temperature Sensor | 18.75 | C |
| Ambient Temp Sensor | 18.35 | C |
| Adjusted Ambient Temp | 15.60 | C |
| Evaporator Fin Thermistor | 3.90 | C |
| Evaporator Target Temp | 2.00 | C |
| Solar Sensor (D Side) | 1 | |
| Engine Coolant Temp | 85.30 | C |
| Blower Motor Speed Level | 31 | |
| Air Mix Servo Targ Pulse(D) | 6 | |
| Air Mix Servo Actual Pulse(D) | 6 | |
| Air Outlet Servo Pulse (D) | 47 | |
| Air Outlet Servo Actu Pulse(D) | 47 | |
| Air Inlet Damper Targ Pulse | 19 | |
| Air Inlet Damper Actual Pulse | 19 | |

Figura 90. Nivel máximo y mínimo de funcionamiento del (Blower).

3.15.5. Conjunto calentador PTC.

El calentador es un conjunto que consta de un elemento tipo PTC, fabricado de aluminio y placa de latón en la mayoría de calentadores, se encuentra instalado en la unidad de aire

acondicionado. Su funcionamiento empieza cuando se le aplica corriente al calentador PTC y se genere calor para calentar el aire que ingrese al habitáculo.

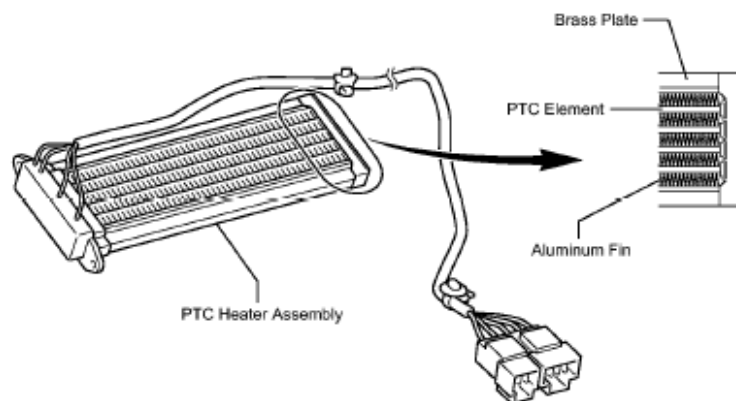


Figura 91. Estructura del calentador PTC.

Fuente: (TOYOTA, 2010).

El calentador PTC se enciende o se apaga de acuerdo al manejo del amplificador de A/C, mediante señales recibidas por el sensor de temperatura del refrigerante del motor, sensor de temperatura ambiente, la velocidad del motor, y la carga eléctrica, las condiciones de funcionamiento se señalan en la tabla 50.

Tabla 50

Condiciones de funcionamiento calentador PTC

| Descripción del terminal | Condición | Condición específica |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Señal de operación del calentador | Motor en marcha a 1250 rpm o más. | 11 a 14 Volt |
| PTC | Ajuste de Temperatura: Máxima caliente | |
| | Temperatura ambiente: 10 °C (50 °F) o inferior Temperatura del refrigerante del motor: 65 °C (149 °F) a 70 °C (158 °F). | |
| | Interruptor de control de luz apagado. | |
| | Interruptor de ventilador encendido. | |

Fuente: (TOYOTA, 2010)

3.15.6. Compresor.

Todo compresor eléctrico tiene una placa inversor conversor que se encarga de transformar el voltaje de entrada de la batería híbrida de (DC a AC), existe una etapa de elevación de voltaje que el compresor no necesita, a diferencia de los motores generadores que necesitan incrementar su voltaje.

Cuando existan dos cables de alta tensión o de color anaranjado en el socket de la entrada del compresor, sabremos que la placa inversora del sistema de A/C está alojado en el compresor eléctrico, y al tener tres cables de alta tensión o anaranjados en la entrada del compresor, la placa inversora estará alojada en el inversor.



Figura 92. Compresor eléctrico Toyota Prius

El compresor en un vehículo híbrido se denomina también compresor de alto voltaje, debido a que su funcionamiento depende de la batería híbrida y el modulo conversor inversor, al ser un compresor eléctrico, su accionamiento no depende del motor de combustión interna, el compresor es controlado con la menor cantidad de potencia posible, dependiendo de los niveles de aire que se requieran en el habitáculo, en función del número de rpm.

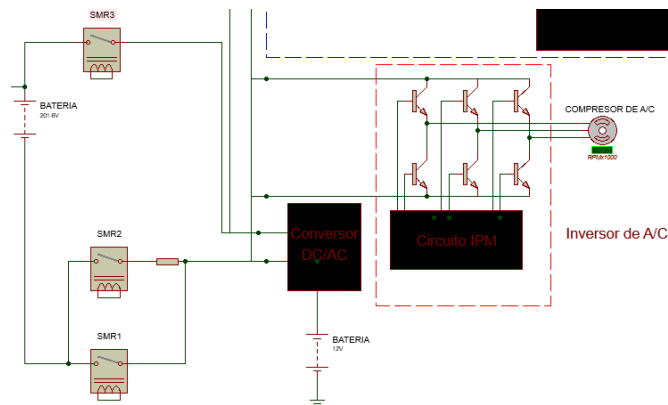


Figura 93. Funcionamiento del compresor eléctrico.

Para el funcionamiento del compresor eléctrico existe el módulo conversor inversor encargado de transformar el voltaje de la batería híbrida de 201.6 V de CD a 201.6V en AC, convirtiéndose en una corriente trifásica que controla mediante PWM (anchos de pulso) al compresor de aire acondicionado.

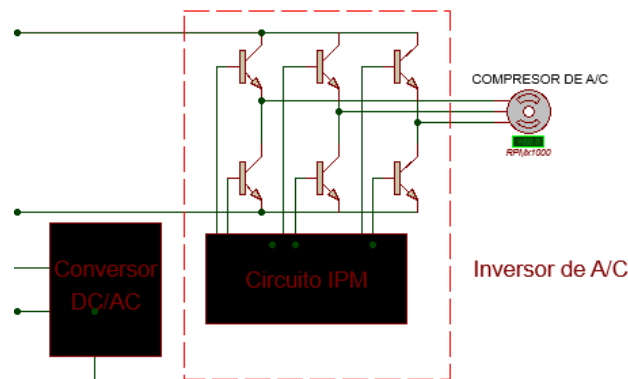


Figura 94. Módulo inversor de A/C

El compresor eléctrico en un vehículo híbrido consume una mayor cantidad de energía, resumida como potencia de consumo, la misma que es evaluada a regímenes altos y bajos de operación, para mantener el nivel adecuado de consumo es necesario la recarga en la batería híbrida, los parámetros del compresor en el Toyota Prius se reflejan en la tabla 51.

Tabla 51*Parámetros de funcionamiento del compresor.*

| Pantalla del probador | Rango de medición | Condición normal |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Velocidad del compresor | Velocidad del compresor Min: 0 rpm Max: 65535 rpm | Muestra real de la velocidad de rotación en el rango de 0 rpm y 10000 rpm |
| Velocidad adecuada del compresor | Velocidad adecuada del compresor. Min: 0 rpm. Max: 65535 rpm | Muestra real de la velocidad de rotación en el rango de 0 rpm y 10000 rpm |

Fuente: (TOYOTA, 2010)

En la figura 95 se observa la velocidad del compresor a niveles mínimos y máximos de operación, donde las revoluciones se manejan en el rango establecido por el manual del fabricante.

| Parameter | Value | Unit | Parameter | Value | Unit |
|------------------------------------------|----------|------|------------------------------------------|----------|------|
| Room Temperature Sensor | 18.75 | C | Room Temperature Sensor | 22.25 | C |
| Ambient Temp Sensor | 18.35 | C | Ambient Temp Sensor | 22.55 | C |
| Adjusted Ambient Temp | 15.60 | C | Adjusted Ambient Temp | 15.60 | C |
| Evaporator Fin Thermistor | 1.10 | C | Evaporator Fin Thermistor | 2.50 | C |
| Evaporator Target Temp | 2.00 | C | Evaporator Target Temp | 2.00 | C |
| Solar Sensor (D Side) | 1 | | Solar Sensor (D Side) | 1 | |
| Engine Coolant Temp | 86.35 | C | Engine Coolant Temp | 89.50 | C |
| Set Temperature (D Side) | MAX COLD | | Set Temperature (D Side) | MAX COLD | |
| Blower Motor Speed Level | 1 | | Blower Motor Speed Level | 31 | |
| Regulator Pressure Sensor | 0.8172 | MPaG | Regulator Pressure Sensor | 0.9556 | MPaG |
| Air Mix Servo Targ Pulse(D) | 6 | | Air Mix Servo Targ Pulse(D) | 6 | |
| Air Mix Servo Actual Pulse(D) | 6 | | Air Mix Servo Actual Pulse(D) | 6 | |
| Air Outlet Servo Pulse (D) | 47 | | Air Outlet Servo Pulse (D) | 47 | |
| Air Outlet Servo Actu Pulse(D) | 47 | | Air Outlet Servo Actu Pulse(D) | 47 | |
| Air Inlet Damper Targ Pulse | 19 | | Air Inlet Damper Targ Pulse | 19 | |
| Air Inlet Damper Actual Pulse | 19 | | Air Inlet Damper Actual Pulse | 19 | |
| Compressor Speed | 0 | rpm | Compressor Speed | 3612 | rpm |
| Compressor Target Speed | 0 | rpm | Compressor Target Speed | 3607 | rpm |
| ECM Switch | OFF | | ECM Switch | OFF | |
| Compressor Drive Check | OK | | Compressor Drive Check | OK | |
| Blowout Target Temperature (Driver Side) | -358.40 | C | Blowout Target Temperature (Driver Side) | -358.40 | C |
| Number of Trouble Codes | 0 | | Number of Trouble Codes | 0 | |

**Condiciones de operación (nivel 1)
del soplador**

**Condiciones de operación (nivel 7 / máximo)
del soplador**

Figura 95. Nivel mínimo y máximo del compresor.

3.16. Códigos DTC del módulo del aire acondicionado.

3.16.1. Incidencia de los DTC de sensores de temperatura de A/C.

- **DTC B1411 Fallo en el sensor de temperatura interior.** - Circuito abierto o en corto del sensor de temperatura interior, no existe control de temperatura por lo cual no sale aire frío, ni aire caliente. El aire de salida es más cálido o más frío que la temperatura establecida o

la respuesta es lenta, no existe control de temperatura lo cual solo se obtiene la temperatura máxima fría o la temperatura máxima caliente.

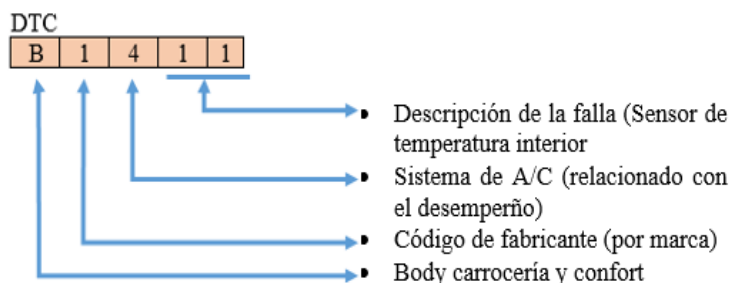


Figura 96. DTC B1411

- **DTC B1412 Fallo en el sensor de temperatura ambiente.** - Circuito abierto o en corto del sensor de temperatura ambiente, no existe control de temperatura lo cual produce que no salga aire caliente ni aire frío, el aire de salida es más cálido o más frío que la temperatura establecida o la respuesta es lenta, solo se obtiene la temperatura máxima fría o la temperatura máxima caliente.

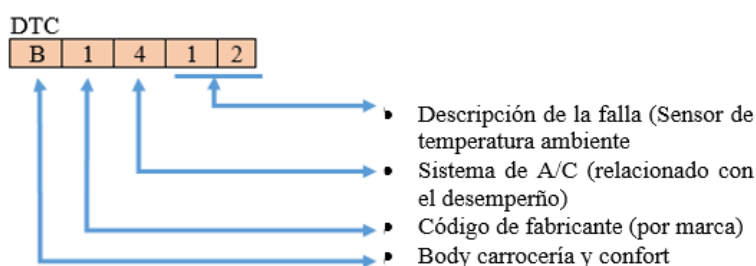


Figura 97. DTC B1412

- **DTC B1413 Fallo en el sensor de temperatura del evaporador.** - Circuito abierto o en corto del sensor de temperatura del evaporador, existe el fallo en el control de temperatura por tanto no sale aire frío y el aire de salida es más cálido o más frío que la temperatura establecida o la respuesta es lenta, sin la existencia del control de temperatura solo se obtiene la temperatura máxima fría.

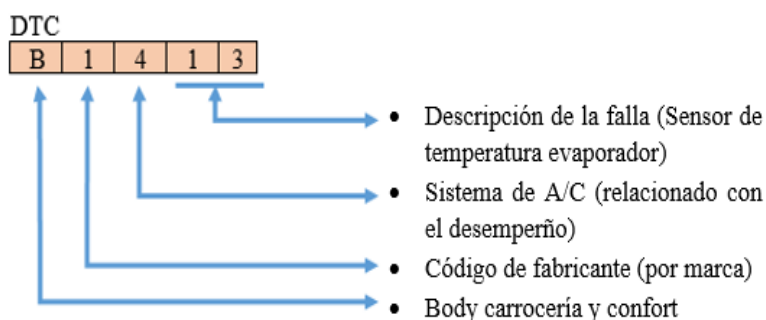


Figura 98. DTC B1413

3.16.2. Incidencia del DTC del sensor de presión de A/C.

- **DTC B1423 Fallo en el sensor de temperatura de presión.** - Este DTC ocurre cuando la presión del refrigerante en el lado de alta presión es extremadamente baja y los valores están alrededor de 0.19 MPa / 28 psi; o cuando se tiene una presión extremadamente alta 3.14 MPa/ 455psi, el circuito del sensor se encuentra abierto o en corto.

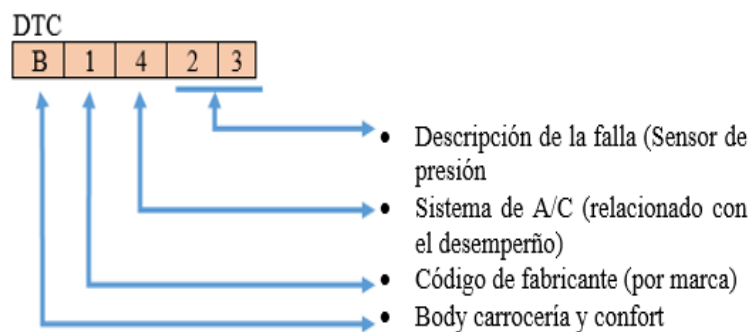


Figura 99. DTC B1423

3.16.3. Incidencia de los DTC de los servomotores.

- **DTC B1441 Fallo en el servomotor de mezcla de aire.** - No debe tener ningún problema mecánico debido a que este DTC se guarda cuando hay un enlace en la compuerta o la

misma se encuentra bloqueada de forma mecánica. El valor de la posición del servo motor de mezcla de aire no varía, aun cuando funcione el amplificador de A/C, el servo motor continúa funcionando. Se debe revisar el mazo de cables del módulo del aire acondicionado y el amplificador de A/C.

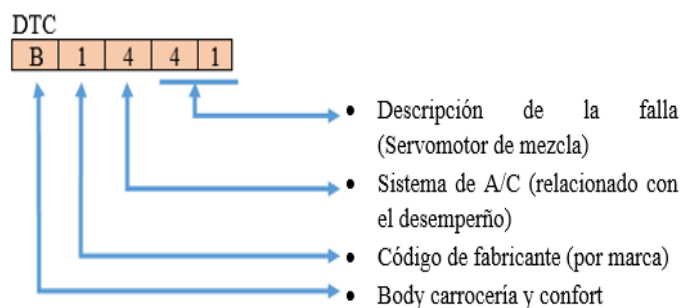


Figura 100. DTC B1441

- **DTC B1442 Fallo en el servomotor de entrada de aire.** - No debe tener ningún problema mecánico debido a que este DTC se guarda cuando no hay comunicación en la compuerta o la misma se encuentre bloqueada de forma mecánica. El valor de la posición del servo motor de entrada de aire no varía, aun cuando funcione el amplificador de A/C el servo motor continúa funcionando. Se debe revisar el mazo de cables del módulo del aire acondicionado y el amplificador de A/C.

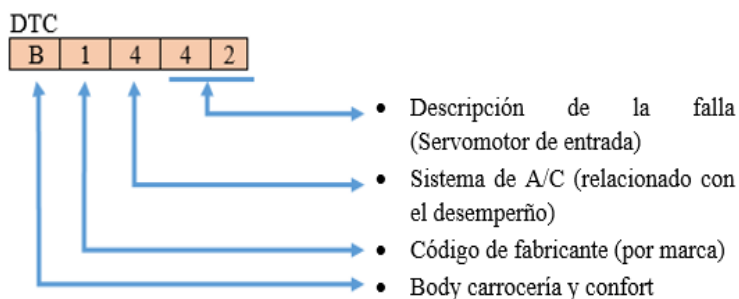


Figura 101. DTC B1442

- **DTC B1443 Fallo en el servo motor de salida de aire.** - Este DTC se guarda cuando no hay comunicación en la compuerta o la misma se encuentre bloqueada de forma mecánica. El valor de la posición del servo motor de salida de aire no varía, aun cuando funcione el amplificador de A/C el servo motor continúa funcionando. Se debe revisar el mazo de cables del módulo del aire acondicionado y el amplificador de A/C.

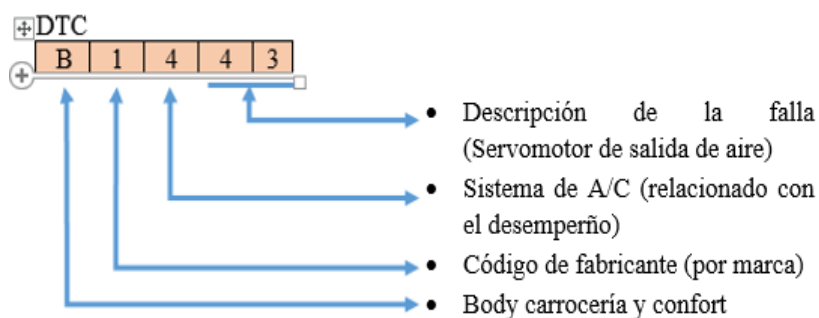


Figura 102. DTC B1443.

3.16.4. Incidencia de los DTC del sistema de alto voltaje del inversor.

- **DTC B1471 Fallo en el sistema fuente de alimentación del inversor del A/C.-** Este DTC se guarda cuando el sistema de energía de alto voltaje del inversor de A/C se encuentra abierto, en corto o cuando el sistema de elevación de presión de sistema se encuentre roto o funcionando inadecuadamente. Se debe revisar los fusibles de la parte eléctrica, el arnés del conjunto motor y el inversor con el conjunto convertidor.

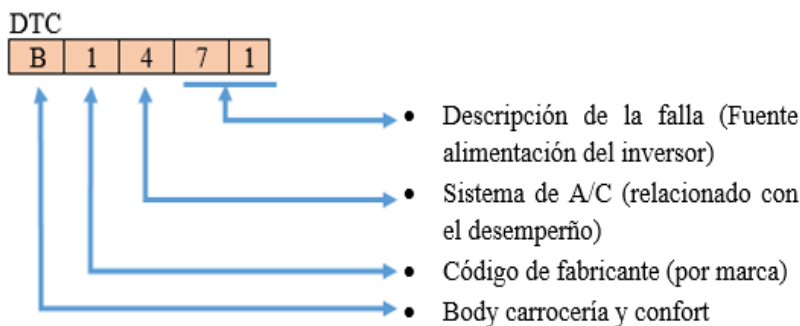


Figura 103. DTC B1471.

- **DTC B1472 Fallo en la salida de alta tensión del inversor del A/C.-** Este DTC se guarda cuando el circuito del sistema de salida de alto voltaje del inversor de A/C se encuentra abierto o en corto. Se debe revisar el conjunto compresor con motor del A/C y el sistema de comunicación CAN.

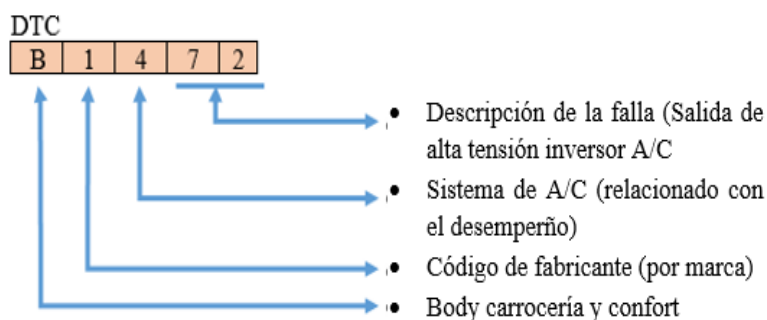


Figura 104. DTC B1472

- **DTC B1473 Fallo en sistema de arranque del inversor del A/C.-** Este DTC se guarda cuando se encuentra abierto o exista corto en el sistema de arranque del inversor del A/C. Se debe revisar el arnés que existe entre el control de gestión de la ECU y el montaje del motor con el compresor.

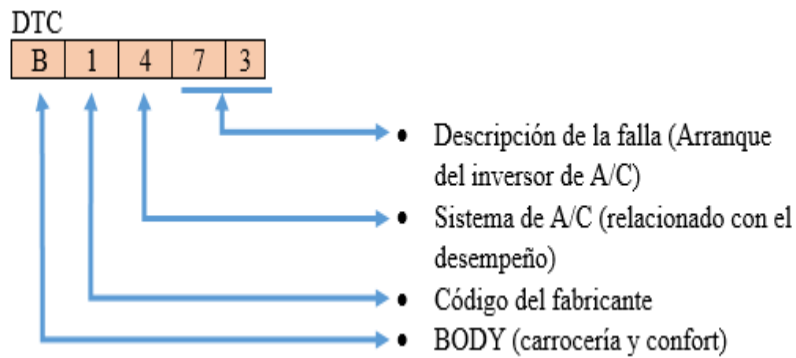


Figura 105. DTC B1473

3.17. Pruebas de Mantenimiento.

Para las pruebas de mantenimiento, es necesario utilizar maquinas que permitan realizar todo el proceso de pruebas de vacío, presiones y fugas.



Figura 106. Mantenimiento Ford Híbrido con Clima 5000.

3.17.1. Prueba de Vacío.

La prueba de vacío dura aproximadamente 30 minutos y ayuda a succionar todo el refrigerante que se encuentre en el sistema del A/C, lo que permite limpiar las impurezas del

sistema, los malos olores que salen al interior del habitáculo, elimina el agua que exista en las cañerías de alta o de baja, que se generan debido a las propiedades hidrofílicas del refrigerante.

Antes de iniciar la prueba de vacío es necesario realizar la recolección del refrigerante y del aceite que exista en el sistema de A/C, existen maquinas que permiten realizar la recolección de forma automática o manual.

- Ciclo manual. – Este ciclo permite reciclar más de una vez, es decir que una primera vez puede reciclar una gran cantidad e ir reduciendo de a poco hasta llegar a 0 gramos.
- Ciclo automático. – Este ciclo lo hace una sola vez y la cantidad de recolección puede ser mucho menor a la realizada de forma manual.



Figura 107. Prueba de recolección y vacío, clima 5000

Existen formas adecuadas para realizar esta prueba como el vacío automático y el manual, las cuales se usan de acuerdo al estado del sistema de A/C, el vacío automático se realiza en condiciones normales de uso, mientras que el manual se debe realizar cuando exista anomalías e instalaciones realizadas sobre otras y en el reemplazo de componentes del sistema de A/C.



Figura 108. Prueba de vacío en el sistema de A/C.

3.17.2. Prueba de Presiones

La duración de la prueba de presiones debe ser aproximadamente 4 minutos, se realiza como un test después de la recolección del refrigerante del sistema de A/C.

- Al desarrollar la prueba con el motor apagado se debe tener presiones iguales en alta y baja, se tiene valores de 14.5 PSI a temperatura de 20°C a 25°C.
- Al efectuar las pruebas con el motor encendido o en estado normal, las presiones sufren un cambio, se observa el valor en el manómetro de baja presión entre 20 a 40 PSI, mientras que en el lado de alta puede estar entre 150 a 310 PSI a temperatura de 20° a 25°.



Figura 109. Prueba de presiones, clima 5000

3.17.3. Prueba de fugas.

Antes de desarrollar la prueba de detención de fugas, se debe realizar la inspección visual y mecánica de los elementos del sistema de aire acondicionado. Las fugas en el sistema de A/C se dan por varios factores como los ambientales o mecánicos. Existen maquinas las cuales permiten determinar si hay fugas en el sistema de A/C durante el proceso de carga del refrigerante, lo cual no va a permitir avanzar con el proceso de carga.

Al terminar de realizar la carga completa del sistema y no exista errores en la máquina, pero las presiones en el sistema son demasiado bajas, se puede decir que existen micro fugas que no son visibles para el ojo humano, se utiliza el tinte de color fluorescente que determina la existencia de fugas, con el uso de unas gafas o una pistola de tipo UV se visualiza la fuga

En vehículos convencionales que utilizan el aceite PAG 100, se puede utilizar el tinte fluorescente, debido a las propiedades que existen entre los dos, no se puede utilizar para vehículos que utilicen aceites dieléctricos como el ND11.

- **Detección de fugas con nitrógeno.** – Esta prueba se utiliza para secar el sistema completo de refrigeración y para comprobar la estanqueidad, la prueba se debe desarrollarse durante el proceso de vacío del sistema de aire acondicionado llenando con nitrógeno a una presión máxima de 12 bares durante el tiempo de 5 a 10 minutos.
- **Detección electrónica de fugas.** - Para esta prueba se debe realizar con un equipo denominado detector especial de fugas, el cual funciona con una señal acústica que

indica gases halógenos y descubre las micro fugas, por lo general descubre las fugas que existen en el evaporador.



