



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**UNIDAD PROFESIONAL**  
**INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA**  
**CAMPUS ZACATECAS**

**U P I I Z**

Ingeniería Mecatrónica

*Trabajo Terminal II*

“Sistema para inhibir el encendido y controlar la velocidad de un automóvil por medio de la lectura del grado de alcoholemia al conductor”

*Presentan:*

Ángel Iván De Luna García  
José Enrique Hernández Parra  
Juan Carlos Nava Juárez

*Asesores:*

Dr. Miguel Fernando Delgado Pamanes  
Dr. Sergio Domínguez Sánchez  
M. en C. Flabio Dario Mirelez Delgado



Zacatecas, Zac., diciembre del 2021



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**UNIDAD PROFESIONAL**  
**INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA**  
**CAMPUS ZACATECAS**

**U P I I Z**

Ingeniería Mecatrónica

*Trabajo Terminal II*

“Sistema para inhibir el encendido y controlar la velocidad de un automóvil por medio de la lectura del grado de alcoholemia al conductor”

*Presentan:*

Ángel Iván De Luna García  
José Enrique Hernández Parra  
Juan Carlos Nava Juárez

*Asesores:*

Dr. Miguel Fernando Delgado Pamanes  
Dr. Sergio Domínguez Sánchez  
M. en C. Flabio Dario Mirelez Delgado



Zacatecas, Zac., diciembre del 2021



**Folio**  
UPIIZ/ESA/169/2022

2022, Año de Ricardo Flores Magón  
100 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura  
50 Aniversario de la UPIICSA  
50 Aniversario del CECyT 10 "Carlos Vallejo Márquez"  
25 Aniversario del CIECAS, CIITEC y del CIIDIR, Unidad Sinaloa

**Asunto**  
DESIGNACIÓN DE ASESORES  
INGENIERÍA MECATRÓNICA  
BOLETA: 201867024198  
GENERACIÓN: 2017-2022

Zacatecas, Zac., a 17 de mayo de 2022

C. ÁNGEL IVÁN DE LUNA GARCÍA  
C. JOSÉ ENRIQUE HERNÁNDEZ PARRA  
C. JUAN CARLOS NAVA JUÁREZ  
**PRESENTE**

Mediante el presente se hace de su conocimiento que este Departamento acepta que el **Dr. Miguel Fernando Delgado Pamanes, Dr. Sergio Domínguez Sánchez** y el **M. en C. Flabio Darío Mirelez Delgado** sean **Asesores**, en el tema que propone usted a desarrollar como prueba escrita de la opción de titulación por **ESCOLARIDAD**, con el título y contenido siguiente:

**"Sistema para inhibir el encendido y controlar la velocidad de un automóvil por medio de la lectura del grado de alcoholemia al conductor".**

Se concede un plazo de máximo de un año, a partir de esta fecha, para presentarlo a revisión por el jurado asignado.



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA  
DE INGENIERÍA CAMPUS ZACATECAS  
DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN  
SEGUIMIENTO ACADÉMICO

L.C. María Monserrat Saldaña Noriega  
Jefa del Departamento de Evaluación  
y Seguimiento Académico



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA  
DE INGENIERÍA CAMPUS ZACATECAS  
DIRECCIÓN

Ricardo Flores Mejía  
Rector de la UPIIZ





**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional  
"La Técnica al Servicio de la Patria"



Unidad Profesional Interdisciplinaria  
de Ingeniería Zacatecas

2022, Año de Ricardo Flores Magón  
100 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura  
50 Aniversario de la UPIICSA  
50 Aniversario del CECyT 10 "Carlos Vallejo Márquez"  
25 Aniversario del CIECAS, CIITEC y del CIIDIR, Unidad Sinaloa

**Folio**  
UPIIZ/ESA/172/2022

**Asunto**  
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

C. ÁNGEL IVÁN DE LUNA GARCÍA  
C. JOSÉ ENRIQUE HERNÁNDEZ PARRA  
C. JUAN CARLOS NAVA JUÁREZ

INGENIERÍA MECATRÓNICA  
BOLETA: 201767005192  
GENERACIÓN: 2016-2022  
PRESENTE

Zacatecas, Zac., a 17 de mayo de 2022

El suscrito tengo el agrado de informar a usted, que habiendo procedido a revisar el trabajo de titulación que presenta con fines de titulación denominada:

**"Sistema para inhibir el encendido y controlar la velocidad de un automóvil por medio de la lectura del grado de alcoholemia al conductor".**

Se determinó que el citado **Trabajo de Titulación**, reúne los requisitos para **autorizar** la impresión y proceder a la presentación del Examen Profesional debiendo tomar en consideración las indicaciones y correcciones que al respecto se hicieron.