Figura 110. Detención de fugas del sistema de A/C usando gas fomier.

Fuente: (HELLA, 2019)

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE CONFORT Y ESTUDIO DE LA GESTIÓN ELECTRÓNICA DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN HÍBRIDO.

4.1. Introducción.

Para el análisis de los protocolos de pruebas de confort y de gestión electrónica, con los datos obtenidos en las pruebas dinámicas y estáticas bajo normativas, se realiza un estudio gráfico comparativo del comportamiento del sistema de climatización híbrido y su incidencia en el confort humano.

4.2. Consumo metabólico

El consumo metabólico permite evaluar la carga física a partir de los requisitos de la tarea y determinar quién se vuelve más propenso a fatigas, elevación de frecuencia cardiaca y temperatura corporal, por lo que se considera la norma NTP 1011 y los datos obtenidos durante las pruebas de conducción prolongada (Tablas 33 y 34).

4.2.1. En función del tipo de trabajo

En la Figura 111 se indica el comportamiento de los ocupantes en función al trabajo que realizan considerando la norma NTP1011 (Tabla 7); durante las pruebas de conducción prolongada el conductor realiza más esfuerzo por lo que se considera un consumo de $90 \frac{W}{m^2}$.

El ocupante delantero derecho (ODD) brinda asistencia al conductor no solo en el manejo de accesorios sino también en mantenerse atento a señaléticas o advertencias del camino por lo que se registra un consumo de $70 \frac{W}{m^2}$, mientras que los dos ocupantes posteriores (OPI y OPD) no registran la misma actividad por lo que su consumo es de $55 \frac{W}{m^2}$.

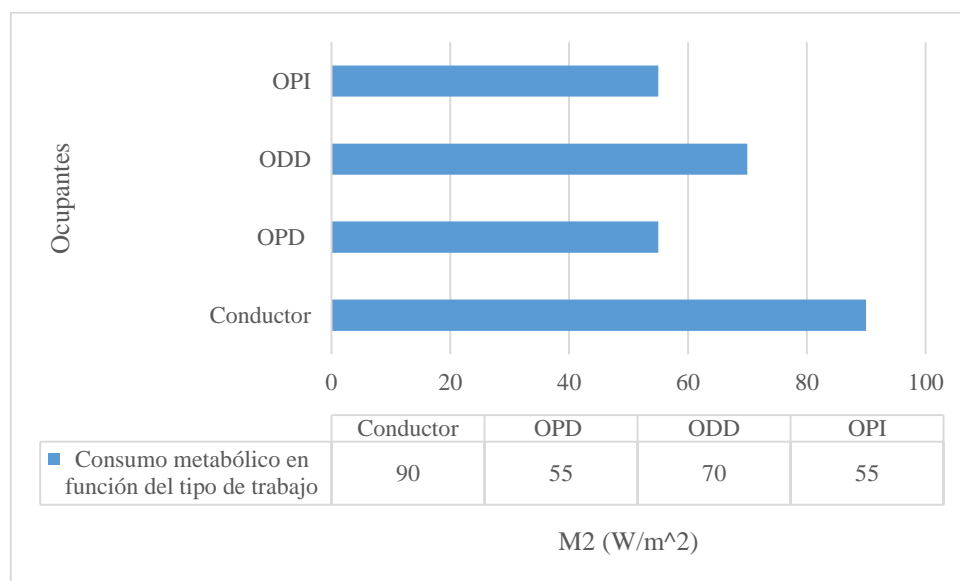


Figura 111. Consumo metabólico en función del tipo de trabajo (M_2)

4.2.2. En función del metabolismo basal

En la Figura 112 se muestra el metabolismo basal (Tabla 8) de cada ocupante que depende de la edad y el sexo; la medición del conductor, el pasajero 1 y 2 son hombres entre 24 y 27 años, mientras el pasajero 3 es mujer entre 20 y 24 años, el metabolismo basal máximo es de $46,678 \frac{W}{m^2}$ como valor del 100% correspondiente a los 3 ocupantes hombres y $41,969 \frac{W}{m^2}$ correspondiente al ocupante posterior izquierdo de sexo mujer con el valor del 89.91%.

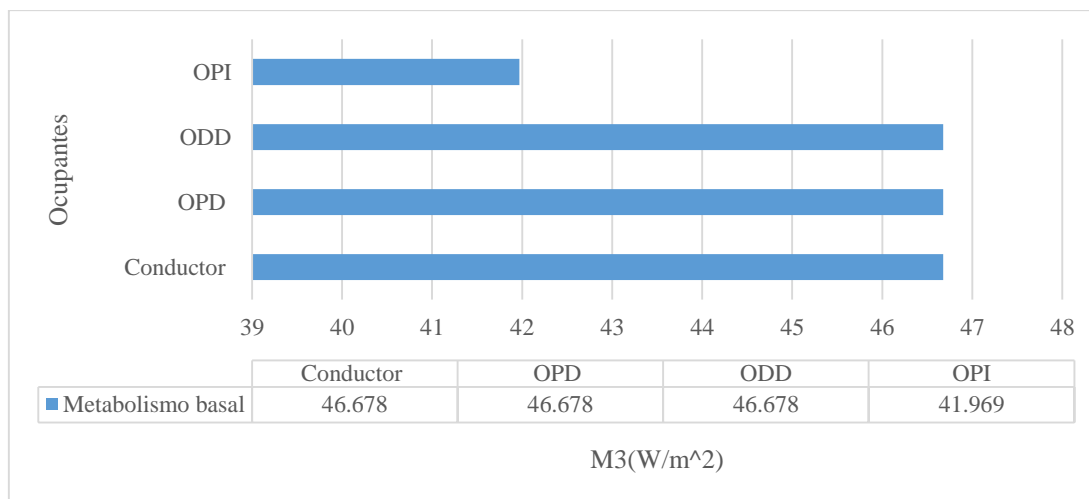


Figura 112. Metabolismo basal

4.2.3. En función del tiempo

Con los datos recopilados en la tabla 30, el consumo basal total de cada ocupante se muestra en la figura 113, para su cálculo se considera la norma NTP 1011 (Ecuación 3), donde el consumo basal de cada individuo es la sumatoria de la tasa metabólica, el consumo metabólico en función del tipo de trabajo y postura que mantiene durante el mismo (sentado, de pie, etc.), el cálculo se detalla en la tabla 52.

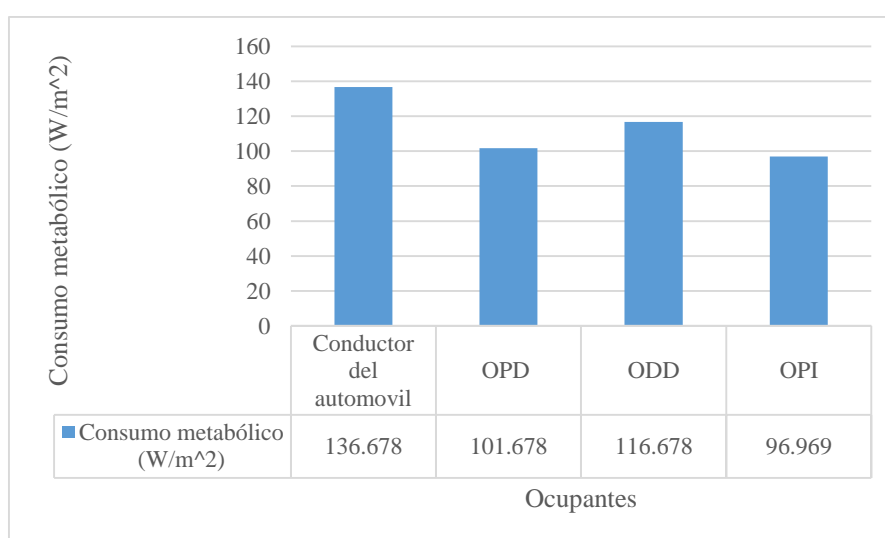


Figura 113. Consumo metabólico de cada ocupante

El conductor es el ocupante que más actividades realiza dentro del habitáculo por lo que registra un consumo metabólico total de $136 \frac{W}{m^2}$ equivalente al 100%, el ODD es el segundo responsable de la seguridad del viaje por lo que su consumo metabólico es de $116,678 \frac{W}{m^2}$ con un valor porcentual del 85.79%, mientras que OPD y OPI registran valores menores de $101,678$ registran un $74.76\% \frac{W}{m^2}$ y $96,969 \frac{W}{m^2}$ que representa al 71.3% respectivamente. Para las pruebas de conducción prolongada el consumo metabólico en función de la postura según la norma NTP 1011 para un individuo que permanece sentado es de $0 \frac{W}{m^2}$.

Tabla 52
Cálculo del consumo metabólico

| Ocupante | (W/m^2) | | | Ecuación | Consumo metabólico (W/m^2) |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------|------------------------------|
| | M_3 (Tabla 8) | M_2 (Tabla 7) | M_1 (Tabla 6) | | |
| Conductor | 46,678 | 90 | 0 | 3 | 136,678 |
| OPD | 46,678 | 55 | 0 | 3 | 101,678 |
| ODD | 46,678 | 70 | 0 | 3 | 116,678 |
| OPI | 41,969 | 55 | 0 | 3 | 96,969 |

M_1 (Componente postural)

M_2 (Tipo de trabajo)

M_3 (Tasa Metabólica)

El consumo basal en función del tiempo se calcula mediante el producto entre el tiempo y consumo metabólico total (Ecuación 4). En cada tramo se registra un tiempo transcurrido que especificado en la tabla 53.

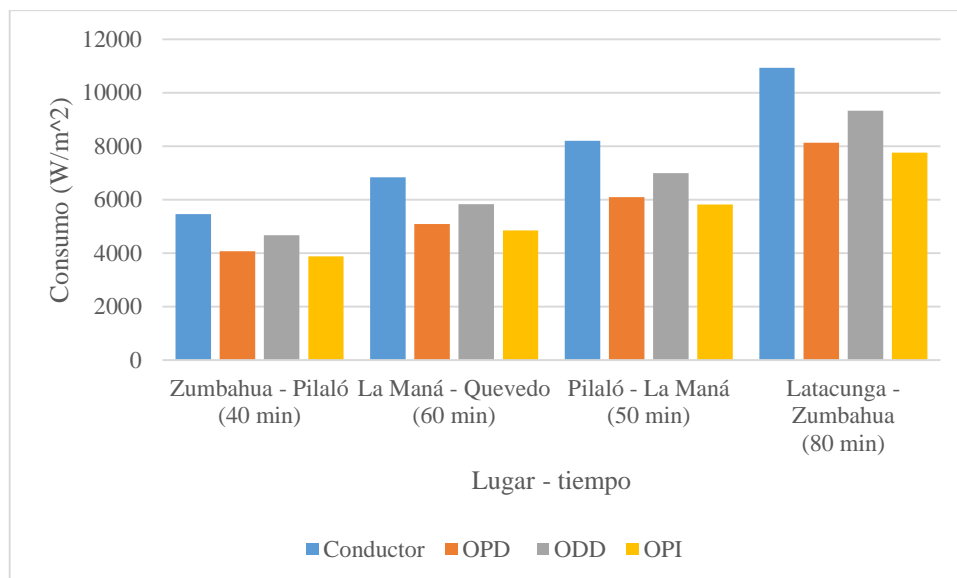


Figura 114. Consumo metabólico en función del tiempo

El consumo metabólico en función del tiempo es el gasto energético de cada individuo a través de un ciclo de trabajo. El conductor presenta mayor consumo energético durante el tramo Latacunga Zumbahua el tiempo transcurrido es de 80 minutos por lo que se registra un consumo energético máximo de $10934,24 \frac{W}{m^2}$, representado en un 100%, mientras el ocupante que menos energía necesita para realizar la prueba de conducción prolongada es el ocupante posterior izquierdo esto se debe a que no realiza alguna actividad durante dicha prueba, registrando un valor de $3878,76 \frac{W}{m^2}$, estableciendo un valor porcentual de 35% .

Tabla 53

Consumo metabólico en función del tiempo

| Ocupante | Ecuación | M_{TOTAL} (W/m^2) | Consumo metabólico en función del tiempo (W/m^2min) | | | |
|------------------|----------|----------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| | | | Latacunga Zumbahua (80 min) | Zumbahua Pilaló (40min) | Pilaló La Maná (50min) | La Maná Quevedo (60min) |
| Conductor | 4 | 136,678 | 10934,24 | 5467,12 | 8200,68 | 6833,9 |
| OPD | 4 | 101,678 | 8134,24 | 4067,12 | 6100,68 | 5083,9 |
| ODD | 4 | 116,678 | 9334,24 | 4667,12 | 7000,68 | 5833,9 |
| OPI | 4 | 96,969 | 7757,52 | 3878,76 | 5818,14 | 4848,45 |

4.3. Análisis del índice de estrés térmico

4.3.1. Índice de estrés térmico por tramos

El cálculo del estrés térmico se detalla en la tabla 54, se considera la norma NTP 322 (ecuación 1), en donde se tiene en cuenta los datos ambientales en el interior del habitáculo (tabla 24) como; temperatura húmeda, temperatura ambiental las cuales se miden con ayuda del higrómetro y temperatura globo que se calcula mediante la ecuación 2. Los niveles de estrés se especifican en la tabla 55 según el código de color de la tabla 5.

Tabla 54
Índice de estrés térmico por tramos

| Ecuación 2 Tramo | S (W/m ²) | Variables | Latacunga - Quevedo | | | | | | | Quevedo - Latacunga | | | | | | |
|------------------------|--------------------------|-----------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Latacunga | 166,67 | T_A | 20,5 | 26,20 | 27,00 | 21,00 | 19,40 | 21,00 | 27,00 | 20,5 | 23,90 | 23,50 | 17,20 | 30,70 | 26,00 | 20,00 |
| | | T_G | 24,09 | 31,41 | 32,43 | 24,73 | 22,68 | 24,73 | 32,43 | 24,09 | 28,45 | 27,94 | 37,18 | 19,85 | 31,15 | 23,45 |
| | | T_{HN} | 17,50 | 18,40 | 20,60 | 16,60 | 15,60 | 17,00 | 16,00 | 17,50 | 17,30 | 15,30 | 20,00 | 13,20 | 18,00 | 20,00 |
| | | WBGT | 19,12 | 21,78 | 21,51 | 18,67 | 17,40 | 18,95 | 20,39 | 19,12 | 20,19 | 18,65 | 24,51 | 14,93 | 21,43 | 20,69 |
| Zumbahua | 145,83 | T_A | 20,50 | 26,70 | 27,70 | 10,20 | 24,10 | 17,00 | 20,00 | 19,00 | 13,70 | 18,00 | 13,40 | 16,00 | 15,00 | 14,00 |
| | | T_G | 23,83 | 31,71 | 32,98 | 28,41 | 10,75 | 19,39 | 23,20 | 09,23 | 15,20 | 18,12 | 19,26 | 14,82 | 10,50 | 15,58 |
| | | T_{HN} | 17,50 | 16,90 | 18,00 | 16,80 | 08,30 | 11,00 | 09,00 | 08,40 | 11,10 | 11,80 | 13,00 | 11,40 | 09,00 | 11,00 |
| | | WBGT | 19,07 | 20,84 | 20,57 | 19,85 | 08,98 | 13,28 | 12,94 | 08,63 | 12,18 | 13,48 | 14,64 | 12,28 | 09,40 | 12,22 |
| Pilaló | 145,83 | T_A | 18,80 | 20,50 | 28,80 | 23,80 | 15,10 | 19,00 | 28,00 | 19,80 | 29,40 | 21,10 | 31,20 | 30,70 | 22,00 | 21,00 |
| | | T_G | 21,68 | 23,83 | 34,38 | 28,03 | 16,98 | 21,93 | 33,36 | 22,95 | 35,10 | 24,60 | 37,42 | 36,79 | 25,74 | 24,47 |
| | | T_{HN} | 14,40 | 15,10 | 20,40 | 17,90 | 12,50 | 15,00 | 14,00 | 13,40 | 20,40 | 12,70 | 24,20 | 22,70 | 22,00 | 19,00 |
| | | WBGT | 16,30 | 17,39 | 21,94 | 20,52 | 13,66 | 16,79 | 19,27 | 15,95 | 24,25 | 15,92 | 27,54 | 26,32 | 22,75 | 20,29 |
| La Maná | 125 | T_A | 17,40 | 21,00 | 20,90 | 28,20 | 24,80 | 30,00 | 18,00 | 19,80 | 28,80 | 26,70 | 32,00 | 31,10 | 24,00 | 22,00 |
| | | T_G | 19,65 | 36,09 | 24,04 | 33,20 | 28,93 | 35,46 | 20,40 | 22,66 | 33,95 | 31,32 | 37,97 | 36,84 | 27,93 | 25,42 |
| | | T_{HN} | 15,10 | 22,60 | 15,40 | 23,70 | 21,40 | 19,00 | 18,00 | 13,40 | 22,10 | 18,40 | 28,40 | 25,60 | 18,00 | 16,00 |
| | | WBGT | 16,24 | 26,09 | 17,68 | 26,05 | 23,25 | 23,39 | 18,48 | 15,89 | 25,14 | 21,81 | 30,67 | 28,40 | 20,59 | 18,48 |
| Quevedo | 125 | T_A | 18,10 | 28,20 | 27,70 | 30,30 | 33,00 | 22,00 | 33,00 | 18,10 | 28,20 | 27,70 | 30,30 | 33,00 | 22,00 | 33,00 |
| | | T_G | 20,53 | 33,20 | 32,57 | 35,83 | 39,22 | 25,42 | 39,22 | 20,53 | 33,20 | 32,57 | 35,83 | 39,22 | 25,42 | 39,22 |
| | | T_{HN} | 19,10 | 21,40 | 20,50 | 21,60 | 25,80 | 23,00 | 20,00 | 19,10 | 21,40 | 20,50 | 21,60 | 25,80 | 23,00 | 20,00 |
| | | WBGT | 17,19 | 24,44 | 23,63 | 25,32 | 29,20 | 23,38 | 25,14 | 17,19 | 24,44 | 23,63 | 25,32 | 29,20 | 23,38 | 25,14 |

Nota:

T_A : Temperatura ambiental (°C)

T_G : Temperatura Globo (°C)

T_{HN} : Temperatura del bulbo húmedo (°C)

WBGT: Índice de estrés térmico (°C)

En el tramo Latacunga Quevedo en las siete pruebas realizadas en tres diferentes condiciones, en Quevedo tiene un mayor índice en la quinta prueba (sin aire acondicionado) con un valor de 29,20°C estableciendo un valor del 100%, el cual se encuentra dentro del nivel de riesgo de sobrecalentamiento extremo tabla 5, mientras el menor índice se obtiene en la primera prueba (condiciones normales) con un valor de 17,19°C equivalente al 58%. En la Maná el mayor índice se registra en la cuarta prueba (condiciones adversas) con un valor de 26,05°C registrando un porcentaje del 100%, mientras que el menor índice se obtiene en la primera prueba con un valor de 16,24°C teniendo una variación del 62%. En Pilaló el mayor índice de estrés térmico se registra en la cuarta prueba con un valor de 20,52°C lo que se establece como el 100% y el menor en la quinta prueba con un valor de 13,66°C teniendo un porcentaje de 66%; estos resultados se deben a que en la cuarta prueba las condiciones son adversas, para el clima de la ciudad el nivel del aire acondicionado es muy elevado como se señala en la figura 115.

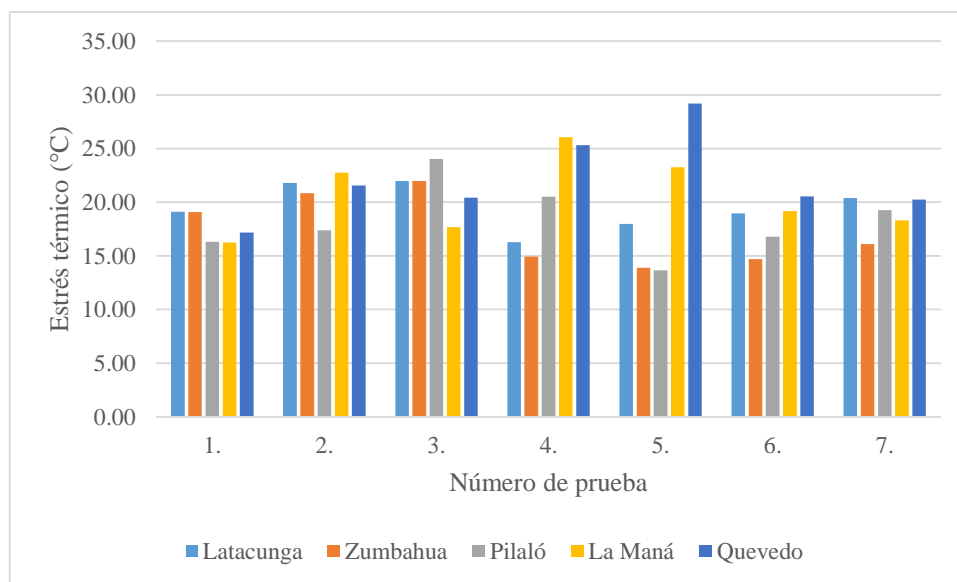


Figura 115. Estrés térmico Latacunga - Quevedo

De las siete pruebas realizadas en el tramo Quevedo Latacunga se obtiene un mayor índice de estrés en la cuarta prueba en la Maná con un valor de 30,67°C lo que significa el 100%, esta prueba se realizó en condiciones adversas por lo que los valores de estrés son más altos, las mediciones realizadas en el sector de Zumbahua se visualizan en la prueba 6, con el índice de estrés menor de 11,7°C, representando el 38%, el cálculo del índice WBGT se detalla en la tabla 54 y el nivel de estrés térmico en la tabla 55.

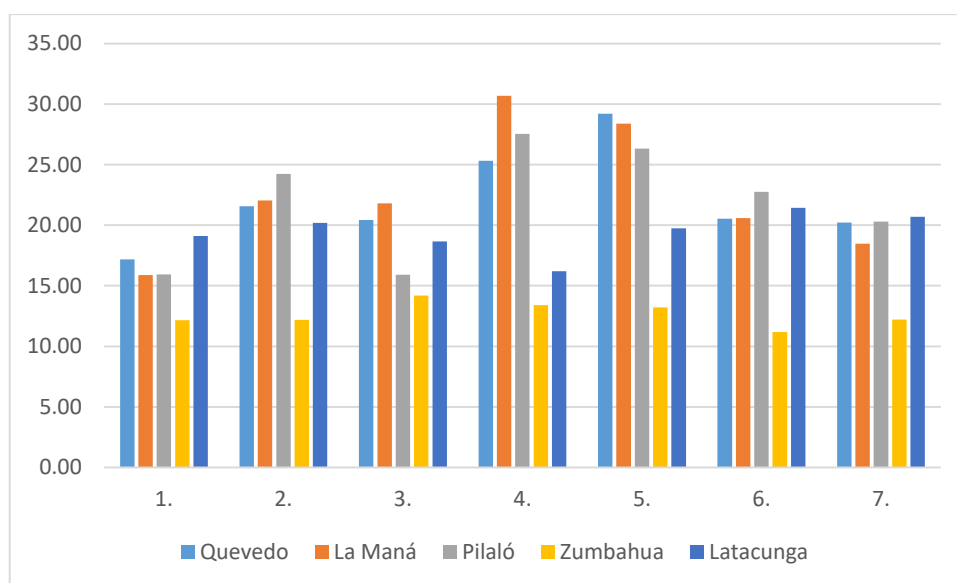


Figura 116. Estrés térmico Quevedo - Latacunga

4.3.2. Índice de estrés térmico por condiciones de operación

Los datos necesarios para el cálculo de estrés térmico por condiciones de operación se encuentran registrados en la tabla 28, la figura 117 señala los tramos de medición en la prueba de conducción prolongada, en el tramo de Latacunga- Zumbahua el estrés máximo es de 19,32°C equivalente al 100% de todas las mediciones obtenidas sin aire acondicionado, en Zumbahua- Pilaló el valor más alto es de 18,95°C equivalente al 98,08% con respecto al tramo anterior en condiciones adversas, en Pilaló – La Maná el estrés térmico más alto es de 23,28°C

estableciendo el 20% más con respecto a las mediciones en el tramo de la sierra, y en la Maná - Quevedo el estrés térmico más alto se registra en la prueba sin aire acondicionado con un valor de 26,23°C, aumentando en un 35% teniendo como resultado que el estrés térmico más alto es de La Maná a Quevedo debido a que sin aire acondicionado se registra una temperatura de 24,2°C registrando un aumento del 25% dentro del habitáculo.

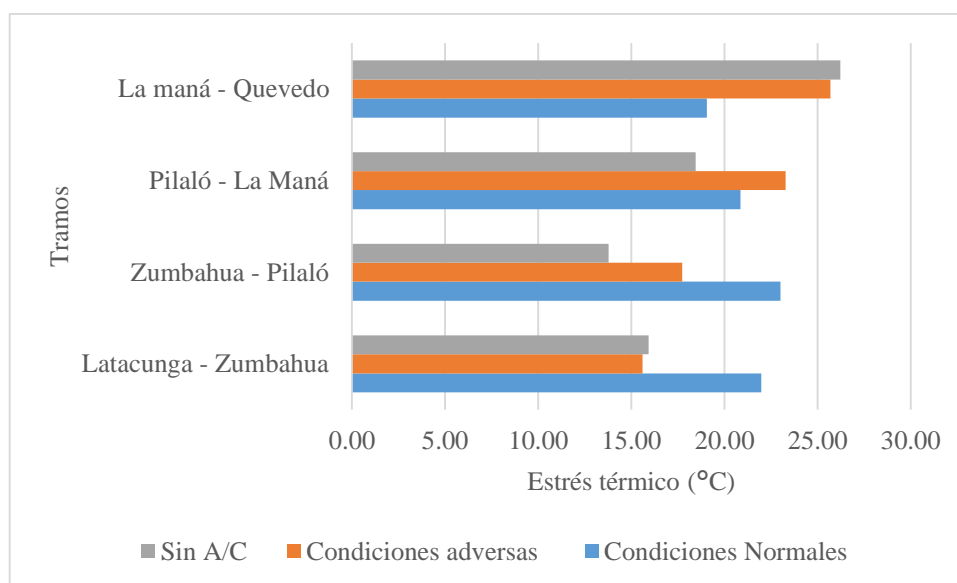


Figura 117. WBGT por condiciones Latacunga –Quevedo

La figura 118 muestra el tramo Quevedo – La Maná que registra el estrés térmico máximo de 28,80°C, se establece un porcentaje del 98.93%, sin aire acondicionado. En condiciones adversas, en La Maná – Pilaló el valor más alto es de 29,11°C equivalente al 100% de las mediciones realizadas, en Pilaló – Zumbahua el estrés máximo es de 21,09°C con respecto al tramo de la Mana existe una variación de 28.6% y en Zumbahua Latacunga el estrés más alto es de 19,57 con una variación porcentual de 38.8%.

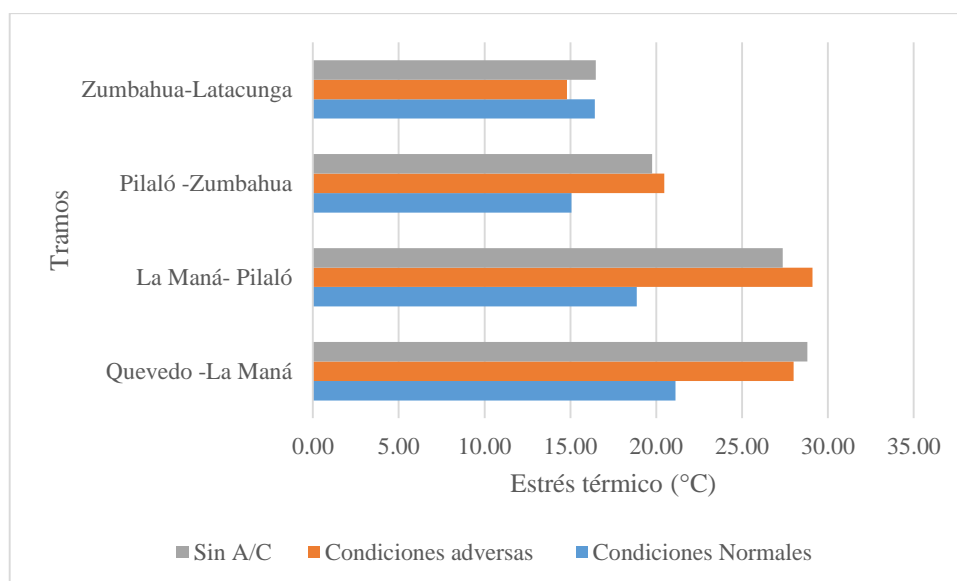


Figura 118. WBGT por condiciones Quevedo - Latacunga

En la figura 119 se muestra la comparación del índice de estrés térmico entre las diferentes pruebas en varias condiciones, registrando un valor de estrés máximo de 30,67°C reflejando el 100% de estrés en la Maná en condiciones adversas, seguido de 29,20°C en Quevedo con un 5% menos del valor máximo y 28,40°C en la Maná sin sistema de aire acondicionado teniendo un valor del 8% con respecto a la máxima medición.

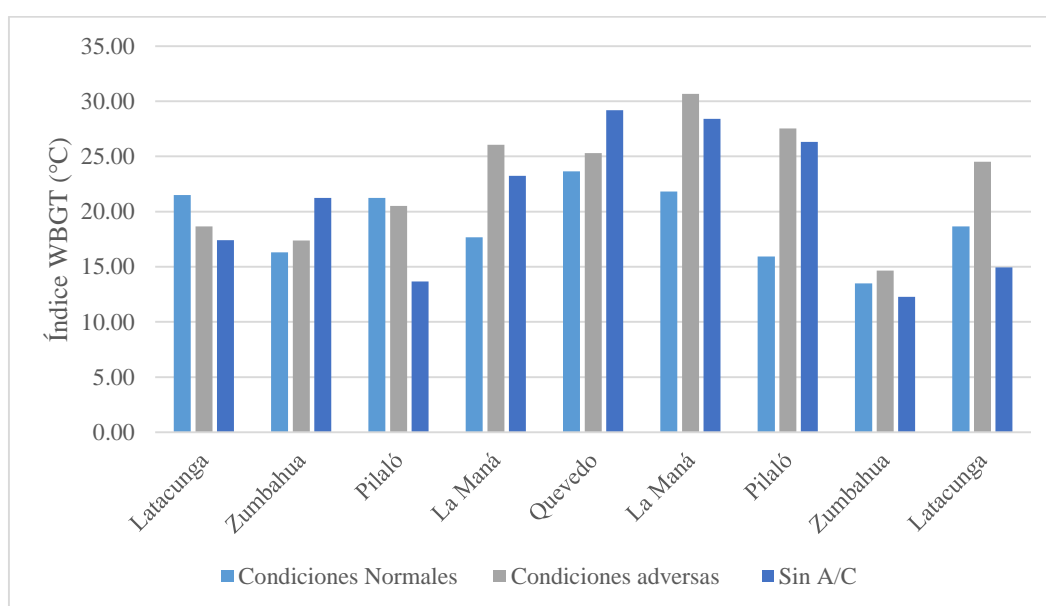


Figura 119. Índice de estrés térmico por condiciones de operación

4.3.3. Nivel de estrés térmico

El nivel de estrés se determina mediante código de color de la tabla 5 donde se define el riesgo para sobrecalentamiento que puede ser extremo, alto, moderado, escaso y el riesgo para hipotermia, donde se registran los niveles de la tabla 55. Existe un riesgo escaso para sobrecalentamiento (nivel verde) en el tramo de Zumbahua debido a que se registra temperaturas ambientales menores a 10°C. En Quevedo se tiene un riesgo extremo de sobrecalentamiento (nivel rojo) en la prueba sin aire acondicionado, en condiciones adversas el riesgo es alto (nivel naranja) al igual que en la cuarta y quinta prueba en la Maná. Con el A/C activado los niveles en la Maná y Quevedo son moderados (nivel amarillo) o escasos (nivel verde). En Latacunga en l cuarta prueba se tiene un riesgo escaso de sobrecalentamiento.

Tabla 55
Nivel de estrés térmico

| Tramo | Latacunga | | Zumbahua | | Pilaló | | La Maná | | Quevedo | | |
|-------|-----------|---------|----------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| | Prueba | WBGT °C | Nivel | WBGT °C | Nivel | WBGT °C | Nivel | WBGT °C | Nivel | WBGT °C | Nivel |
| a | 1 | 19,12 | | 19,07 | | 16,30 | | 16,24 | | 17,19 | |
| | 2 | 21,78 | | 20,84 | | 17,39 | | 22,75 | | 21,56 | |
| | 3 | 21,98 | | 21,97 | | 24,04 | | 17,68 | | 20,43 | |
| | 4 | 18,67 | | 14,93 | | 20,52 | | 26,05 | | 25,32 | |
| | 5 | 16,28 | | 13,90 | | 13,66 | | 23,25 | | 29,20 | |
| | 6 | 17,97 | | 14,69 | | 16,79 | | 19,18 | | 20,55 | |
| | 7 | 20,39 | | 16,00 | | 19,27 | | 18,31 | | 20,23 | |
| b | 1 | 19,12 | | 12,17 | | 15,95 | | 15,89 | | 17,19 | |
| | 2 | 20,19 | | 12,18 | | 24,25 | | 22,05 | | 21,56 | |
| | 3 | 18,65 | | 14,19 | | 15,92 | | 21,81 | | 20,43 | |
| | 4 | 16,19 | | 13,40 | | 27,54 | | 30,67 | | 25,32 | |
| | 5 | 19,75 | | 13,20 | | 26,32 | | 28,40 | | 29,20 | |
| | 6 | 21,43 | | 11,17 | | 22,75 | | 20,59 | | 20,55 | |
| | 7 | 20,69 | | 12,22 | | 20,29 | | 18,48 | | 20,23 | |

*a: tramo Latacunga Quevedo

*b: tramo Quevedo Latacunga

4.4. Análisis de signos vitales

Se determina que las pruebas realizadas en el tramo de la Sierra con la condición mínima del amplificador de A/C, existe una leve variación en los signos vitales de todos los ocupantes, manteniendo el rango normal en la temperatura, porcentaje de oxígeno, la presión y frecuencia cardiaca como se muestra en la figura 120.

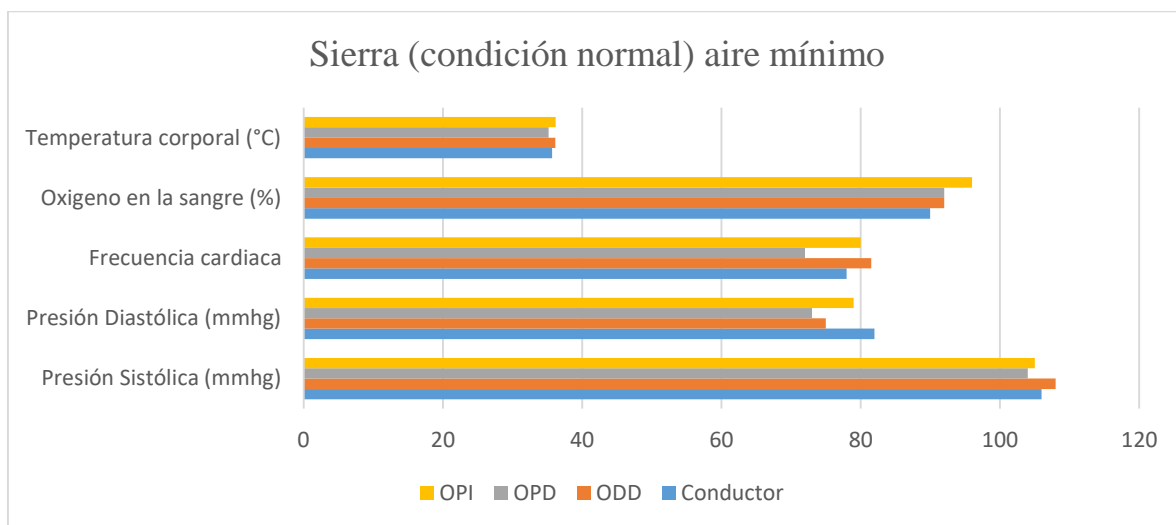


Figura 120. Signos vitales C. Normal del A/C en la Sierra

En la figura 121, se registra la reducción y aumento en los datos de medición de signos vitales con respecto a las pruebas realizadas anteriormente en condiciones normales de uso del A/C, se obtiene el mayor aumento de la presión sistólica en el ocupante posterior izquierdo (OPI) de 129mmHg estableciendo una presión normal alta y la temperatura de 20.2°C provocando un estado de hipotermia

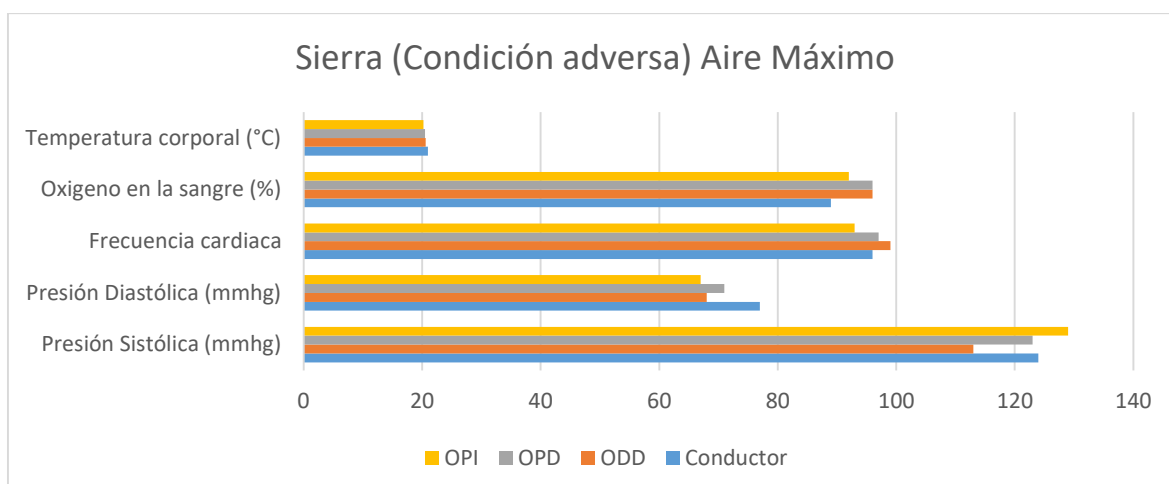


Figura 121. Signos vitales C. Adversa del A/C en la Sierra

En la prueba de conducción prolongada en el tramo de la Sierra sin el uso del A/C se verifica la variación leve en la toma de medición de signos vitales como se muestra en la figura 122, se registra la presión sistólica alta de 131 mmHg en el ocupante delantero derecho (ODD), y la temperatura corporal alta de 33.8°C en el conductor.

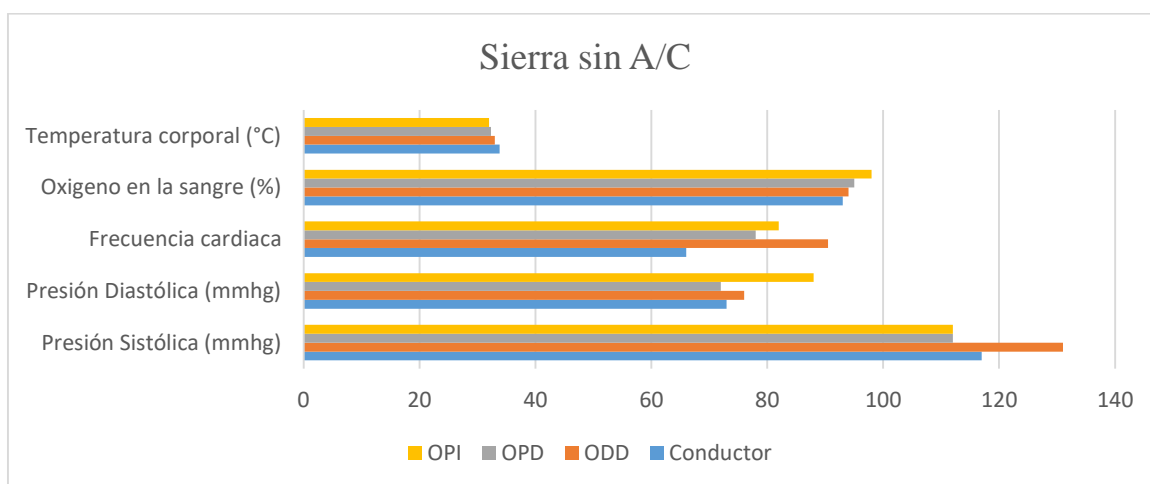


Figura 122. Signos vitales sin A/C en la Sierra

En la prueba de conducción prolongada en el tramo de la Costa con el uso máximo del A/C se verifica la variación leve en la toma de mediciones de signos vitales como se muestra en la

figura 123, se obtuvo valores similares a las pruebas realizadas en la Sierra en condiciones normales, el conductor con el ocupante posterior izquierdo (OPI), registran temperaturas altas.

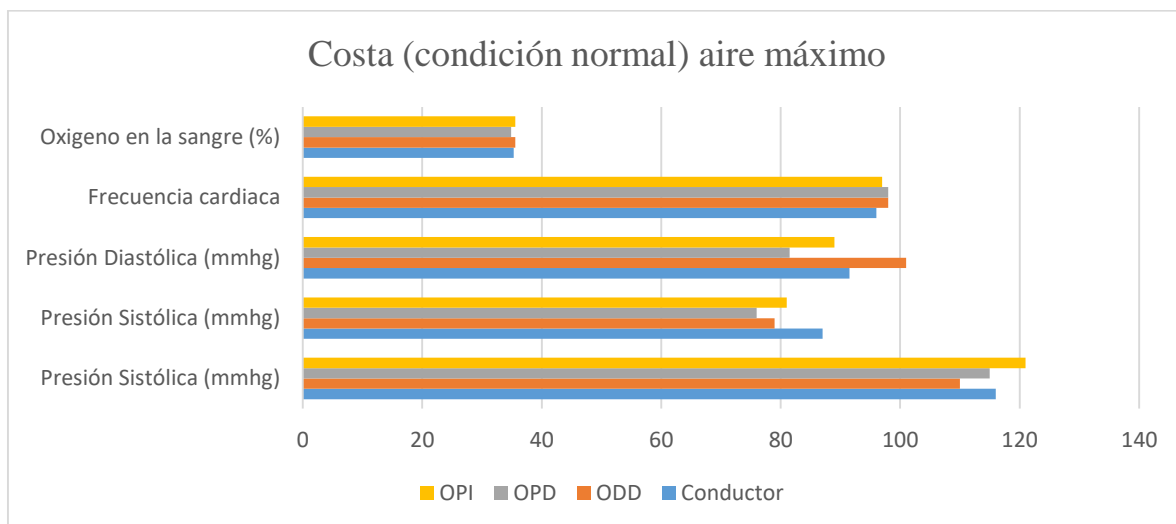


Figura 123. Signos vitales C. Normal del A/C en la Costa

La prueba realizada en el tramo de la Costa en condiciones adversas del A/C obtiene datos de medición alta como se muestra en la figura 124, la temperatura corporal registra el valor de 37.7°C perteneciente al ocupante delantero derecho (ODD) y al ocupante posterior izquierdo (OPI) provocando síntomas de febrícula o fiebre ligera, y el aumento en la presión diastólica de 95mmHg en el conductor provocando síntomas de hipertensión.

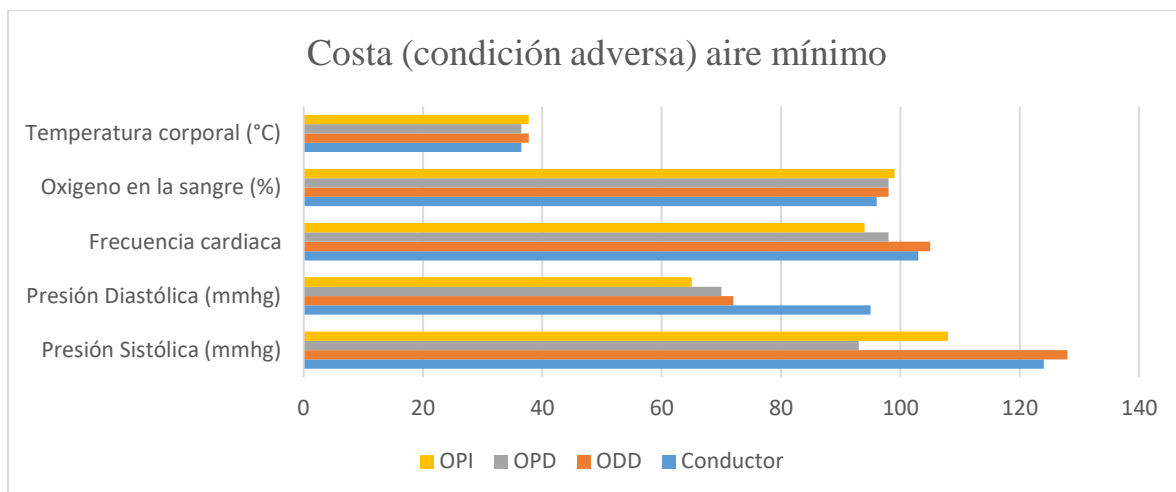


Figura 124. Signos vitales C. Adversa del A/C en la Costa

El tramo de la Costa sin el uso del A/C se registra los valores de temperatura corporal, presión y frecuencia cardiaca más altos en todos los ocupantes con respecto al resto de pruebas realizadas como se muestra en la figura 125 , se obtiene el valor de 41.12°C en el conductor provocando la sudoración excesiva, sueño y síntomas de febrícula, también registra presión y frecuencia cardiaca alta teniendo síntomas de agitación e hipertensión, el ocupante posterior izquierdo registra 80% de oxígeno en la sangre provocando síntomas de hipoxemia.

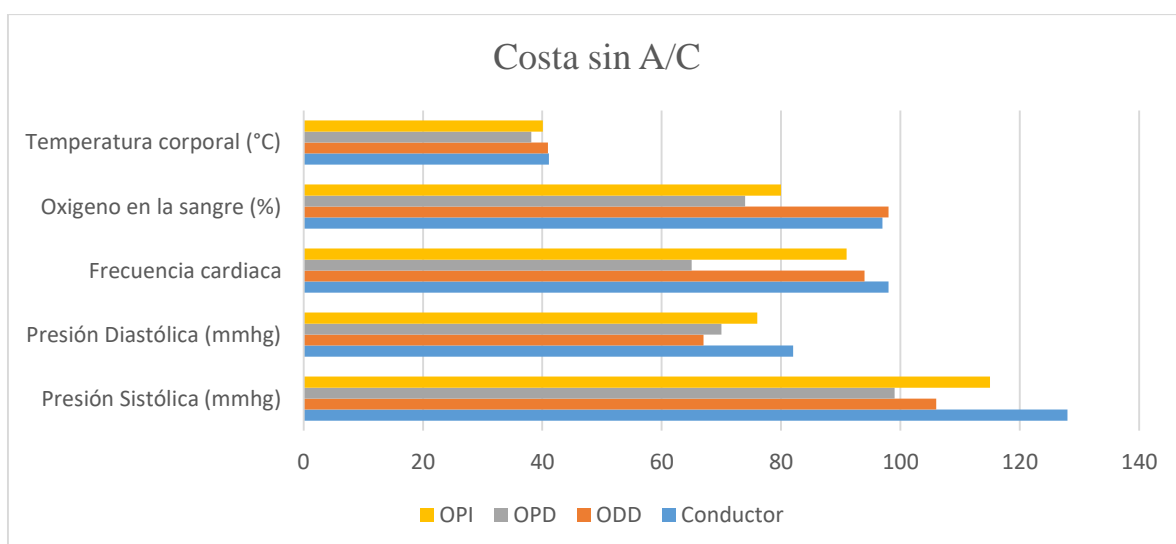


Figura 125. Signos vitales sin A/C en la Costa

4.5. Análisis del confort por el método de Fanger

Para determinar este índice se considera la norma NTP 074 (Tabla 9 y 10), permite valorar el índice IVM que varía en función de cuatro variables:

- Consumo energético en Kcal/m²h
- La velocidad relativa del aire al cuerpo medida con el caudalímetro
- La temperatura del ambiente en °C medida con el higrómetro
- Índice de indumento.

4.5.1. Sierra

El índice de Valoración de medio en esta región depende de la temperatura del habitáculo, de la condición a la que se encuentren, de la velocidad del aire con respecto al cuerpo obteniendo así un 60% de insatisfacción en el conductor obteniendo un medio ligeramente frío (-2) cuando el A/C se encuentra al máximo figura. Con la tabla 9 se ubican los puntos de valoración medio en tres diferentes condiciones, en la figura 126 se muestra el índice de valoración de medio del conductor en la región Sierra, se determina que en condiciones adversas se presenta un IMV de 0,84 para condiciones adversas, de 0,96 sin A/C y -0,1 en condiciones normales; la valoración se encuentra en la tabla 56.

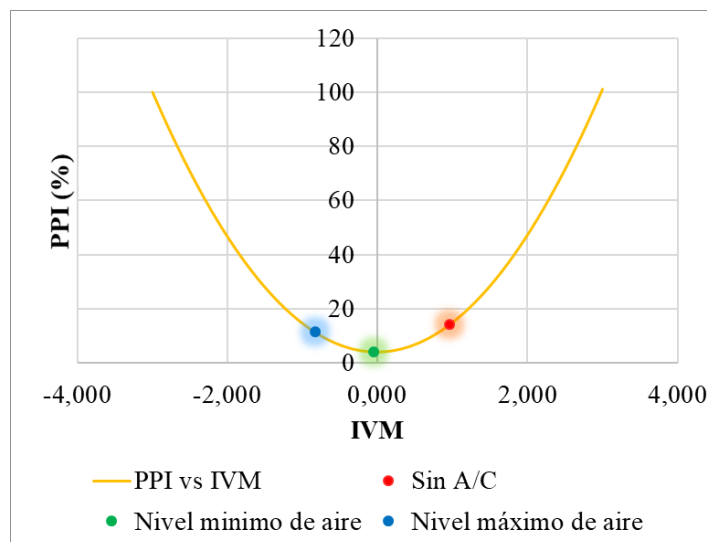


Figura 126. Valoración de medio por el conductor

La valoración de medio por parte del ocupante posterior derecho se indica en la figura 127 en donde en condiciones adversas el IVM es de -2,07, en condiciones normales es de -0,89 y sin A/C es de 0,06.

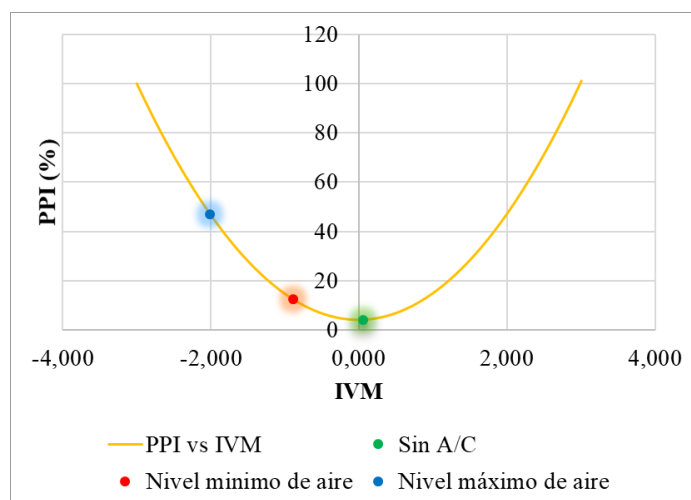


Figura 127. Valoración de medio por OPD

En la figura 128 se muestra el índice de valoración de medio por parte del ocupante delantero derecho en donde en condiciones adversas se presenta un IVM de -1,53, sin aire acondicionado es de 0,63 y en condiciones normales es de -0,5.

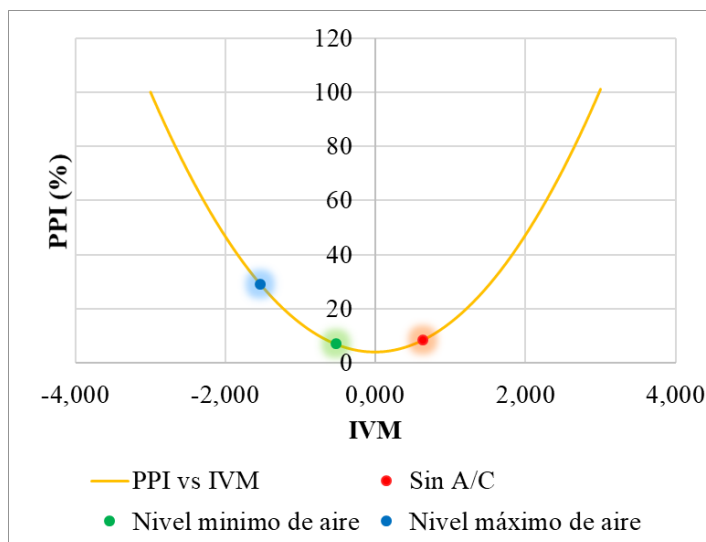


Figura 128. Valoración de medio por ODD

En la figura 129 se muestra el índice de valoración de medio por parte del ocupante posterior izquierdo, en donde en condiciones adversas se presenta un índice de -2,04, sin A/C el IMV es de -0,32 mientras que en condiciones normales es de -2,30.

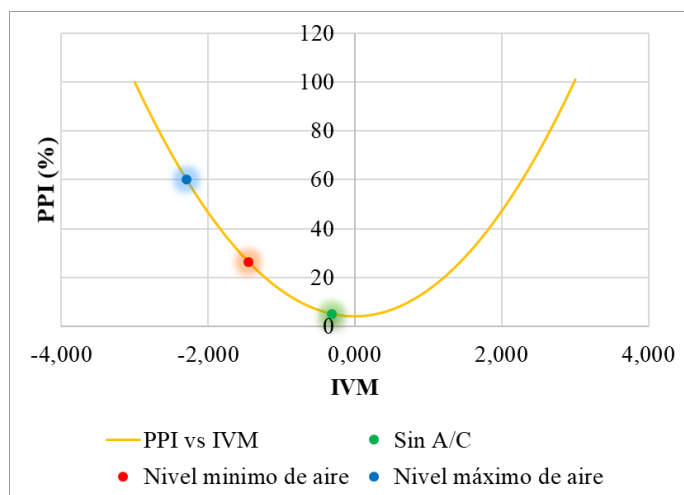


Figura 129. Valoración de medio por OPI

4.5.2. Costa

En la Costa los ocupantes posteriores consumen 180Kcal/h, mientras que el conductor y el ocupante delantero derecho consumen 215Kcal/h esto se debe a que realizan actividades como

estar atentos al camino, señales de tránsito, conducir entre otras que requieren más energía, dando como resultado un mayor porcentaje de insatisfacción y un medio caluroso.

Sin aire acondicionado el conductor y el ocupante delantero derecho presentan un índice de valoración de medio de 2,23 sin A/C, en condiciones adversas el índice IVM es de 2,12 mientras que en condiciones normales es de -0,95 figura 130.

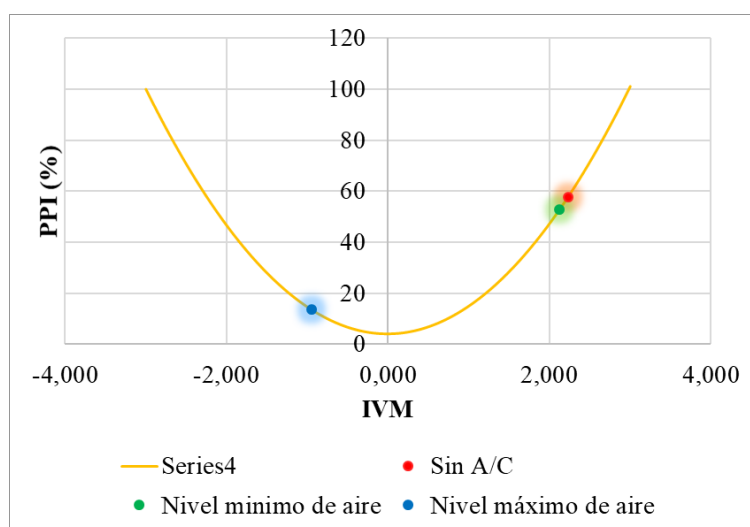


Figura 130. Valoración de medio por conductor y ODD

En la figura 131 se muestra el índice de valoración de medio de los ocupantes posteriores, en donde sin A/C el IVM es de 2,02. En condiciones adversas el PMV es de 1,43 y en normales es de -1,65.

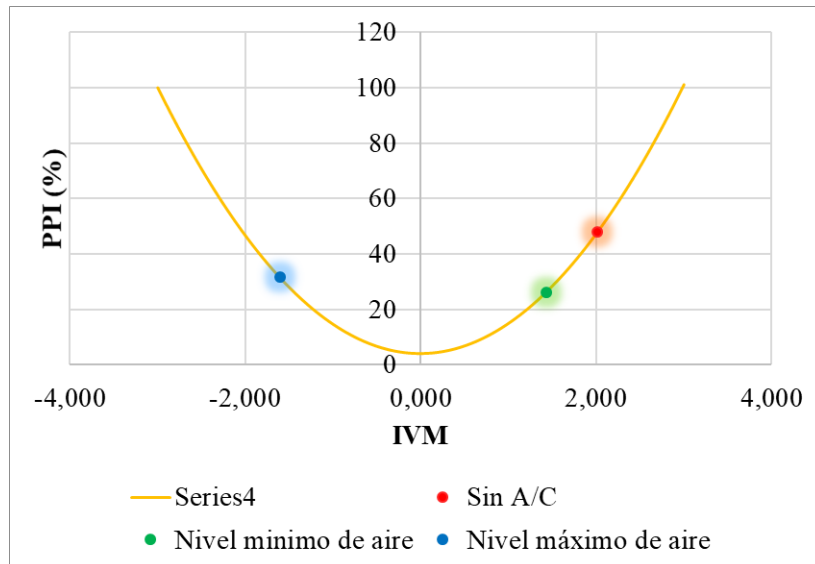


Figura 131. Valoración de medio por OPD Y OPI

La tabla 56 muestra la valoración que cada ocupante da al medio (habitáculo), las sensaciones expresadas en este estudio permiten valorarlo.

Tabla 56*Valoración de medio*

| Región | Condición Ocupante | Sin A/C | | | Adversas | | | Normales | | |
|--------|-----------------------|------------------|-----------------------|----------------------|----------|----------|------------------|----------|----------|------------------|
| | | IVM ^a | P.I. ^b (%) | Sensación | IVM | P.I. (%) | Sensación | IVM | P.I. (%) | Sensación |
| Sierra | Conductor | -0,09 | 5 | Confortable | -1,11 | 30 | Ligeramente frío | 0,04 | 5,0 | Confortable |
| | ODD | 0,76 | 16 | Ligeramente caluroso | -1,57 | 55 | Frío | 0,33 | 6,0 | Confortable |
| | OPD | -0,69 | 15 | Ligeramente frío | -2,07 | 80 | Frío | -0,14 | 5,0 | Confortable |
| | OPI | -1,18 | 35 | Ligeramente frío | -2,04 | 80 | Frío | -0,54 | 10,0 | Ligeramente frío |
| Costa | Conductor | 2,22 | 85 | Caluroso | 2,10 | 81 | Caluroso | -0,17 | 5,5 | Confortable |
| | ODD | 2,22 | 85 | Caluroso | 2,10 | 81 | Caluroso | -0,17 | 5,5 | Confortable |
| | OPD | 2,33 | 84 | Caluroso | 1,73 | 60 | Caluroso | -0,65 | 12,0 | Ligeramente frío |
| | OPI | 2,33 | 84 | Caluroso | 1,73 | 60 | Caluroso | -0,65 | 12,0 | Ligeramente frío |

Nota: Los términos frío y caluroso son sensaciones que presentan las personas al someterse en ambientes de bajas y altas temperaturas respectivamente.

^aIVM (Índice de valoración de medio)

^bP.I. (Porcentaje de insatisfacción)

En la región Costa, sin sistema de control de temperatura la sensación que presentan los ocupantes es de un medio caluroso (+2) siendo su insatisfacción máxima del 85%; en condiciones adversas la valoración es caluroso (+2) con un grado máximo de insatisfacción del 81%. En condiciones normales los ocupantes posteriores se encuentran en un ambiente ligeramente frío (-1), mientras los ocupantes delanteros se encuentran en un medio confortable (0) con un grado de insatisfacción menor al 12%. En la Sierra, sin aire acondicionado el conductor se encuentra en un ambiente confortable (0), el ocupante delantero derecho encuentra al habitáculo ligeramente caluroso (+1) y los ocupantes posteriores encuentran al medio ligeramente frío (-1) con una insatisfacción que no excede del 35%; con el A/C al máximo el conductor siente en un entorno ligeramente frío (-1), por otro lado, los ocupantes posteriores y delantero sienten frío (-2), la insatisfacción máxima presentada es del 80%. Con el aire activado de forma moderada las sensaciones presentadas por tres ocupantes es confortabilidad, mientras que el otro ocupante siente el medio ligeramente frío, la insatisfacción no excede el 6%.

4.6. Análisis de datos termográficos.

La obtención de datos termográficos se realizó durante la prueba de conducción prolongada en la ruta antes seleccionada, se sometió a los ocupantes a condiciones normales, adversas y sin el uso del A/C, en la toma de mediciones se consideró los tramos con mayor y menor altitud.

4.6.1. Temperaturas corporales sector Sierra con A/C mínimo.

En la figura 132 se puede observar los comportamientos térmicos corporales de los ocupantes al interior del habitáculo en condiciones normales de uso del A/C, en las imágenes tomadas existen puntos calientes que están alrededor a una temperatura promedio de 33°C, y puntos fríos con un valor de 18°C representadas con el color azul violeta.



Figura 132. Termografía Sierra condiciones normales de A/C.

Con los datos termográficos obtenidos, el conductor tiende a tener la temperatura corporal elevada por encima del resto de ocupantes como se observa en la figura 133, con un valor

máximo de 36.43°C, un valor medio de 34.46°C y un valor mínimo de 22.17°C, se establece un buen estado de confort.

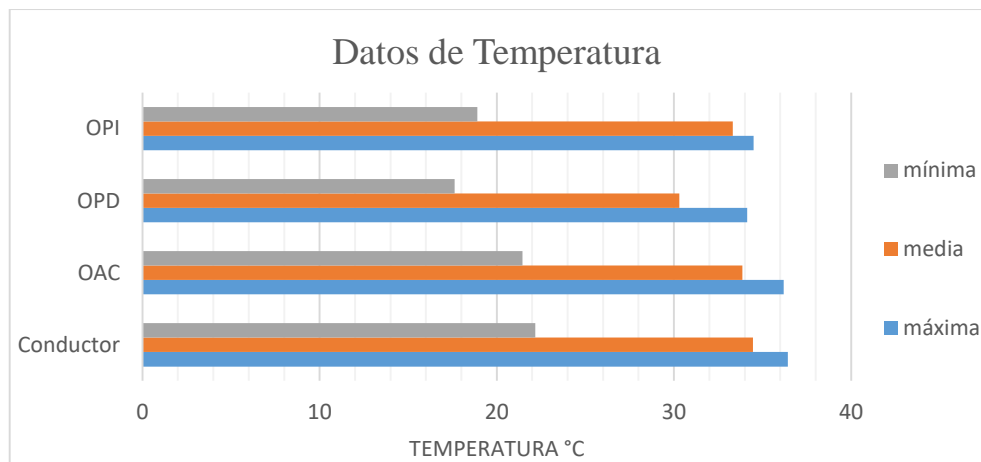


Figura 133. Temperatura Sierra en condiciones normales

4.6.2. Temperaturas corporales sector Costa con el uso del A/C.

En la figura 134, se observa el comportamiento térmico corporal de los ocupantes con el uso normal del sistema de A/C, la temperatura en este tramo al interior del habitáculo se eleva un poco con respecto al tramo de la Sierra, con una temperatura promedio de 36°C, y 20°C como mínima.



Figura 134. Termografía Costa condiciones normales

En el tramo de la Costa se puede observar una elevación de temperatura corporal del conductor como se muestra en la figura 135, con un valor máximo de 40.97°C, valor medio de 38.19°C y un valor mínimo de 30.90°C, esto indica que la temperatura corporal aumenta una variación de 2°C a 3°C con respecto al tramo de la Sierra y no se refleja cambios en sus signos vitales.

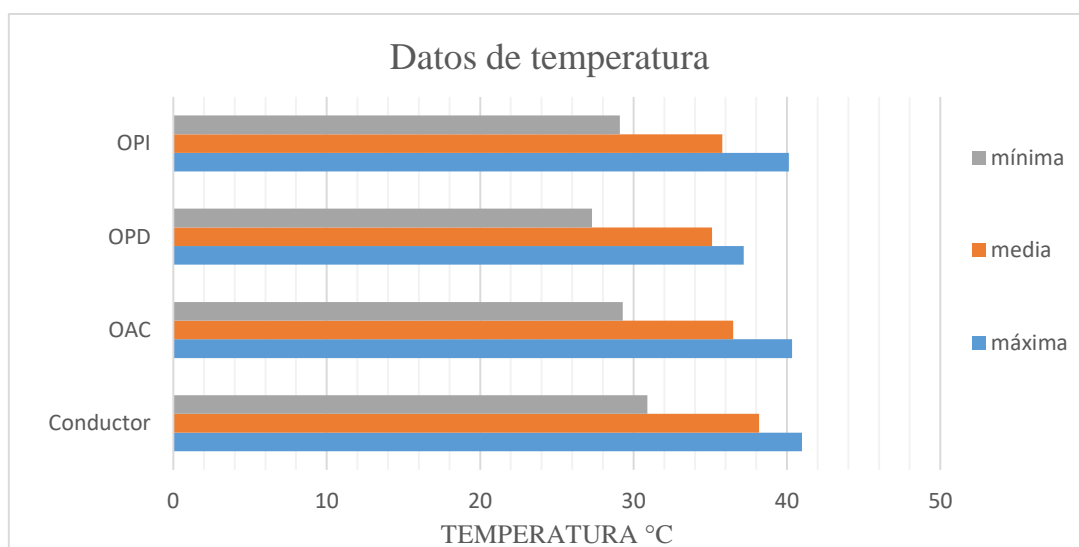


Figura 135. Temperatura Costa en condiciones normales

4.6.3. Temperaturas corporales sin el uso del A/C

En la figura 136, se puede observar el comportamiento térmico corporal de los ocupantes sin el uso del A/C, durante la prueba de conducción prolongada en la ruta de Sierra a Costa la temperatura ambiental y corporal al interior del habitáculo se eleva a medida que avanza el recorrido, se registran los valores máximos de medición en el sector de Valencia de 43°C, y la mínima alrededor de 40°C.

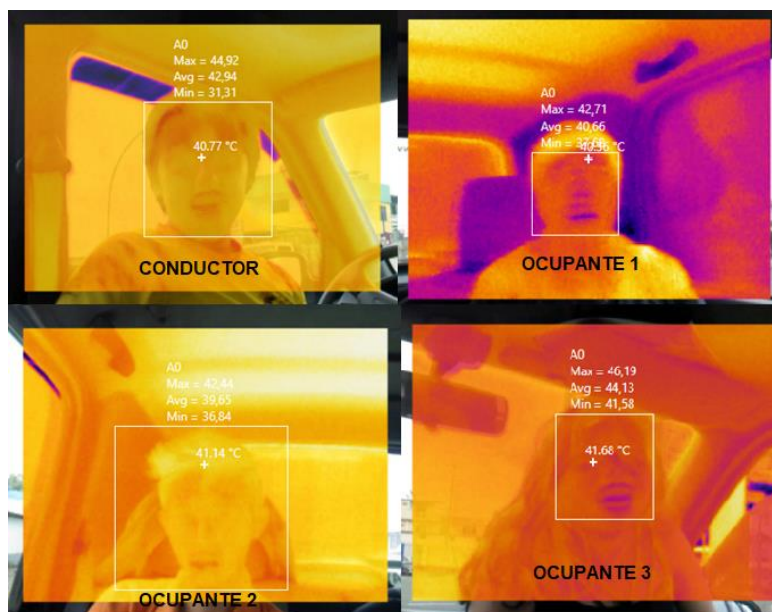


Figura 136. Termografía sin el uso del aire acondicionado.

El conductor y el ocupante que se encuentra a su lado (ODD), tienden a tener las mediciones más altas de temperatura corporal, se registró el valor máximo de 47°C perteneciente al conductor y 46.19°C a su ocupante, como se muestra en la figura 137, el aumento de la temperatura corporal con respecto a las anteriores pruebas incide en el individuo con un aumento de 5°C a 7°C, generando la variación en sus signos vitales.

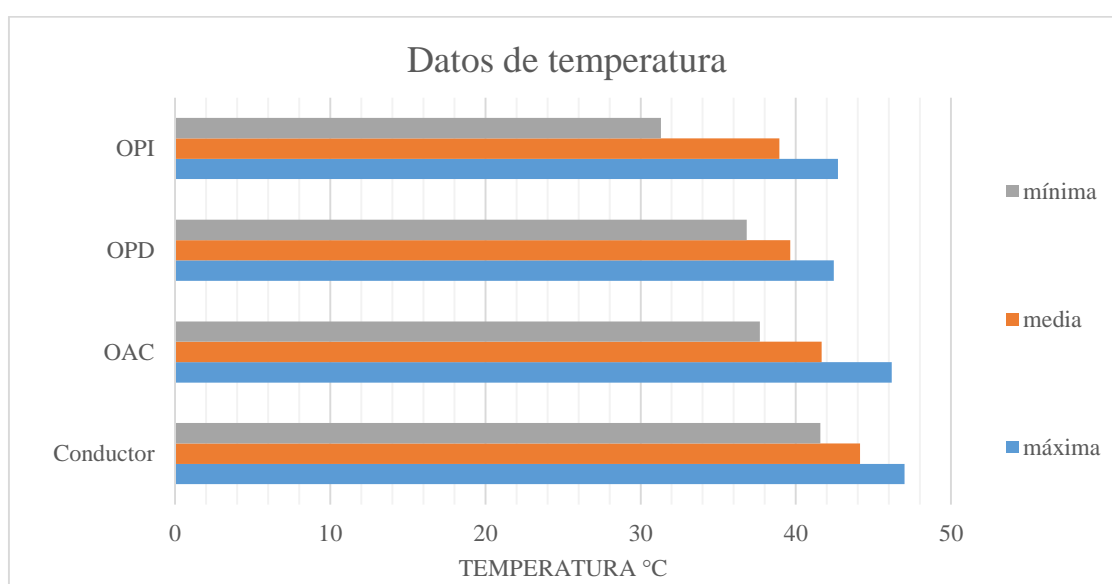


Figura 137. Temperatura sin el uso del A/C.

4.6.4. Temperaturas corporales sector Sierra con el uso adverso del sistema de A/C.

En la figura 138 se observa la temperatura del flujo de aire y el comportamiento térmico corporal de los ocupantes al interior del habitáculo con el nivel máximo de A/C, paulatinamente se avanza el recorrido de la prueba de conducción prolongada, es visible el cambio de la temperatura ambiental y la corporal del individuo, se tuvo un valor de temperatura corporal alrededor de 20°C lo que representa una reducción de 10°C a 15°C.

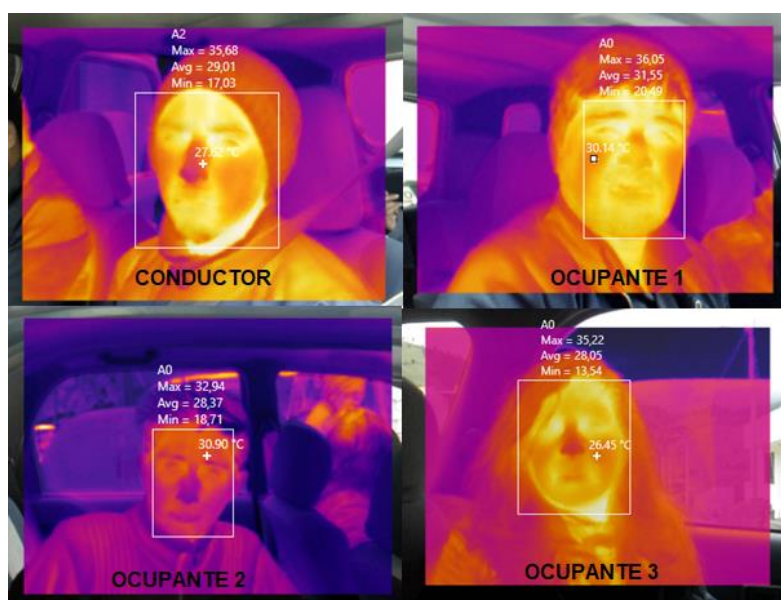


Figura 138. Termografía Sierra bajo condiciones adversas.

Durante el desarrollo de la prueba de conducción prolongada se observa al conductor y el ocupante del lado derecho (ODD) tener la temperatura corporal menor con respecto al resto de ocupantes como se muestra en la figura 139, la reducción de la temperatura con respecto a las pruebas realizadas anteriormente oscila entre 10°C a 15° e incide en el individuo, visualizando la variación de sus signos vitales

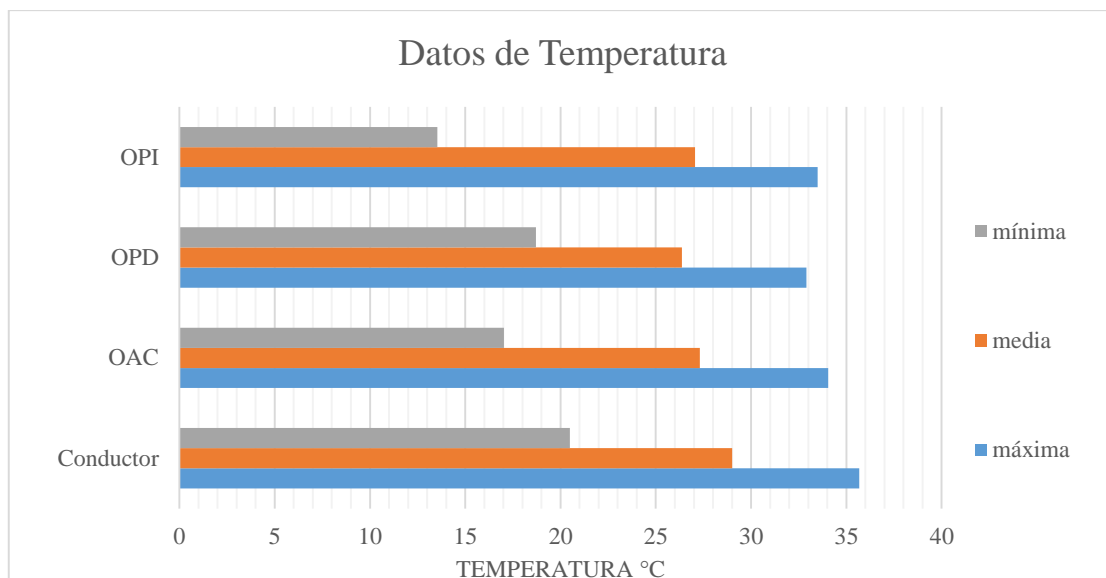


Figura 139. Temperatura Sierra en condiciones adversas.

4.6.5. Temperaturas corporales sector Costa con el uso adverso del sistema de A/C.

Para el sector de la Costa, durante la prueba de conducción prolongada, se mantuvo el nivel mínimo de aire obteniendo la variación en las mediciones realizadas, se registró el aumento entre 5°C a 7°C reflejadas en la figura 140, con respecto a las pruebas anteriores, el color amarillo azulado indica que el flujo de aire al interior del habitáculo se mezcla entre frío y caliente.

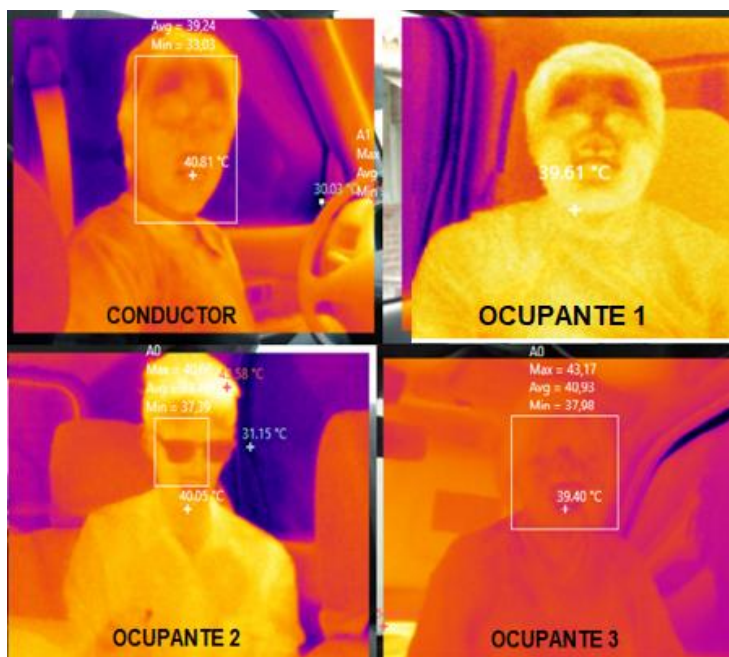


Figura 140. Termografía Costa bajo condiciones adversas.

El estado de confort con el uso mínimo de aire acondicionado en el sector de la Costa, se evidencia a través del conductor y de su ocupante (ODD), se registró la temperatura corporal del conductor de 41.12°C y 40.96°C de su ocupante, como se muestra en la figura 141, evidenciando la variación en los signos vitales con síntomas de sudoración excesiva, pulsación elevada, respiración acelerada y un estado de somnolencia.

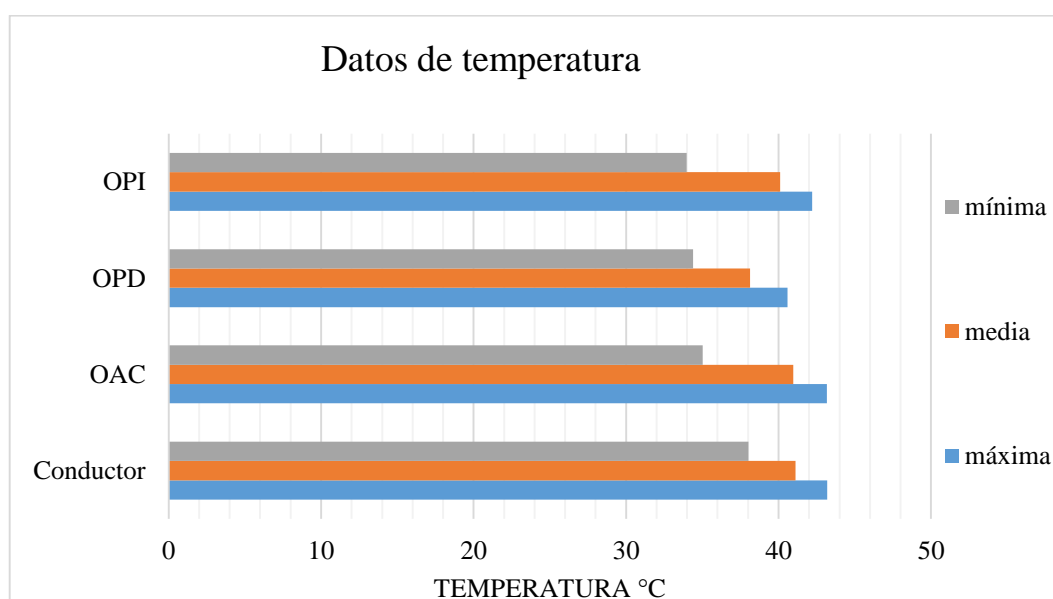


Figura 141. Temperatura Costa en condiciones adversas

De acuerdo a las mediciones termográficas obtenidas, se observa al conductor con el ocupante que se encuentra al lado derecho (ODD) que registraron mayor aumento de temperatura corporal durante la prueba de conducción prolongada bajo diferentes condiciones del uso de A/C, en los distintos tramos establecidos como se muestra en la figura 142.

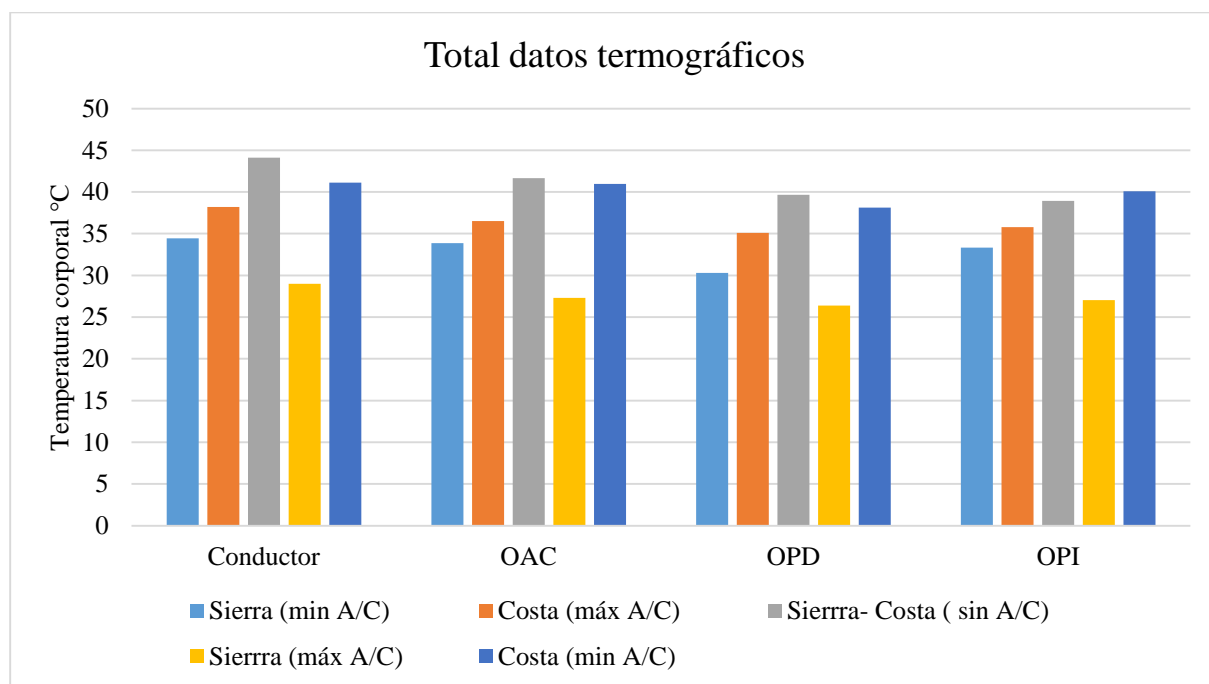


Figura 142. Temperatura entre Sierra – Costa

4.7. Análisis de presión, velocidad, temperatura y caudal de aire.

Las pruebas de flujo de aire se realizaron en condiciones estáticas y dinámicas en el habitáculo del vehículo Toyota Prius, cuenta con 4 trampillas de aire, las cuales se dividen en dos laterales y dos centrales como se muestra en la figura 143, se registró mediciones de velocidad, presión, y volumen de aire, se consideró la normativa NTP 243 que establece rangos de operación del flujo de aire y velocidad en lugares cerrados.



Figura 143. Trampillas de aire del Toyota Prius.

4.7.1. Presión de aire en el sistema de A/C.

En la figura 144, se observa el comportamiento de la presión de aire de acuerdo a los niveles seleccionados a través del amplificador de A/C, indica que, a menor salida de aire la presión es de 0 pascales, al aumentar el nivel de aire alcanza los 14 pascales, las mediciones de las presiones en las trampillas centrales son diferentes a las trampillas laterales.

Se evidencia que, la presión de aire en los dos primeros niveles tiene un valor de 0 pascales en las trampillas laterales y centrales, produciendo que la recirculación de aire al interior del habitáculo no sea correcta incidiendo en los ocupantes sin afectar sus signos vitales.

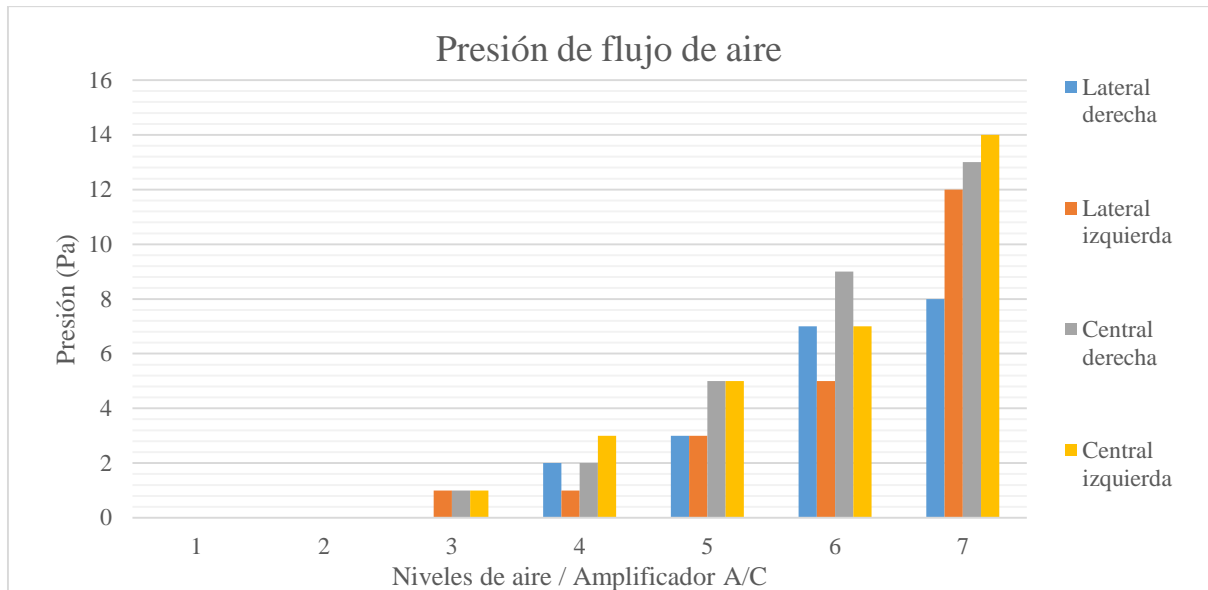


Figura 144. Presión de flujo de aire.

Se observa el comportamiento del aire a diferentes velocidades del soplador en la figura 145, el consumo del compresor eléctrico y la presión de aire, registra el valor de 400W de consumo de potencia del compresor de A/C en el nivel mínimo, paulatinamente el nivel continúa elevándose el consumo y presión de aire son mayores.

Se evidencia que la presión de aire, ingresa de manera uniforme al habitáculo determinando la incidencia de forma leve a los ocupantes sin tener variación en los signos vitales.

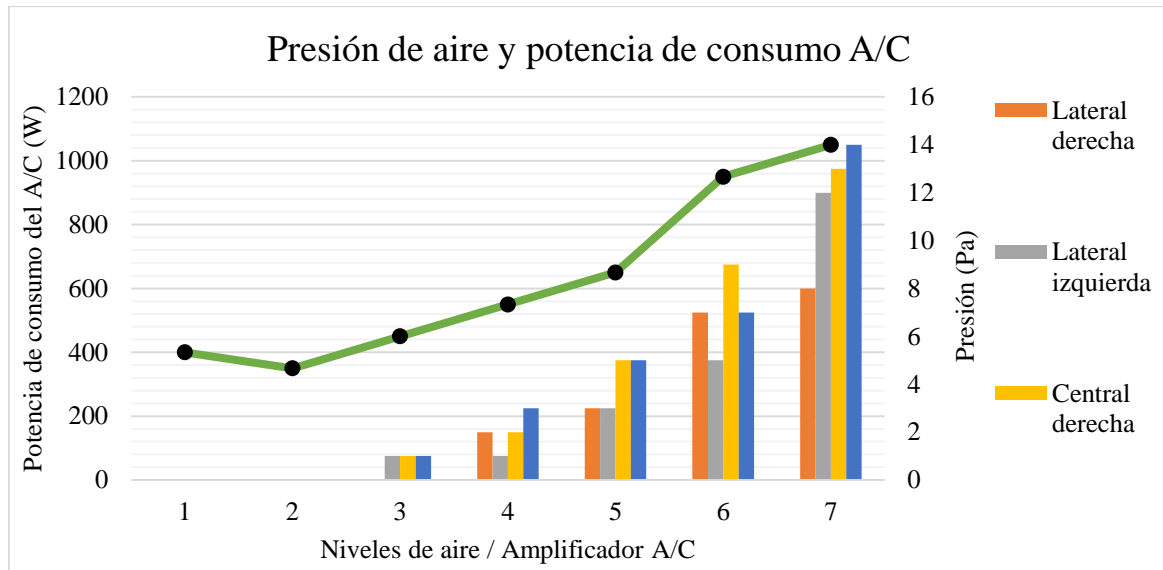


Figura 145. Presión de flujo de aire y potencia de consumo del compresor A/C.

Se muestra la figura 146 el comportamiento del aire a diferentes velocidades del soplador, presión y temperatura, se evidencia que el flujo de aire es mínimo con una temperatura entre 14°C a 17°C, la presión del sistema aumenta y la temperatura de flujo de aire disminuye hasta los 3°C.

Se verifica que la cantidad y temperatura de aire, incide en los ocupantes de manera directa cuando seleccionamos el nivel máximo por una duración de tiempo prolongada en condiciones climatológicas adversas provocando la variación en los signos vitales.

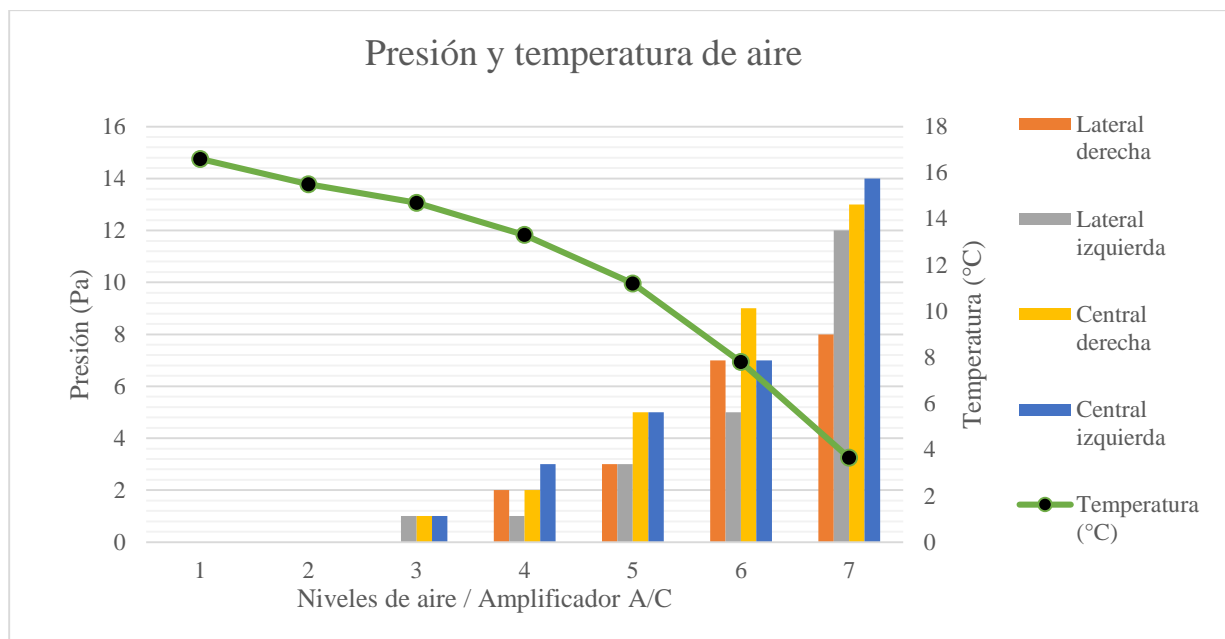


Figura 146. Presión y temperatura de aire.

En la figura 147, se observa las curvas de comportamiento entre la potencia de consumo del compresor eléctrico de A/C y la presión, se obtuvo un valor de 15 pascales que representa la presión de aire máxima que sale a través de las trampillas centrales y un valor mínimo de 8 pascales en las laterales. Se verifica que, a mayor cantidad de flujo de aire, incide de forma rápida en los ocupantes, teniendo cambios en los signos vitales.

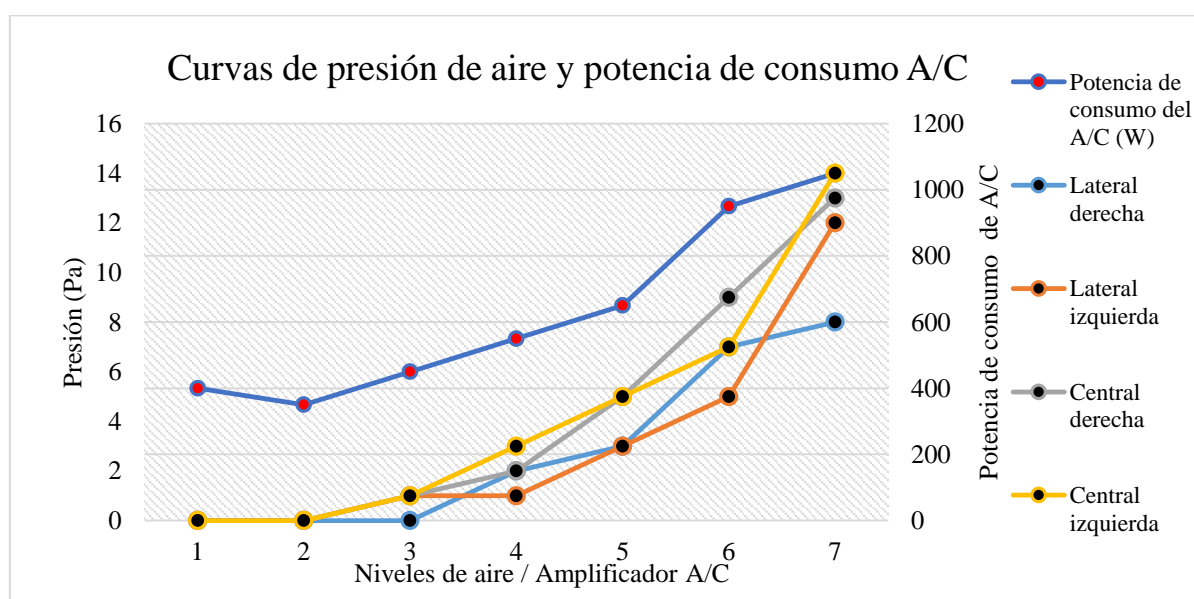


Figura 147. Curvas de presión y potencia de consumo del A/C.

4.7.2. Velocidad de aire en el sistema de A/C

En la figura 148, se observa el comportamiento en los diferentes niveles del soplador con la velocidad de aire, se determina que la cantidad de aire que ingresa al interior del habitáculo es menor con un valor de $1 \frac{m}{s}$, paulatinamente vaya elevándose el nivel de aire, la velocidad llega a un valor máximo de $6 \frac{m}{s}$, se verifica que la variación de aire se maneja en base a la capacidad del soplador del sistema de A/C.

Al usar el sistema de A/C de forma continua en el nivel máximo de aire, la velocidad de aire incide de manera directa en el individuo, provocando la variación rápida de los signos vitales.

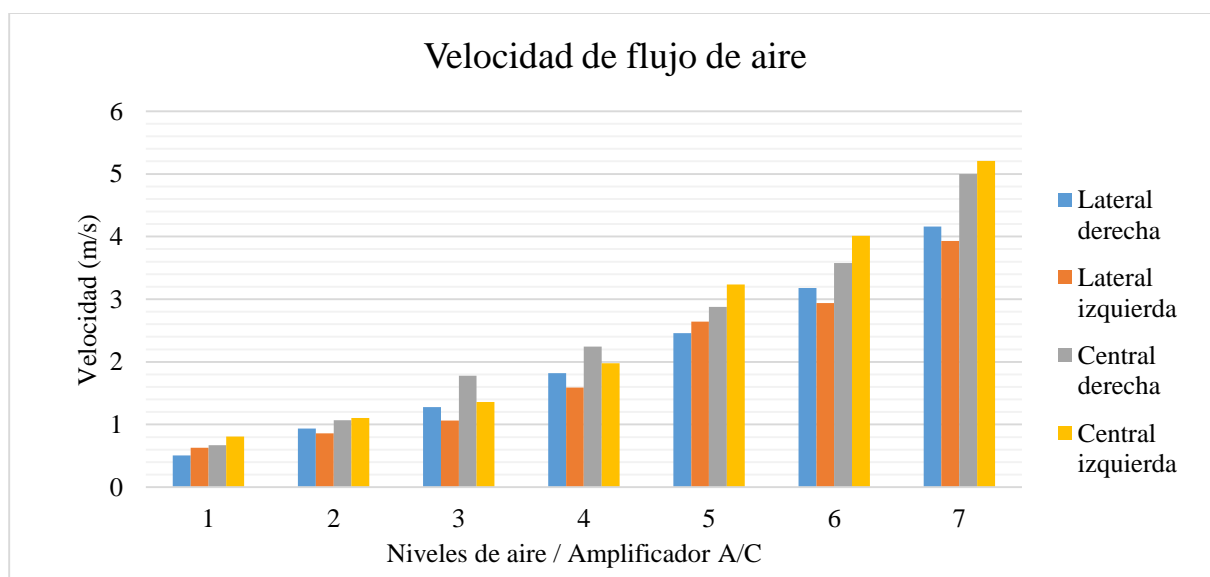


Figura 148. Velocidad del flujo de aire.

Durante las pruebas de velocidad de aire se identifica el consumo de potencia del compresor de A/C como se muestra en la figura 149, se obtuvo valores de medición similares a la prueba de presión de aire, se demuestra que incide de manera directa en el individuo de acuerdo a la cantidad de aire que ingrese al habitáculo generando cambios en los signos vitales a través de la variación de temperatura corporal.

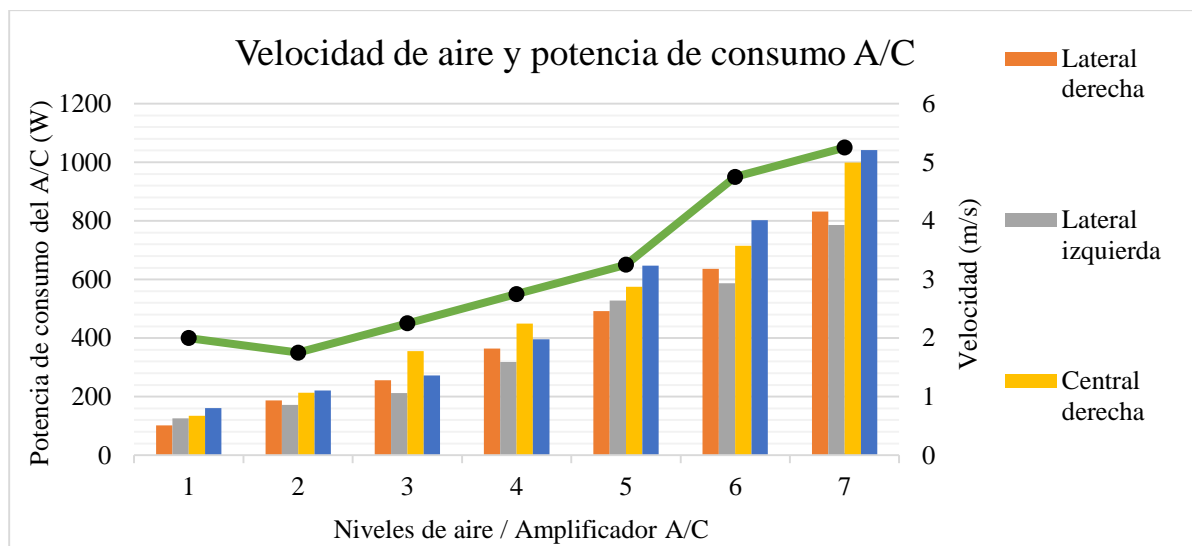


Figura 149. Velocidad de aire y potencia de consumo del A/C.

En la figura 150, se observa el comportamiento de la temperatura con respecto a la velocidad de aire, se obtuvo valores entre los 14 a 17°C en el nivel mínimo del soplador, cuando elevamos la velocidad al máximo la temperatura que ingresa al interior del habitáculo está cerca a los 0°C. Se determina que al usar de manera continua el sistema de climatización, la temperatura de aire, caliente o fría en cualquier nivel del soplador incide de forma directa en el individuo, generando cambios en los signos vitales provocando malestar en el cuerpo.

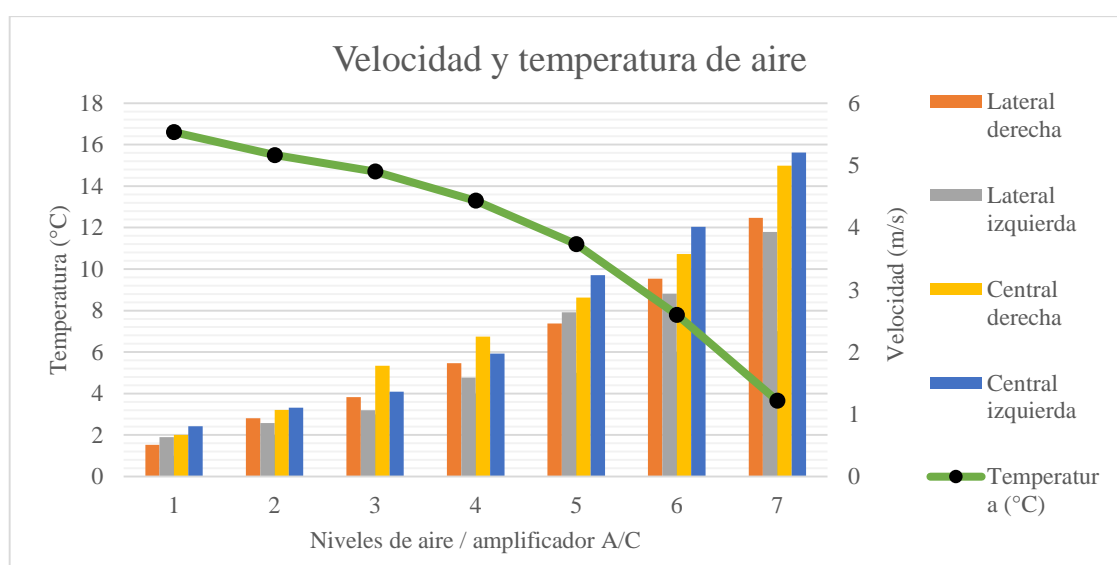


Figura 150. Velocidad y temperatura de aire.

Se determina que la variación en la velocidad de aire genera el consumo del compresor de A/C, se observa curvas que indican el comportamiento y la variación de acuerdo al nivel del soplador. Al seleccionar el nivel mínimo la cantidad de salida de aire en todas las trampillas estarán por debajo de $1\frac{m}{s}$, paulatinamente aumente la velocidad, la temperatura disminuye.

La variación de la velocidad de aire genera consumo de potencia en el compresor de A/C, las curvas indican el comportamiento y la variación de acuerdo al nivel del soplador como se muestra en la figura 151, se verifica un buen estado de confort cuando se utiliza el nivel mínimo del soplador, paulatinamente se eleve la velocidad de aire en condiciones adversas afecta de manera más rápida al individuo teniendo cambios en la medición de signos vitales.

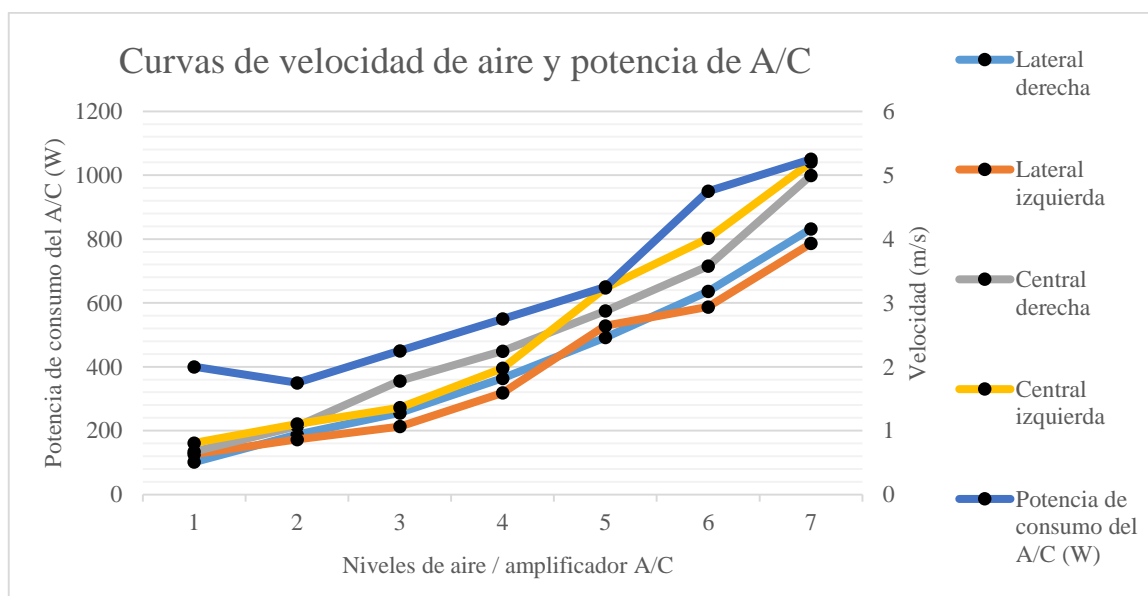


Figura 151. Curva de velocidad de aire y potencia del A/C.

4.7.3. Volumen de aire en el sistema de A/C.

El comportamiento del caudal de aire se observa en la figura 152, se determina que las trampillas centrales debido a su forma tienen un flujo laminar menor con una diferencia de

$10 \frac{m^3}{h}$ con respecto a las trampillas laterales, se verifico que el volumen de aire en las trampillas centrales llega a $5 \frac{m^3}{h}$ y en las laterales a $0 \frac{m^3}{h}$, paulatinamente se eleva el nivel de aire las trampillas centrales disminuyen su volumen llegando a $35 \frac{m^3}{h}$ en su máximo nivel, y las trampillas laterales suben a $45 \frac{m^3}{h}$ en su máximo nivel.

El caudal de aire al igual que la velocidad afectan de manera directa al individuo, cuando se utiliza desprolijamente el sistema de A/C, generando un estado inadecuado de confort, debido al volumen de aire que ingresa al habitáculo.

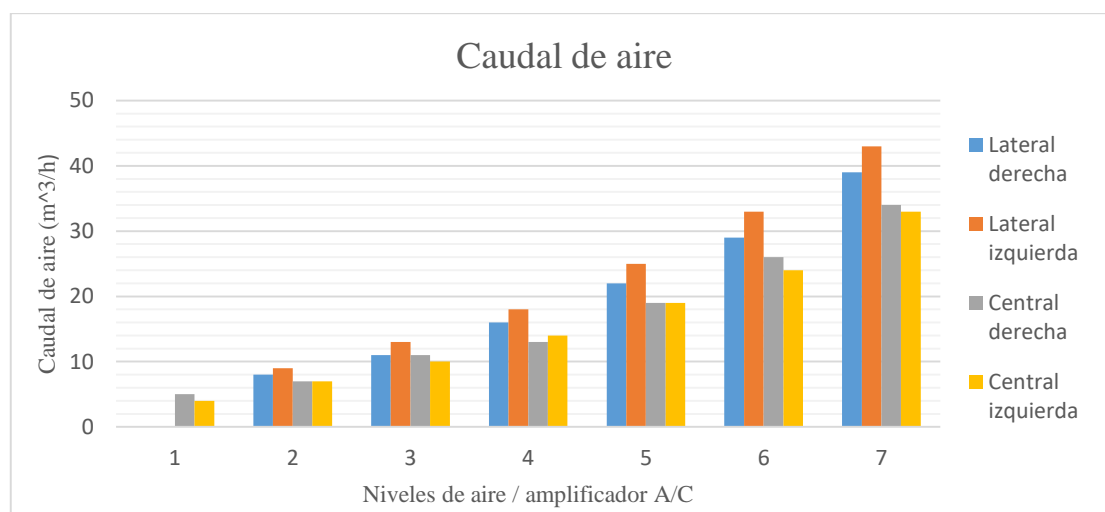


Figura 152. Caudal del flujo de aire.

El volumen de aire que ingresa al interior del habitáculo a través de las trampillas determina el funcionamiento del compresor de A/C y la variación a partir del segundo nivel como se refleja en la figura 153, se verifica que las trampillas centrales tienen un flujo volumétrico mayor en el primer nivel, y en el segundo nivel las trampillas laterales ascienden a los $10 \frac{m^3}{h}$.

Al tener una variación mayor en el volumen de aire en condiciones climáticas adversas, incide directamente al individuo aumentando o disminuyendo su temperatura corporal, desarrollando un confort inadecuado al interior del habitáculo.

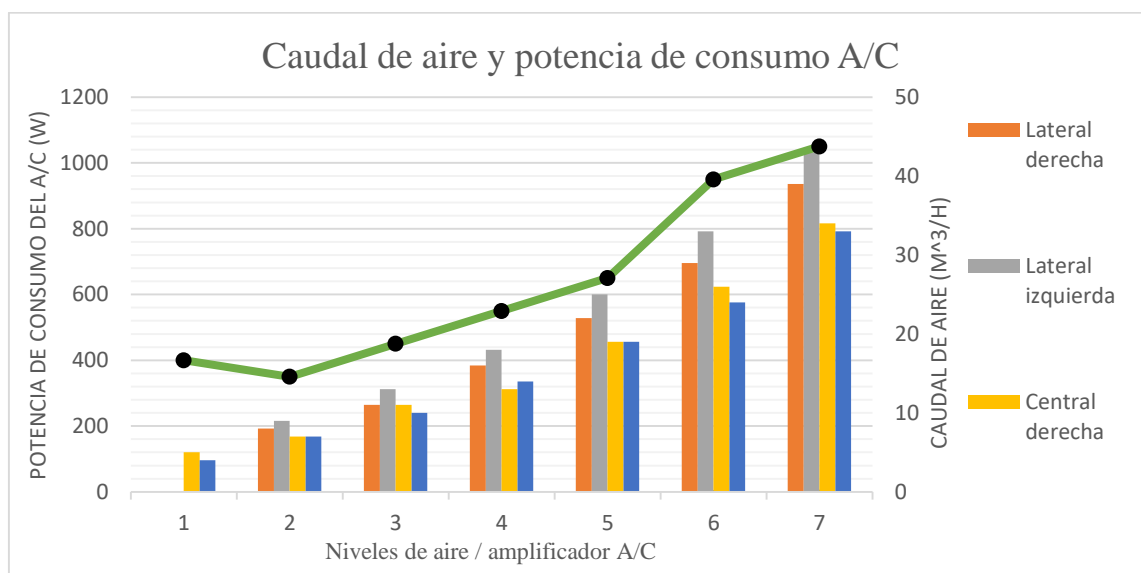


Figura 153. Caudal de aire y potencia de consumo del A/C.

En la figura 154, se verifica que a medida que asciende los niveles del soplador, el volumen de aire se incrementa y la temperatura disminuye. Se determina que el caudal de aire que ingresa al habitáculo con temperatura caliente o fría incide directamente al individuo cuando se utiliza el nivel máximo del soplador de forma prolongada en condiciones climáticas distintas, se obtiene una variación en los signos vitales desarrollando un estado de confort inadecuado.

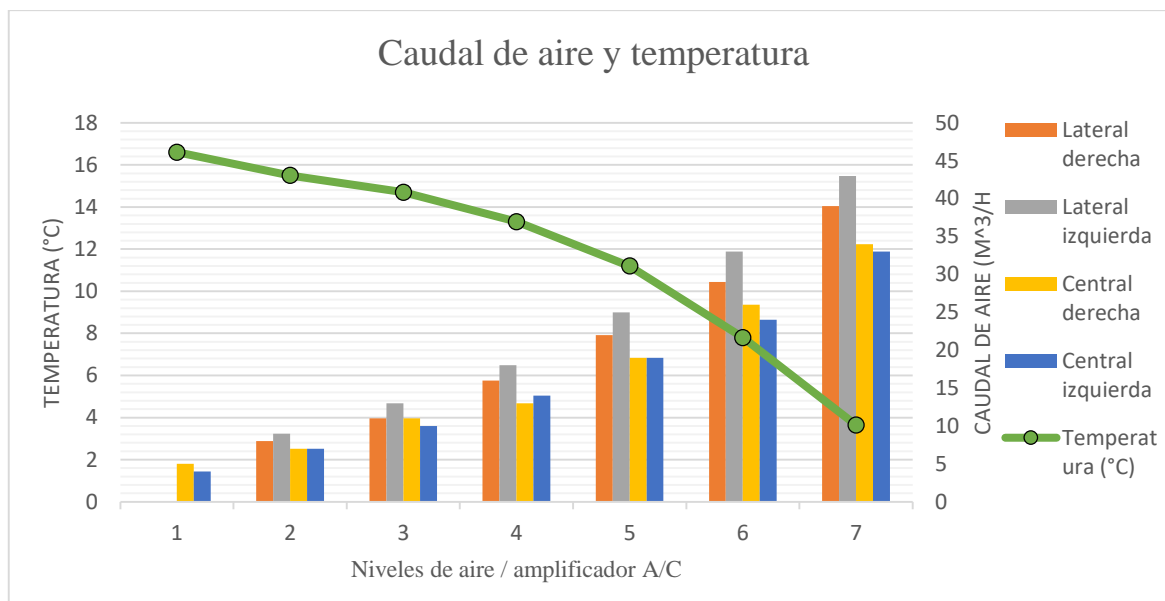


Figura 154. Caudal de aire y temperatura.

Se verifica que la variación en el volumen de aire a medida que aumenta el nivel, es mayor como se muestra en la figura 155, cuando se selecciona el nivel mínimo de aire, ingresa con fuerza al centro del habitáculo, paulatinamente se eleva el nivel de aire las trampillas centrales disminuyen llegando a $30 \frac{m^3}{h}$, a diferencia de las trampillas laterales que llegan a un valor de $45 \frac{m^3}{h}$.

La curva representada determina el nivel de confort cuando se utiliza el nivel mínimo medio y máximo del amplificador, incidiendo directamente al individuo afectando sus signos vitales.

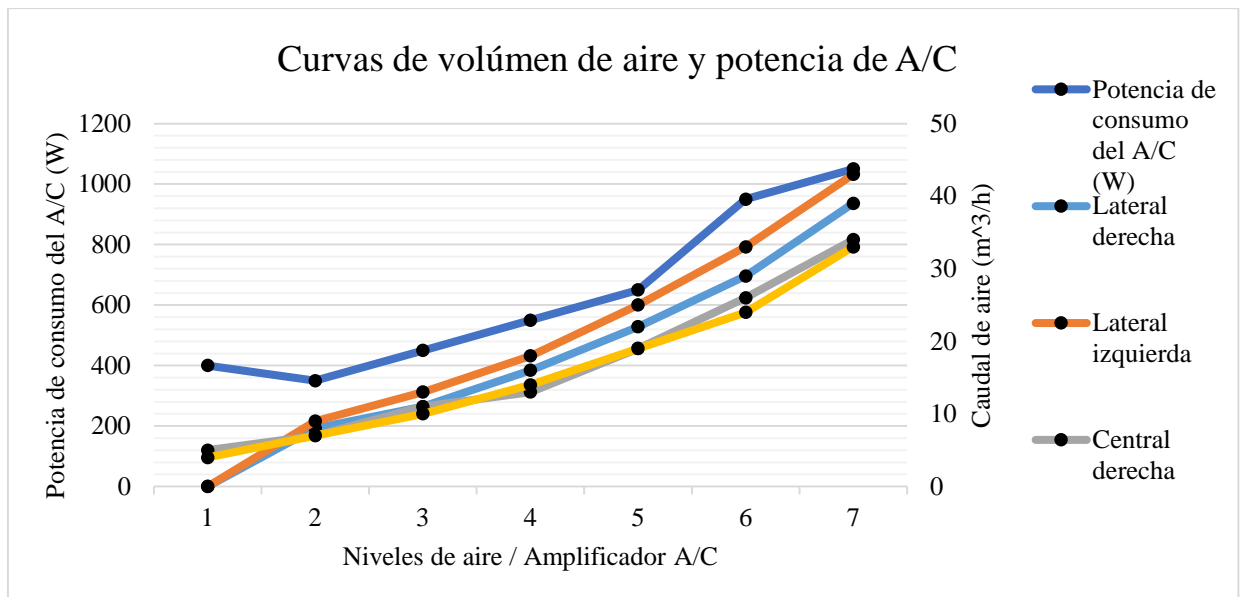


Figura 155. Curvas de volumen de aire y potencia de A/C

4.8. Análisis sensores sistema hibrido.

4.8.1. Sensor de temperatura ambiental.

En la figura 156, se observa el comportamiento del sensor ambiental, donde se visualiza una línea completamente recta que representa la temperatura exterior del vehículo, la cual no tiene variación en la gráfica manteniéndose a una temperatura de 17°C, paulatinamente se vaya realizando las pruebas dinámicas y estáticas el valor de medición no tendrá cambio, a menos que exista una variación en el ambiente.

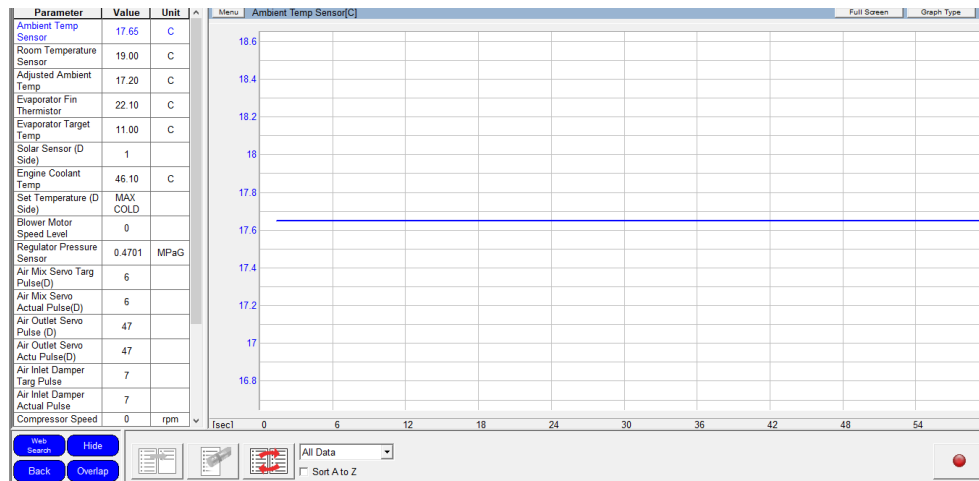


Figura 156. Comportamiento del sensor de temperatura ambiental

4.8.2. Sensor de temperatura interna (habitáculo)

En la figura 157, se observa la conducta del sensor de temperatura interior, se visualiza la variación al interior del habitáculo, la temperatura sin el uso del sistema de aire acondicionado se encuentra alrededor de 19°C y a medida que continúe elevándose el nivel del aire tendremos un valor de $19,3^{\circ}\text{C}$, el valor obtenido no es tan elevado en el máximo nivel debido a la temperatura de aire que ingresa al interior del habitáculo se encuentra entre 0°C y 16°C .

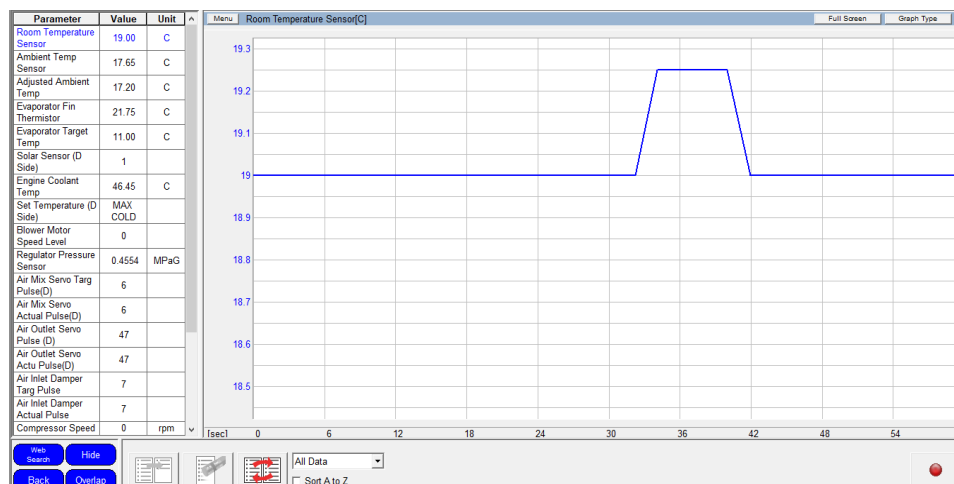


Figura 157. Comportamiento del sensor de temperatura en el habitáculo

4.8.3. Sensor de temperatura del evaporador.

En la presente figura 158, se puede visualizar el comportamiento del sensor de temperatura del evaporador de acuerdo a la variación en los niveles de salida de aire, la temperatura inicial se encuentra alrededor de 21.7°C cuando se selecciona el nivel mínimo de aire, paulatinamente exista una elevación en el climatizador, la temperatura del evaporador llega hasta 22.5°C. El rango de operación del sensor se encuentra en -29.7°C a 59.55°C, se evidencia que el sensor opera de manera adecuada.

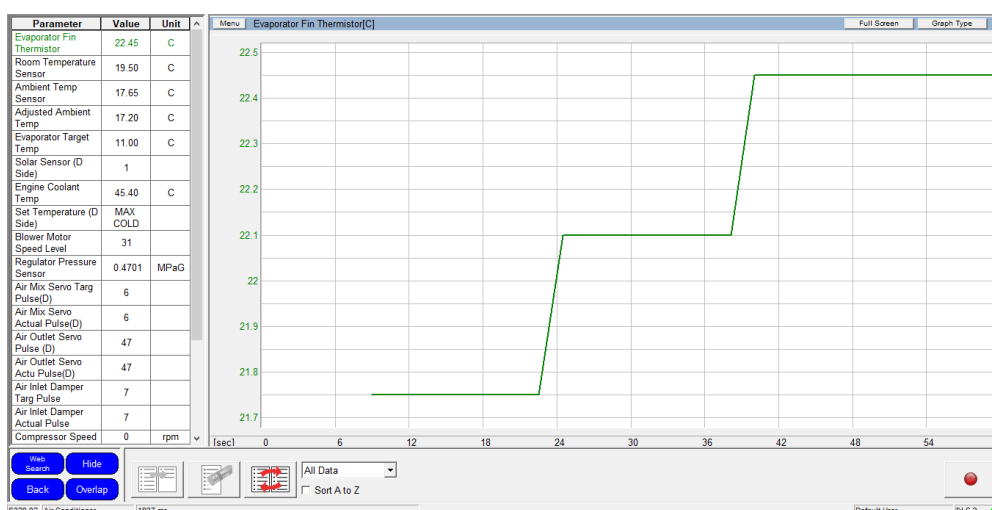


Figura 158. Funcionamiento del sensor de temperatura del evaporador.

4.8.4. Sensor de presión.

En la figura 159, se puede observar el comportamiento del sensor de presión del sistema de aire acondicionado, al momento de encender el climatizador existe una variación bajo los 87.4 psi y una elevación hasta los 90 psi, proceso en el cual el sensor debe alcanzar la estabilidad de la presión, se puede ver el comportamiento estable de operación mediante los valores que oscilan entre los 87.4psi a 89psi. El comportamiento es uniforme debido a la estructura del sensor de tipo piezoeléctrico y a los niveles de presión.

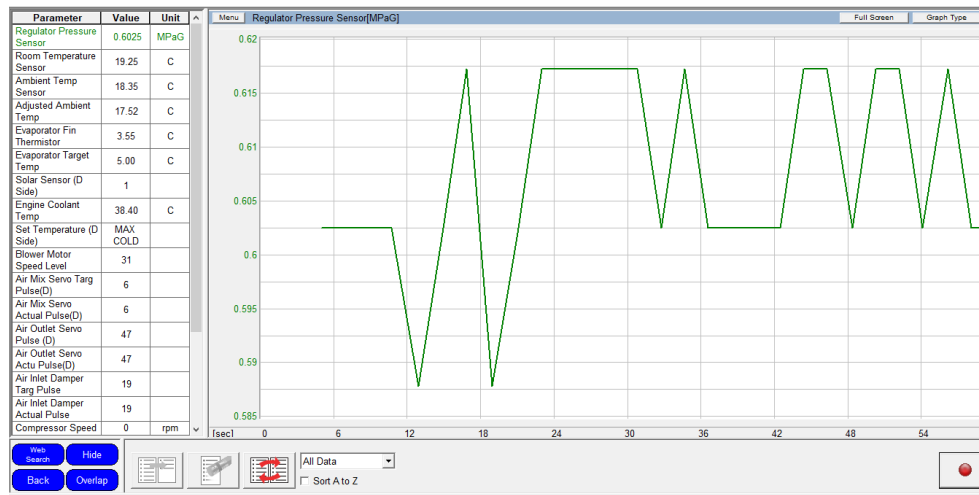


Figura 159. Funcionamiento del sensor de presión.

4.8.5. Sensor de temperatura del refrigerante

El comportamiento del sensor de temperatura de refrigerante del motor, permite tener los niveles de calor seleccionados a través del amplificador de A/C, como se muestra en la figura 160, cuando se selecciona el nivel mínimo de calor la temperatura es menor, y al seleccionar el nivel máximo de calor la temperatura es mayor. El sensor indica una temperatura de refrigerante del motor alrededor de 58°C, mientras exista una elevación la temperatura puede llegar a los 70°C.

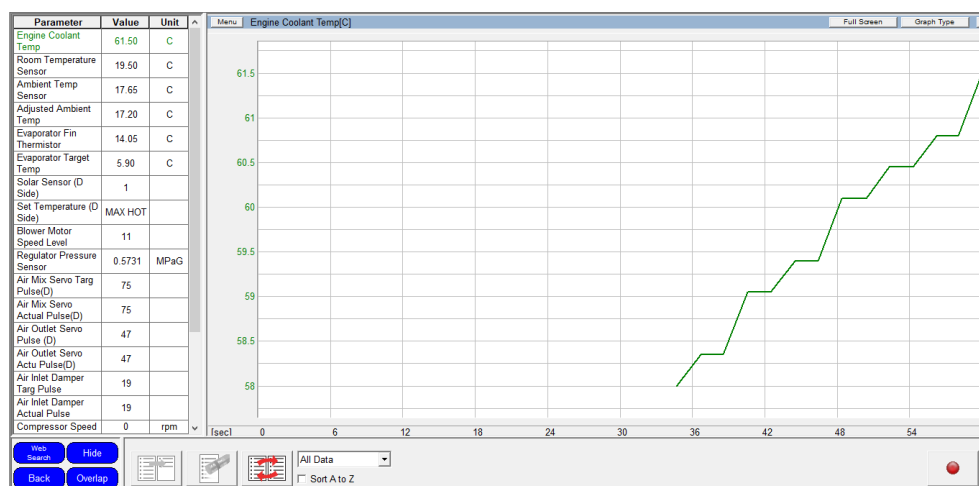


Figura 160. Funcionamiento del sensor de temperatura de refrigerante.

4.8.6. Sensor solar.

El sensor indica los niveles de luminosidad del ambiente a la que se encuentra sometido el vehículo, la estabilidad del sensor varía entre 0 y 1 hasta alcanzar el nivel real de luminosidad como se indica en la figura 161, el trabajo del sensor solar es similar al sensor de temperatura ambiental, los dos sensores dependen del ambiente.

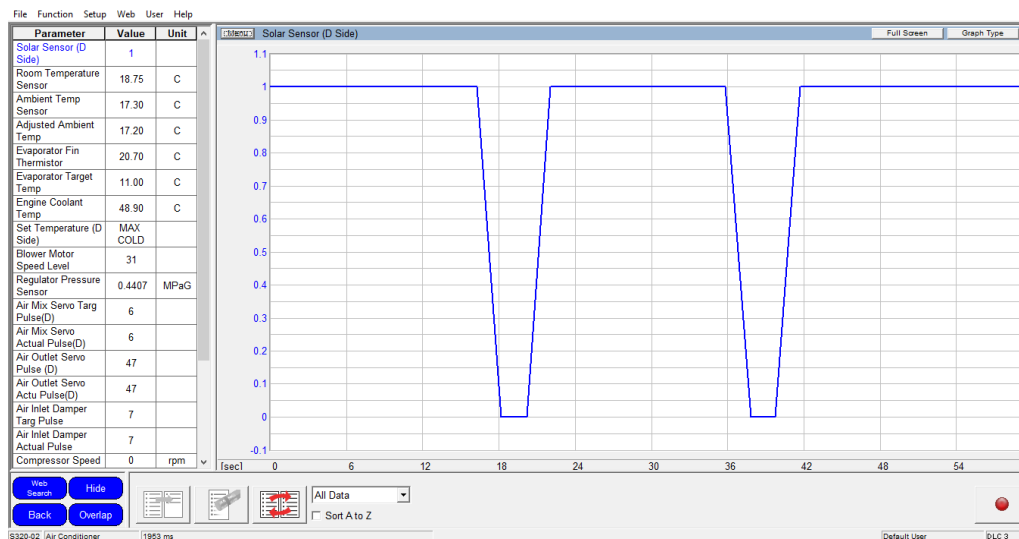


Figura 161. Funcionamiento del sensor solar.

4.9. Análisis actuadores del sistema de A/C del sistema híbrido.

4.9.1. Servomotor de salida de aire

El servomotor de salida de aire toma valores de nivel, de acuerdo a la selección del modo de operación del amplificador de A/C, el ingreso de aire puede ser directo a la cara, pies y cara, desempañador, pies y desempañador, como se observa en la figura 162.



Figura 162. Selección modo amplificador directo al rostro

Se verifica el rango de operación del servomotor, mediante la selección del modo de salida de aire con dirección al rostro a través del amplificador de A/C, obteniendo el valor de 47, el mismo que se encuentra en los parámetros de funcionamiento.

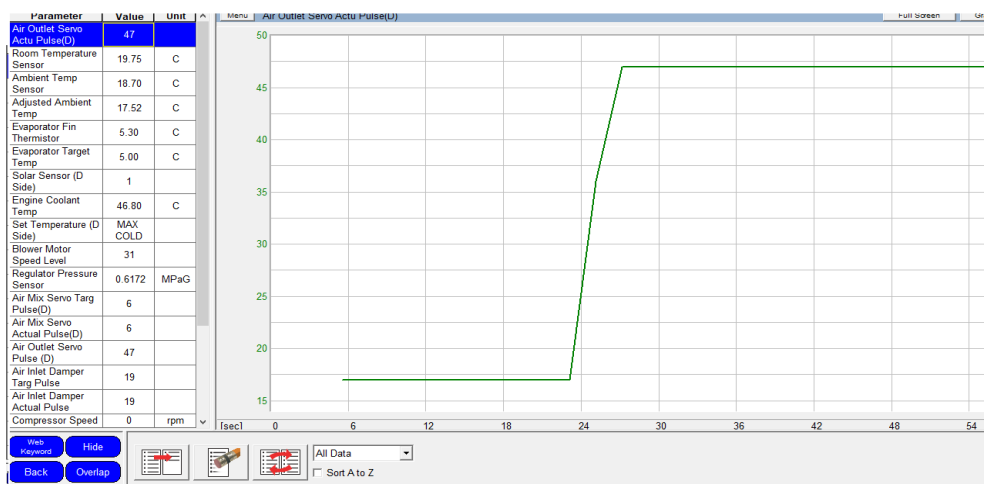


Figura 163. Funcionamiento del servomotor de salida de aire.

4.9.2. Servomotor de entrada de aire.

El funcionamiento del servomotor de entrada de aire toma valores de nivel entre 0 a 255, los valores aparecen de acuerdo al modo de selección del amplificador de A/C como se observa en la figura 164, se verifica la existencia de circulación de aire.



Figura 164. Selección modo amplificador temperatura baja

En la figura 165 se observa el comportamiento del servomotor en tiempo real, en el modo de recirculación de aire se tiene un valor de 19, un valor de 19 en el modo de recirculación de aire, mientras en el modo fresco se tiene un valor de 7.

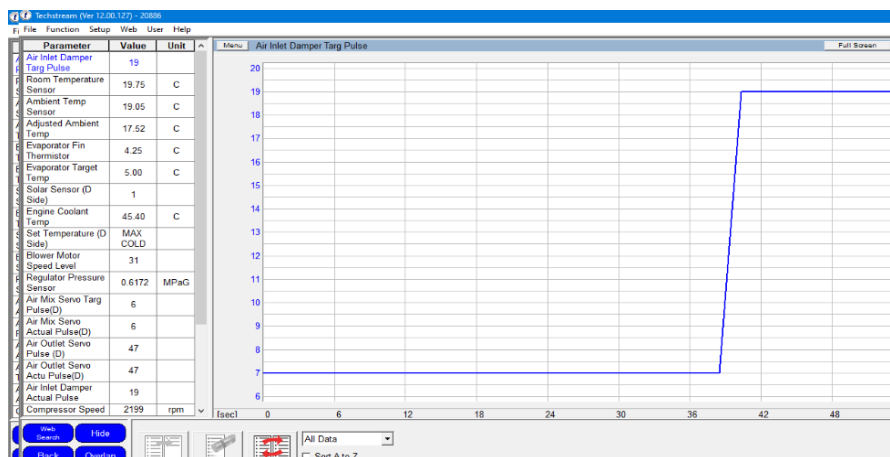


Figura 165. Funcionamiento del servomotor de entrada de aire.

4.9.3. Servomotor mezclador de aire.

El servomotor de mezcla de aire trabaja de forma similar al servomotor de entrada de aire mediante un rango de operación de 0 a $255 \frac{\text{pulsos}}{\text{minuto}}$, se verifica que el sistema de climatización trabaja con el servomotor cuando existe el cambio de temperatura caliente a fría o viceversa.



Figura 166. Selección cambio de frío a caliente

Se observa en la figura 167 el comportamiento del servomotor de mezcla de aire con un valor de 93, que representa el cambio en el sistema de climatización de frío a caliente, se comprueba que al realizar el cambio de caliente al máximo frío se obtiene el valor de 6.

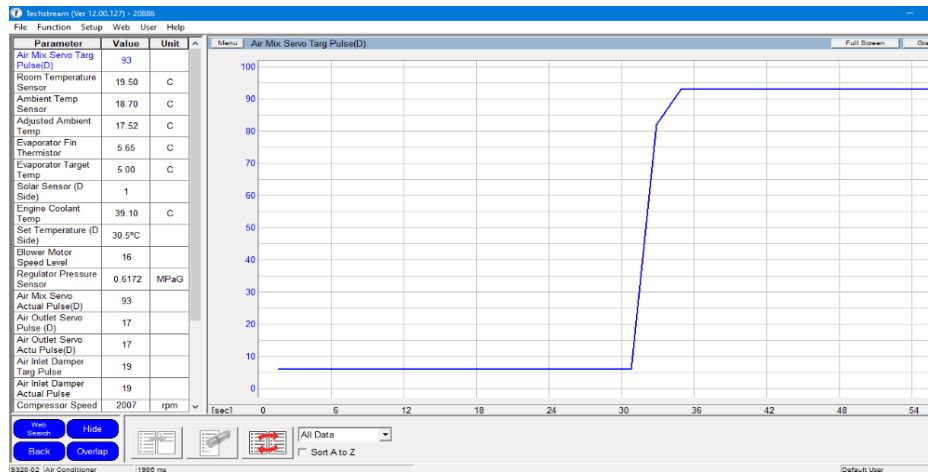


Figura 167. Funcionamiento del servomotor de mezcla de aire.

4.9.4. Análisis en las pruebas estáticas del compresor del A/C.

Al estar el vehículo apagado con el sistema de A/C encendido, se puede tener un consumo de potencia excesiva del compresor de A/C al momento de encender el vehículo generando la gráfica que se puede ver en la figura 168, el compresor al ser de tipo eléctrico tiene un diseño de arranque, de acuerdo a la potencia de consumo, con un valor de 1400W a 1500W durante un periodo corto aproximado de 8 segundos, generando una mayor descarga en la batería híbrida.

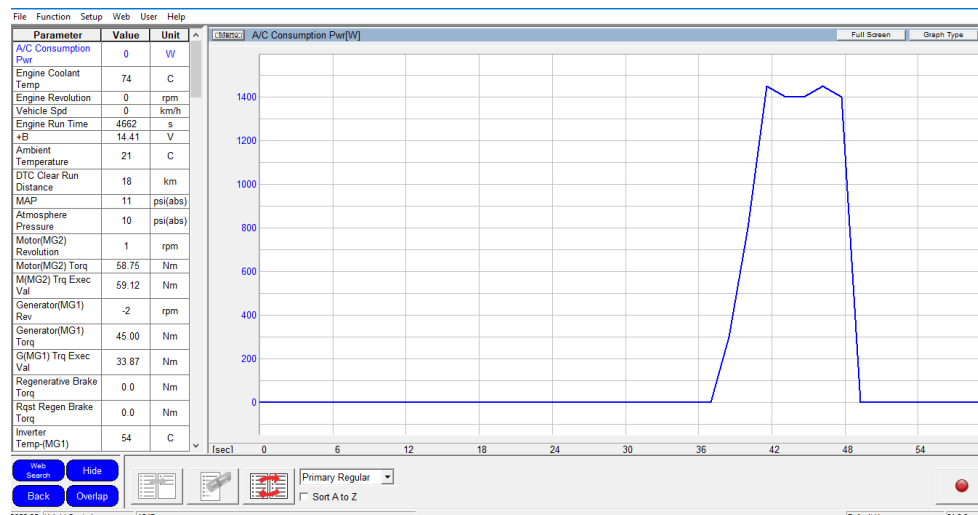


Figura 168. Compresor en condiciones estáticas.

Cuando tenemos encendido el vehículo en condición estática, y se procede a encender el A/C durante un periodo indeterminado, el consumo de potencia está en el rango de 300W a 400W, al apagar el sistema de A/C con el vehículo encendido durante un tiempo de 20 segundos o más no tendremos consumo en el compresor, al encender nuevamente el A/C se puede observar en la figura 169, el consumo de potencia del compresor en forma gráfica obteniendo valores de 1000W a 1200W, generando una mayor descarga en la batería híbrida.

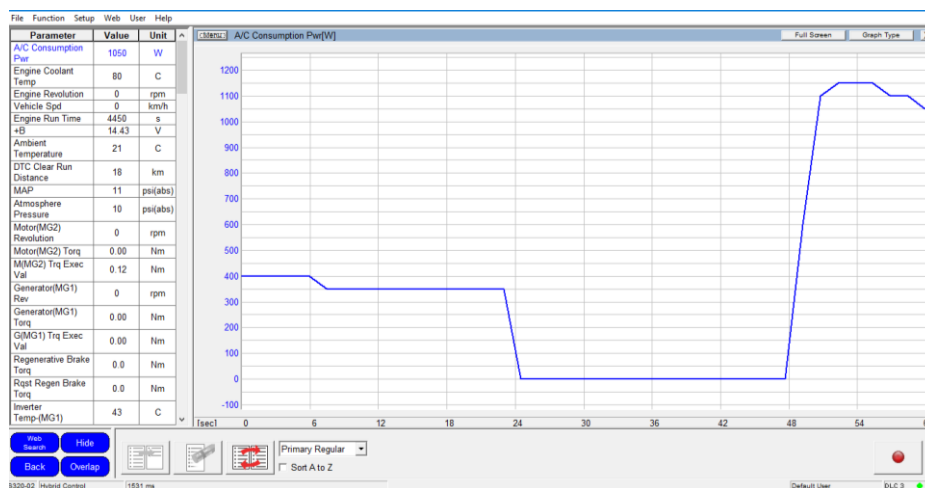


Figura 169. Consumo del compresor en condiciones estáticas.

4.9.5. Análisis en las pruebas dinámicas del compresor del A/C.

Para la prueba de consumo de potencia del compresor de A/C en condiciones dinámicas, el compresor eléctrico no tiene un consumo elevado como se visualiza en la figura 170, al realizar la conducción del vehículo se observa bajones de energía de 50W durante un corto periodo de tiempo permaneciendo estable en rangos de 400W a 500W, la generación de potencia para el compresor es suficiente debido a la recarga constante de la batería híbrida mientras se conduce no sufre ninguna descarga.

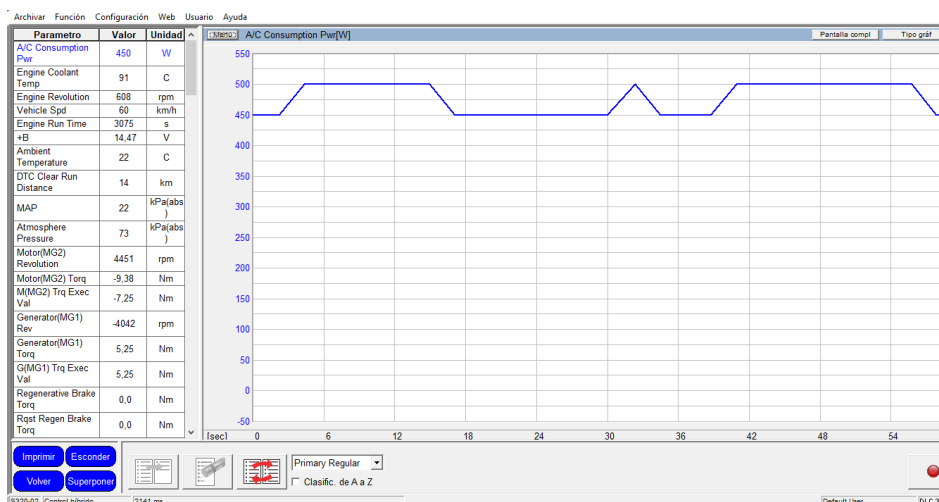


Figura 170. Compresor en condiciones dinámicas.

En la figura 171, se observa el comportamiento de consumo del compresor de A/C en condiciones dinámicas visualizando la variación constante de 50W, al realizar el cambio de nivel a través del amplificador de A/C se puede ver que el consumo de potencia baja a 0W durante un corto periodo de tiempo y nuevamente sube el consumo hasta los 300W, no existe una elevación excesiva debido a la recarga continua de la batería híbrida.

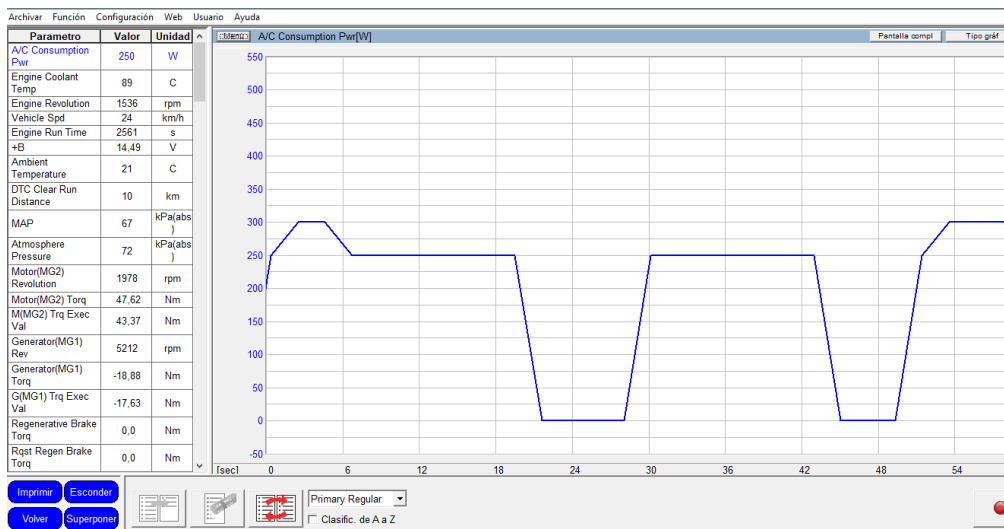


Figura 171. Consumo del compresor en condiciones dinámicas.

4.10. Análisis de datos y su incidencia en el confort.

4.10.1. Incidencia del sistema A/C en el confort

Para el análisis del confort dentro del habitáculo en pruebas de conducción prolongada se consideró las normas NTP 322 y 074, estas normas ayudan a conocer el estrés al que está expuesto el individuo y la valoración del confort del habitáculo mediante los índices WBGT y el IVM.

Se analizó el consumo energético de cada individuo mediante la norma NTP 1011, dando como resultado que el conductor es el que presenta mayor consumo energético durante todas las pruebas, seguido del ocupante delantero derecho el cual tiene diferentes funciones dentro del habitáculo por lo que su consumo comparado con los ocupantes posteriores es mayor a un 16%.

El índice de estrés térmico en condiciones adversas es 5% mayor al índice sin aire acondicionado; comparado con el índice en condiciones normales es mayor en un 25%.

El porcentaje de insatisfacción en el habitáculo en la región Costa en condiciones normales varía del 5% al 20%, mientras que en condiciones adversas varía del 60% al 80% y sin aire acondicionado es de un 80%.

El nivel de estrés térmico de la tabla 55 nos permite evaluar a los niveles de sobrecalentamiento del habitáculo mediante un código de colores, en este estudio se presenta un nivel alto de estrés en la ciudad de Valencia en la que los ocupantes no toleran al medio y

terminan el tramo a 20 minutos de llegar al destino, el conductor presenta sofocación mientras que los demás ocupantes se sienten deshidratados y cansados.

El índice de valoración de medio se determina en la tabla 56, mediante sensaciones presentadas por los ocupantes, dando como resultado que en condiciones adversas y sin A/C el medio en el que se encuentra es caluroso (+2) con porcentajes de insatisfacción del 85% en la Costa, mientras que en la Sierra valoran al medio como confortable sin aire acondicionado y con el aire mínimo, ligeramente frío (-1) con aire al máximo.

En condiciones normales en Sierra y Costa los ocupantes valoran al medio de manera confortable con un 12% de insatisfacción.

En este estudio los ocupantes y el conductor son sometidos a diferentes condiciones en pruebas de conducción prolongada en tramos de Costa y Sierra por lo que las variaciones en temperaturas ambientales y del habitáculo son muy evidentes al igual que los signos vitales.

Con aire acondicionado al máximo se tiene una temperatura interna y corporal mínimas, comparadas con las máximas que se dan al no encender el A/C.

En la Sierra, al no activar el A/C la temperatura interna incrementa en un 5% mientras que con el aire acondicionado al máximo en la Sierra el habitáculo reduce la temperatura en un 7%.

En la Costa al no activar el A/C la temperatura interna incrementa en un 45%, con el aire acondicionado al mínimo el habitáculo aumenta la temperatura en un 41%.

La temperatura corporal del conductor en la Costa incrementa un 42%, la presión sistólica y diastólica reducen un 17% y 26% respectivamente, mientras que el pulso aumenta en un 29%, el oxígeno en la sangre aumenta un 16% figura 172.

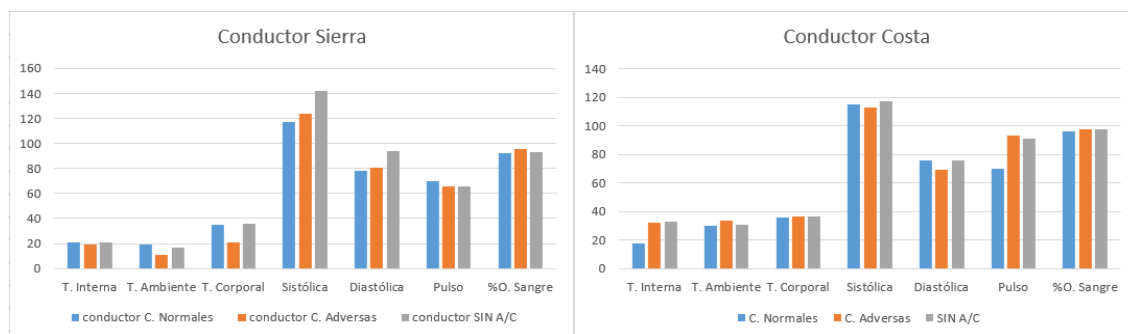


Figura 172. Temperatura y signos vitales Conductor

La figura 173 indica que el ocupante posterior derecho presenta un incremento del 43% de la temperatura corporal al encontrarse con el sistema A/C desactivado. En la Sierra tiene 13% más elevada la sistólica. En la Costa la diastólica es 26% menor, la frecuencia cardiaca es 32% mayor y el oxígeno en la sangre aumenta un 5%.

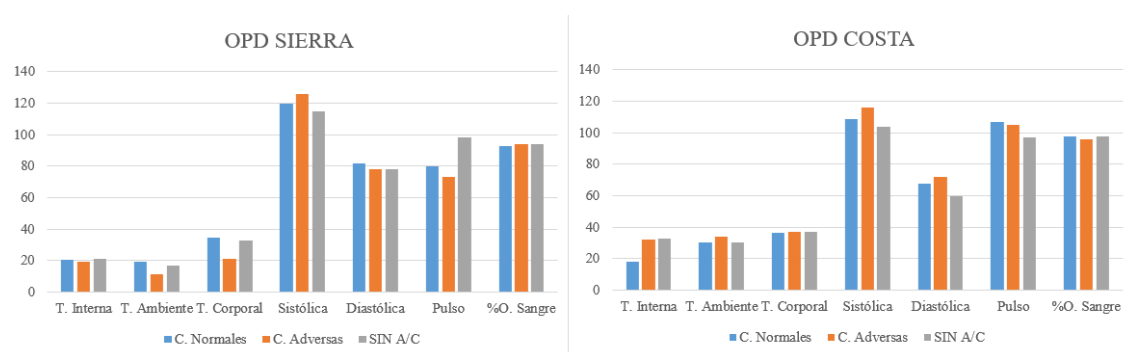


Figura 173. Temperatura y signos vitales OPD

El ocupante delantero derecho en la Costa aumenta el 43% su temperatura corporal, la presión sistólica y diastólica reducen un 28 % y 15% respectivamente, el pulso disminuye en un 31% y el oxígeno en la sangre aumenta un 20% figura 174.

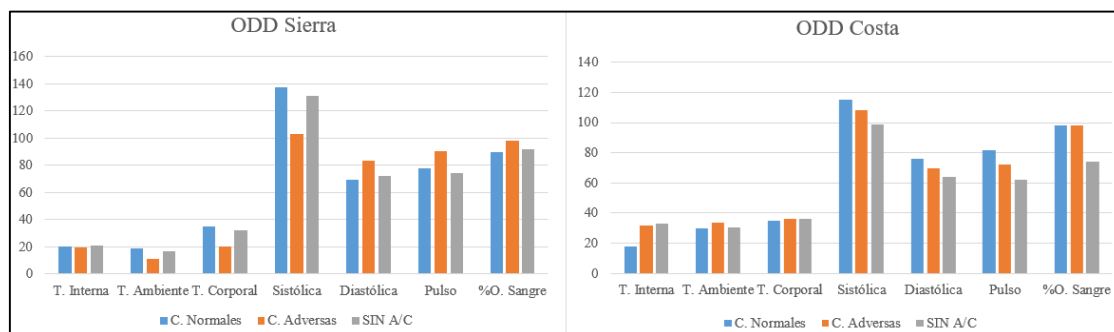


Figura 174. Temperatura y signos vitales OPD

Con el aire acondicionado al máximo en la Sierra la temperatura corporal del ocupante posterior izquierdo reduce en un 46%. En la Costa con el A/C al mínimo la presión sistólica disminuye un 65%, la diastólica disminuye en un 40%, el pulso aumenta un 33% y el oxígeno en la sangre aumenta un 17% figura 175.

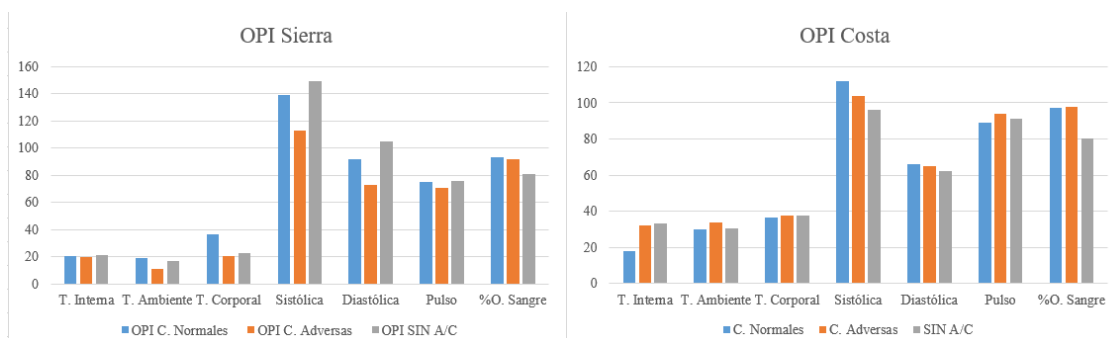


Figura 175. Temperatura y signos vitales OPD

4.10.2. Incidencia termográfica

Las pruebas termográficas realizadas a los ocupantes con el uso del sistema de aire acondicionado en condiciones normales y adversas en los tramos de la Sierra y Costa permiten determinar el estado de confort del individuo, visualizando la temperatura corporal a través de la termografía.

Al realizar la prueba de conducción prolongada en condiciones normales de utilización del sistema de A/C, podemos determinar que al interior del habitáculo no existe una variación de temperatura en el estado de los ocupantes en los tramos de la Sierra y la Costa, solo podemos obtener cambios leves de temperatura en cada tramo, lo que establece un estado de confort aceptable de acuerdo al estado del individuo.

En la prueba de conducción prolongada sin el uso del sistema de aire acondicionado, podemos observar en el sector de la Sierra, el comportamiento normal del ocupante sin necesidad del A/C, al llegar al sector de la Costa se puede evidenciar al interior del habitáculo la falta de recirculación de aire, por lo cual los ocupantes empiezan a tener sudoración excesiva, presión elevada, balbuceo, náuseas y presentan un estado de somnolencia, provocando un estado pésimo estado de confort.

4.10.3. Incidencia de presión, caudal, flujo de aire.

El análisis de la presión de aire que ingresa al habitáculo a través de las trampillas de aire, incide de forma indirecta con el individuo, debido a que la presión de aire no es alta por lo cual

los ocupantes no reflejan cambios en su estado de ánimo determinando un estado de confort bueno.

La velocidad de aire que ingresa al interior del habitáculo incide de manera directa al individuo de acuerdo al nivel seleccionado a través del amplificador de A/C, lo que significa que a mayor nivel de aire la velocidad será mayor y la temperatura menor, al ser utilizado en condiciones climáticas adversas y de manera prolongada, provoca síntomas como la variación en el ritmo cardiaco, presión arterial, la reducción de oxígeno en la sangre, y pérdida de energía en los ocupantes.

El flujo o caudal de aire que ingresa al interior del habitáculo afecta directamente al individuo cuando seleccionamos el máximo nivel y el modo de recirculación directo al rostro, la cantidad de aire será mayor en las trampillas laterales y un poco menor en las centrales, debido al volumen y la forma de la trampilla el individuo sentirá una sensación mayor o menor en su estado de salud, presentando bajones de energía, cambios en la presión arterial, entre otras.

4.10.4. Incidencia de la gestión electrónica.

El análisis de la gestión electrónica del sistema híbrido que conforma el sistema de A/C, inciden de manera indirecta con el individuo, debido, a que el fallo puede darse en distintas partes del sistema de climatización, verifica la existencia de daños en los sensores de temperatura, presión y luminosidad, para después ver reflejados a través del ingreso de aire hacia el interior del habitáculo.

Cuando existe el fallo en cualquier sensor de temperatura, la cantidad de aire que ingrese al interior del habitáculo tendrá una medición de temperatura errónea, generando un estado de malestar en el individuo.

Al existir daños en los servomotores de las compuertas de ingreso de aire, los modos de funcionamiento del amplificador de A/C, no desarrollan el proceso de selección, de tal forma el cambio de temperatura, niveles, y modos de funcionamiento, no cumplen su operación de trabajo, finalmente la recirculación es nula cuando el aire ingresa hacia el habitáculo, provocando que el individuo este propenso a sufrir variación en sus signos vitales.

CAPÍTULO V

MARCO ADMINISTRATIVO

En este capítulo se presenta las recomendaciones, conclusiones, aspectos administrativos, económicos, logísticos y los recursos para el desarrollo de la investigación de los procesos de operación y mantenimiento del sistema de aire acondicionado de vehículos híbridos para determinar la influencia en el sistema de confort determinando la viabilidad y la factibilidad.

5.1.Factibilidad de la investigación

Para determinar la factibilidad del proyecto se realizó la optimización de los recursos humanos, tecnológicos y financieros que son fundamentales para la ejecución de la investigación.

5.2.Recursos

Para el planteamiento del análisis de la presente investigación se establecieron metas, objetivos a ser cumplidas, para lo cual se requiere recursos humanos, tecnológicos y materiales, con el propósito de que el estudio se pueda desarrollar de manera adecuada.

5.2.1. Recursos Humanos

El recurso humano en el desarrollo de la investigación se detalla en la siguiente tabla 57

Tabla 57*Recursos humanos*

| Ord. | Descripción | Función |
|-------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1. | Quishpe Bejarano Victoria Mishell | Investigador |
| 2. | Rocha Johnny Steveen | Investigador |
| 3. | Ing. Leonidas Antonio Quiroz Erazo | Director del proyecto de titulación y asesor en sistemas de A/C |
| 4 | Ing. Germán Erazo | Colaborador científico (Gestión electrónica vehículos híbridos) |

5.2.2. Recursos Materiales

Para el desarrollo de la investigación se estableció los materiales principales, los cuales se detallan en la siguiente tabla 58.

Tabla 58*Tabla de recursos materiales*

| Ord. | Cantidad | Detalle |
|-------------|-----------------|---------------------------|
| 1 | 1 | Herramientas automotrices |
| 2 | 1 | Materiales |
| 3 | 1 | Documentación |
| 4 | 1 | Imprevistos |

5.2.3. Recursos tecnológicos

Para la realización de la investigación fue necesario utilizar equipos tecnológicos que se mencionan a continuación en la tabla 59.

Tabla 59*Recursos Tecnológico - equipos.*

| Ord. | Descripción | Función |
|-------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Vehículo Toyota Prius. | Permite verificar el funcionamiento electrónico del sistema híbrido de A/C |
| 2. | Cámara Termográfica | Permite obtener los datos termográficos de los ocupantes |
| 3. | Interface techstream | Permite visualizar el comportamiento y los PIDs de sensores y actuadores |
| 4. | Scanner Automotriz | Permite obtener datos de funcionamiento de sensores y actuadores. |
| 5. | Medidor del caudal de aire/micro manómetro Fluke 922 | Permite obtener los datos de presión, velocidad y caudal de aire. |
| 6. | Higrómetro | Permite obtener los datos ambientales en los tramos de la Sierra y Costa |
| 7. | Tensiómetro | Permite medir la presión arterial y el ritmo cardiaco |

| | | |
|----|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 8. | Oxímetro | Permite obtener los valores de oxígeno en la sangre y ritmo cardiaco |
| 9. | Termómetro digital infrarrojo | Permite obtener los valores térmicos según la emisividad. |

5.2.4. Recurso Financiero

El costo total de la investigación es auto financiado por los investigadores, teniendo un valor de 2360,00 USD.

Tabla 60
Recurso Financiero

| Ord. | Detalle | Cantidad | Precio unitario | Costo Total |
|--------------|------------------------------------------------------|----------|-----------------|-------------------|
| 1. | Materiales | 1 | \$ 200.00 | \$ 200.00 |
| 2. | Documentación | 1 | \$ 100.00 | \$ 100.00 |
| 3. | Imprevistos | 3 | \$ 100.00 | \$ 300.00 |
| 4. | Medidor del caudal de aire/micro manómetro Fluke 922 | 1 | \$ 1500.00 | \$ 1500.00 |
| 5. | Termo higrómetro | 1 | \$ 150.00 | \$ 150.00 |
| 6. | Tensiómetro | 1 | \$ 25.00 | \$ 25.00 |
| 7. | Oxímetro | 1 | \$ 25.00 | \$ 25.00 |
| 8. | Termómetro digital infrarrojo | 1 | \$ 60.00 | \$ 60.00 |
| TOTAL | | | | \$ 2360.00 |

CONCLUSIONES

- Se recopiló información científica-técnica de bases digitales, libros, patentes sobre el funcionamiento del sistema de climatización de aire acondicionado en vehículos híbridos y los parámetros de confort humano de acuerdo a la termografía, signos vitales y datos ambientales.
- Se comparó dos métodos para conocer el confort de un habitáculo, el índice de valoración de medio y el índice de estrés térmico, dando como resultado que en la Costa los ocupantes sienten su entorno caluroso con un riesgo de sobrecalentamiento extremo al no encender el aire acondicionado.
- En la Sierra al encender el aire acondicionado en un nivel mínimo da resultados similares de IVM y WBGT, teniendo un medio confortable con escaso y moderado riesgo de sobrecalentamiento.
- El consumo energético de los ocupantes influye en el índice IVM, obteniendo que a más energía consumida el ocupante siente mayor insatisfacción por lo que el medio se vuelve un entorno menos confortable
- Al establecer la ruta Latacunga-Quevedo se determinó durante la prueba de conducción prolongada la incidencia positiva y negativa del aire acondicionado en distintas condiciones de uso del amplificador de A/C, sobre los ocupantes en los tramos establecidos y los niveles de ingreso de aire al interior del habitáculo.

- En la prueba de conducción prolongada sin el uso del sistema de A/C, se pudo determinar que en el sector de la Sierra no presentan ningún problema los ocupantes, mientras que en el sector de la Costa se observó a los ocupantes presentar un estado de somnolencia, pulso cardiaco acelerado, sudoración excesiva, entre otros, por lo cual en el tramo la Maná-Quevedo, se llegó hasta el sector de Valencia.
- Con la utilización de la cámara termográfica Fluke, en las pruebas de conducción prolongada mediante el uso del sistema de A/C en condiciones adversas, se obtuvo datos termográficos de temperatura corporal, determinando al ocupante más y menos afectado en cada tramo durante las pruebas de conducción prolongada.
- En las pruebas de presión, velocidad y volumen de aire se utilizó el equipo Airflow meter 922, determinando que el flujo de aire que sale a través de las trampillas centrales y laterales son diferentes, al realizar las pruebas de presión y velocidad de aire a diferentes niveles del soplador las trampillas centrales tienen un valor mayor de medición con respecto a las laterales, sucede lo contrario cuando realizamos la prueba de volumen de aire, donde las trampillas laterales tienen mayor cantidad de caudal con una variación de $10 \frac{m^3}{h}$ con respecto a las centrales debido a la forma de las trampillas.
- Mediante la utilización de la interface Techstream se identificó los parámetros de funcionamiento de sensores y actuadores en condiciones dinámicas y estáticas.
- Al realizar las pruebas de potencia del compresor eléctrico de A/C en condiciones estáticas, se observa un consumo alrededor de 1200W a 1500W y una descarga más rápida de la

batería híbrida, el consumo de potencia se debe al diseño electrónico de arranque que necesita el compresor al ser accionado.

- Las pruebas de consumo de potencia del compresor de A/C en condiciones dinámicas, determinaron que no existe una elevación de potencia similar a la condición estática, teniendo valores alrededor de 400W a 500W de manera prolongada con una variación de 50 W, debido a la recarga continua de la batería híbrida.
- Las pruebas estáticas y dinámicas de gestión electrónica y calidad de aire realizadas en el vehículo Toyota Prius, garantizan la adecuada recirculación de aire al interior del habitáculo y establecen el confort adecuado para los ocupantes.
- El mantener una temperatura elevada en el habitáculo induce a la fatiga e incrementa el tiempo de reacción y frenado del conductor.

RECOMENDACIONES

- Utilizar equipos de medición ambiental como el termómetro de globo para aplicar el método de Fanger para valorar el ambiente (habitáculo) de forma más exacta y fácil.
- Emplear el método de valoración de medio y el del índice de estrés térmico para valorar el estado de confort del individuo en un ambiente cerrado, tomando como referencia datos ambientales, factores como el índice de indumento, signos vitales y consumo de energía del ocupante.
- Utilizar la cámara termográfica y el termómetro digital infrarrojo de acuerdo a la emisividad del cuerpo humano y comprobar la temperatura corporal de los ocupantes con la utilización de los dos equipos.
- Realizar las pruebas de velocidad, presión, y volumen de aire con la utilización del equipo Airflow Metter 922, en vehículos que tengan las trampillas de aire para los asientos traseros de segundo y tercer nivel, comparando la cantidad de aire con las trampillas delanteras.
- Desarrollar investigaciones con el uso del equipo Fluke 985 (contador de partículas de aire) y el equipo Fluke 975 (medidor de flujo de aire) sobre la incidencia de los gases nocivos automotrices en el confort humano con la utilización de equipos ambientales que puedan medir partículas de gases contaminantes al interior y al exterior del habitáculo.

- Mejorar la investigación de gestión electrónica para aire acondicionado en vehículos híbridos, con la utilización de un Scanner que permita leer en tiempo real los PIDs de sensores y actuadores e interactuar con nuevas actualizaciones de la interface Techstream como la versión (V14.30.023 con FTDIFt232RL/RQ).
- Realizar mediciones ambientales al interior del habitáculo en automotores de mayor tamaño como buses, tráileres, camiones, entre otros, con la utilización del termo higrómetro y comparar los datos con las mediciones en vehículos pequeños.
- Antes de realizar las pruebas de conducción prolongada, se debe conocer el estado medico de los ocupantes, establecer tramos de parada y llevar medicación.
- Durante el transcurso del viaje en cualquier tramo, al tener algún ocupante con síntomas de bajones de energía, desmayos, o somnolencia, y no llevar un equipo que pueda verificar los signos vitales, se debe verificar el pulso, observar la dilatación de la pupila y con la mano sentir la temperatura del individuo.
- Al realizar el viaje de Costa a Sierra con una persona hipertensa se debe llevar la medicación adecuada, es necesario realizar paradas en tramos específicos para observar su comportamiento.
- Utilizar un paño húmedo sobre la frente del individuo cuando registre síntomas de aumento de temperatura corporal, para evitar variaciones en los signos vitales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- acrlatinoamerica*. (1 de Junio de 2014). Recuperado el 3 de enero de 2020, de *acrlatinoamerica*:
<https://www.acrlatinoamerica.com/201406015544/articulos/refrigeracion-comercial-e-industrial/compatibilidad-entre-fluidos-refrigerantes-y-aceites-lubricantes.html>
- Ariel's checklist. (10 de Septiembre de 2014). *Ariel Itzjak Newman*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2019, de Ariel's checklist Web site: <https://arielschecklist.com/wbgt-chart/>
- Auto Avance. (20 de Diciembre de 2017). *Auto Avance*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2019, de Auto Avance Web site: <https://www.autoavance.co/equipos-diagnostico-automotriz/scanner-automotriz-g-scan/>
- Bailes, A., & Woodward, J. (1 de Octubre de 2013). Automotive Physical-Layer Compliance Testing. *Evaluation Engineering*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2019, de <https://www.evaluationengineering.com/applications/automotive-test/article/13007999/automotive-physicallayer-compliance-testing>
- Barrera, O., & Ros, J. (2019). Sistemas de seguridad y confortabilidad. En O. Barrera, & J. Ros, *Sistemas de seguridad y confortabilidad* (Segunda ed., Vol. I, págs. 180-199). Madrid, España: PARAINFO. Recuperado el 03 de Diciembre de 2019, de https://books.google.com.ec/books?id=D6GeDwAAQBAJ&pg=PA185&dq=Factores+que+influyen+en+la+confortabilidad&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwim36n_34rAhUjp1kKHaeWBt4Q6AEILzAB#v=onepage&q&f=false
- Bharathan et.Al., L. C. (2007). Una visión general de la prueba de vehículos y analisis del combustible de A/C de NREL investigación de reducción de uso. *NREL Ener Nacional Renovablegy Laboratory*, 18.

- Cantillo, A. D. (20 de Agosto de 2013). *Autosoporte*. Recuperado el 3 de Diciembre de 2019, de Autosoporte: <https://www.autosoporte.com/index.php/blog-automotriz/item/278-pasos-para-hacer-un-buen-diagnostico-al-sistema-de-aire-acionado-automotriz>
- COOLMAX INDUSTRIAL CO. LTD. (20 de Diciembre de 2019). Obtenido de COOLMAX INDUSTRIAL CO, LTD: <http://www.fluorines-chemicals.com/hfc-refrigerant/r1234yf-refrigerant.html>
- Denton, T. (2016). Advanced Automotive Fault Diagnosis. En T. Denton, & I. o. (IMI) (Ed.), *Advanced Automotive Fault Diagnosis: Automotive Technology: Vehicle Maintenance and Repair*. (Cuarta ed., Vol. I, pág. 384). Londres: Routledge. doi:10.4324/9781315856612
- Domínguez, E. J., & Ferrer, J. (2013). Elementos amovibles. En E. J. Domínguez, & J. Ferrer, *Elementos amovibles* (Primera ed., págs. 286-231). España: EDITEX. Recuperado el 3 de Diciembre de 2019, de <https://books.google.com.ec/books?id=vQrFAwAAQBAJ&pg=PA288&dq=temperatura+del+aire+en+un+habitaculo+del+vehiculo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEw>
- Eduforma. (2008). Técnicas Y Procedimientos Del Auxiliar Geriátrico. En *Técnicas Y Procedimientos Del Auxiliar Geriátrico* (Primera ed., págs. 25-38). Sevilla, España: Editorial MAD. S.L. Recuperado el 12 de Diciembre de 2019, de <https://books.google.com.ec/books?id=HaJXvJVwzScC&pg=PA25&dq=signos+vital+s&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiD64j2mKDmAhWPrFkKHU2NA3gQ6AEIOzAD#v=onepage&q&f=true>
- Engel Universe. (2009). Ford Escape Hybrid . *Compresor de aire acondicionado*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2019, de https://www.youtube.com/watch?v=dWDRUkUF3_k
- Eugene Talley. (2011). Hybrid Air Conditioning Systems Overview. *Southern Illinois University Carbondale*, 68. Recuperado el 20 de Noviembre de 2019

- Farrington, R. ..., & Rugh, J. (22 de Septiembre de 2000). Impacto del aire acondicionado del vehículo en la economía de combustible, las emisiones del tubo de escape y la gama de vehículos eléctricos: preimpresión. *Impact of Vehicle Air-Conditioning on Fuel Economy, Tailpipe Emissions, and Electric Vehicle Range*. Washington, DC, EE.UU. Recuperado el 3 de Enero de 2020, de <https://www.osti.gov/biblio/764573>
- Fernandez, J., & Rodriguez, L. (2003). Técnico Auxiliar de Geriatria. Manual. En J. Fernandez, & L. Rodriguez, *Tecnico Auxiliar de Geriatria. Manual*. (Primera ed., págs. 110-122). Sevilla, España: MAD-Eduforma. Recuperado el 06 de Diciembre de 2019, de <https://books.google.com.ec/books?id=5VFKRFM1MXoC&pg=PA110&dq=signos+vitaales&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiD64j2mKDmAhWPrFkKHU2NA3gQ6AEIQjAE#v=onepage&q=signos%20vitaales&f=true>
- Fluke Corporation. (2019). Manual cámara termográfica. *Cámara infrarroja Fluke TiS60*. Recuperado el 12 de Octubre de 2019, de Fluke Corporation Web site: <https://www.fluke.com/es-mx/producto/camaras-termicas/tis60>
- Fluke Corporation. (2020). Manual de usuario del Cuadalímetro 922 Airflow Meter. *Cuadalímetro 922 Airflow Meter*. Recuperado el 10 de Enero de 2020
- Helerea, E., & Radu, M. (4 de Enero de 2009). Parameters and Models of the Vehicle Thermal Comfort. *ResearchGate*, 2-13. Recuperado el 5 de Enero de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/266177060_Parameters_and_Models_of_the_Vehicle_Thermal_Comfort
- HELLA. (18 de Diciembre de 2019). *HELLA*. Recuperado el 10 de Enero de 2020, de HELLA: <https://www.hella.com/techworld/es/Informacion-Tecnica/Climatizacion-de-vehiculos/Busqueda-de-fugas-en-el-aire-acondicionado-del-coche-1831/>
- Hernández, E. (2009). Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración. En E. Hernández, *Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración* (págs. 33-57). México, México:

- Limusa Noriega Editores. Recuperado el 3 de Diciembre de 2019, de https://books.google.com.ec/books?id=NeyHmp0a_vAC&pg=PA37&dq=humedad+relativa+del+aire&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjWsIzvw5
- Hervás, M. R., & Morales, E. V. (2008). Presión arterial: ¿esfigmomanómetro manual o digital? (revistas.um.es, Ed.) *Enfermería Global*, 7(2). doi:10.6018/eglobal.7.2.14671
- Jaimes, M., Grajales, R., Cervantes, J., & Antonio, M. (Septiembre de 2018). La evaluación de la calidad de los signos vitales como indicador de proceso en la Gestión del Cuidado de Enfermería. *Enfermería cardiológica*, 18, 65-70.
- Keen, P. A., & Laul, A. A. (24 de Enero de 2006). *EE.UU. Patente n° US 6988670 B2*. Recuperado el 22 de Enero de 2019, de <https://patents.google.com/patent/US6988670B2/en>
- Mejía Salas, H., & Mejía Suárez, M. (2012). Oximetría de pulso. *Revista de la Sociedad Boliviana de Pediatría*, 149 -155. Recuperado el 10 de Enero de 2020 , de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1024-06752012000200011&script=sci_arttext
- Notas Técnicas de Prevención NTP. (s.f.). Madrid, Madrid, España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
- NTP 074. (1983). NTP 74: Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación. *NTP 74: Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación*, 1-10. Madrid, Madrid, España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Recuperado el 23 de 12 de 2019, de https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_074.pdf/1a5d4655-f44d-4118-9516-281a452e820d
- NTP 1011. (2014). NTP 1011: Determinación del metabolismo. *NTP 1011: Determinación del metabolismo*. Madrid, Madrid, España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Recuperado el 23 de Diciembre de 2019, de

https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/imagen_id.cmd?idImagen=1091346

NTP 322. (1999). NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT. *NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT*, 1-6. (I. N. (INSHT)., Ed.) Madrid, Madrid, España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Recuperado el 18 de Diciembre de 2019, de <http://mcaugt.org/documentos/0/doc15468.pdf>

NTP 323. (1989). NTP 243: Ambientes cerrados: calidad del aire. *NTP 243: Ambientes cerrados: calidad del aire*. Madrid, Madrid, España: Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo (INSHT). Recuperado el 18 de Diciembre de 2019, de https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_243.pdf

Organización Internacional de Normalización ISO. (2005). ISO 7730. *Ergonomía del ambiente térmico, Tercera*. Suiza, Ginebra: Organización Internacional de Normalización. Recuperado el 23 de Diciembre de 2019

Organización Mundial de la Salud. (2011). Reemplazo de los termómetros y tensiómetros de mercurio en la atención de salud. 60. (J. A. Shimek, J. Emmanuel, P. Orris, & Y. Chartier, Edits.) Organización mundial de la salud. Recuperado el 10 de Enero de 2020, de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44758/9789243548180_spa.pdf

Paucar, D., & Yupa, V. (2017). *Análisis de la eficiencia energética y renovación del caudal de aire del sistema de climatización en vehículos híbridos por medio de los elementos finitos*. Trabajo de titulación, Ingeniería Automotriz, Latacunga. Recuperado el 10 de Enero de 2020, de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/13730>

Peláez, D. A. (2004). *TÉCNICAS DEL AUTOMOVIL - Sistemas de climatización*. Madrid: thomson.

- Penagos, S., Salazar, L., & Vera, F. (2019). Control de signos vitales. *Guías para el manejo de urgencias*, 9. Recuperado el 10 de Enero de 2020, de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34883344/Control_de_signos_vitales3.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DControl_de_signos_vitales_3.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200111%2
- Protmex Tech Instrumentation. (04 de Noviembre de 2019). *Manual de usuario de medidor de humedad y temperatura digital PROTMEX MS6508*. Miami: PROTMEX TECH INSTRUMENTATION. Recuperado el 7 de Diciembre de 2019, de GLOBALTECH: <http://mastechturkiye.com/wp-content/uploads/2016/07/MS6508-Manual.pdf>
- Rosales, J. A. (2014). *Diseño, desarrollo, verificación y liberación de líneas de aire acondicionado del sistema de climatización*. Tesis para titulación, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México. Recuperado el 06 de Diciembre de 2019, de <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/14036/1/2032%202014%281%29.pdf>
- Sanz, R. (1 de Febrero de 2016). *oposicionbomberoonline*. Recuperado el 10 de Enero de 2020, de oposicionbomberoonline: <https://oposicionbomberoonline.org/vehiculos-hibridos/>
- Skala, F. (10 de Abril de 2014). CISE Electrónica. Recuperado el 20 de Diciembre de 2019, de CISE Electrónica: <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/696-compresores-de-aire-acondicionado-en-veh%C3%ADculos-h%C3%ADbridos-y-el%C3%A9ctricos.html>
- TOYOTA. (2010). *Manual Toyota Prius*. Estados Unidos: Mixed Sources. Recuperado el 10 de Diciembre de 2019, de <https://drive.google.com/drive/folders/1POmzkZaN8F1--q-1qbccgROkQh8KwL97>

Zambrano. (2015). *Estudio y análisis del sistema de climatización del vehículo híbrido toyota prius modelo A*. Guayaquil. Recuperado el 20 de Diciembre de 2019, de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/842>

Zambrano, J. A. (2010). *“estudio y análisis del sistema de climatización*. Guayaquil. Recuperado el 20 de Diciembre de 2019

Самолётов, В. (28 de Mayo de 2016). Air Mix Damper Motor Assembly Repaired. *Air Mix Damper Motor Assembly Repaired*. Recuperado el 06 de Diciembre de 2019, de <https://www.youtube.com/watch?v=UBAUd3QwaLo>

ANEXOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN


Se certifica que el presente trabajo fue realizado por los Señores: **QUISHPE BEJARANO, VICTORIA MISHHELL y ROCHA ROCHA, JOHNNY STEVEEN**

En la ciudad de Latacunga, a los 21 días de mes de Enero del 2020.

Aprobado por:


ING. LEONIDAS QUIROZ MSC.

DIRECTOR DEL PROYECTO



ING. DANILO ZAMBRANO

DIRECTOR DE CARRERA



ABG. DARWIN ALBAN

SECRETARIO ACADÉMICO