  
DR. MIGUEL FERNANDO DELGADO PAMANES

  
DR. SERGIO DOMÍNGUEZ SÁNCHEZ

  
M. EN C. FLABIO DARÍO MIRELEZ DELGADO

Calle Circuito del Gato No. 202, Col. Ciudad Administrativa, Zacatecas, Zac. C.P. 98160  
Tel/Fax: (01-492) 9242419 y 9255998, Correo Electrónico: zacatecas@ipn.mx



Autorización de uso de obra

Autorización de uso de obra  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
Presente

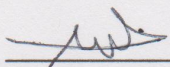
Bajo protesta de decir verdad los que suscriben **Ángel Iván De Luna García, José Enrique Hernández Parra y Juan Carlos Nava Juárez** estudiantes del programa de Ingeniería Mecatrónica, con número de boletas **2018670241, 2018670751 y 2018670491**, adscrito a la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería campus Zacatecas; manifestamos ser autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada **"Sistema para inhibir el encendido y controlar la velocidad de un automóvil por medio de la lectura del grado de alcoholemia al conductor"**, en adelante "El Trabajo de Titulación" y de la cual se adjunta copia, por lo que por medio del presente y con fundamento en el Artículo 27 Fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgamos al Instituto Politécnico Nacional, en adelante el "IPN", autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales "El Trabajo de Titulación" por un periodo indefinido contado a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso al "IPN" de su terminación.

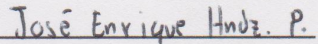
En virtud de lo anterior, el "IPN" deberá reconocer en todo momento mi calidad de autor de "El Trabajo de Titulación".

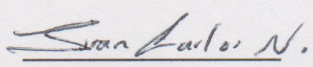
Adicionalmente, y en mi calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de "El Trabajo de Titulación", manifestamos que la misma es original y que la presente autorización no contraviene a ninguna otra otorgada por el suscrito respecto de "La Tesis o El Trabajo de Titulación", por lo que deslindo de toda responsabilidad al "IPN" en caso de que el contenido de "La Tesis o El Trabajo de Titulación" o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumo las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

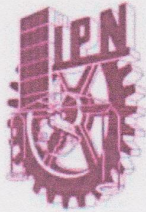
Zacatecas, Zac., a 25 de Mayo del 2022

Atentamente

  
Ángel Iván De Luna García

  
José Enrique Hernández Parra

  
Juan Carlos Nava Juárez



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE**  
**INGENIERÍA CAMPUS ZACATECAS**

**UPIIZ**

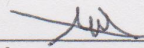
Ingeniería Mecatrónica

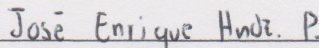
*Trabajo Terminal II*


“Sistema para inhibir el encendido y controlar la velocidad de un  
automóvil por medio de la lectura del grado de alcoholemia al  
conductor”


Diseño y construcción de dispositivos o componentes electrónicos

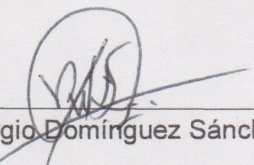
*Presentan:*

  
Ángel Iván De Luna García

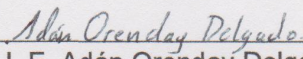
  
José Enrique Hernández Parra

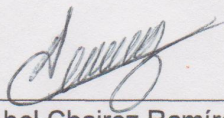
  
Juan Carlos Nava Juárez

  
Dr. Miguel Fernando Delgado Pamanes

  
Dr. Sergio Domínguez Sánchez

  
M. en C. Flabio Dario Mirelez Delgado

  
M. en I. E. Adán Orenday Delgado  
Presidente del Jurado

  
M. C. Abel Chairéz Ramírez  
Profesor titular



Zacatecas, Zac., diciembre del 2021

## **Agradecimientos.**

De Luna García Ángel Iván.

*Este trabajo no hubiera sido posible sin la cooperación de mis dos compañeros Enrique y Nava, les agradezco por la paciencia y las noches sin dormir para realizar este trabajo, además de los sacrificios que hicieron para poder trabajar conmigo y apoyarme.*

*Quiero agradecer a mis padres; Héctor Manuel De Luna Dorado y María García Basio por estar siempre apoyándome en cualquier aspecto que necesitara, alentándome a seguir estudiando y nunca rendirme; a enseñarme que con trabajo y esfuerzo se pueden lograr grandes cosas.*

*Le agradezco a nuestros asesores que nos brindaron una guía indispensable en el trabajo que facilitó la elaboración de este, aportando sus conocimientos y experiencias para ahorrarnos caminos, además de siempre estar para cuando los necesitáramos, gracias.*

*También pero no menos importante a todos los docentes que ayudaron en mi formación académica durante mi carrera ya que ellos me inspiraron a realizar este tipo de proyectos y hacer grandes cosas.*

Hernández Parra José Enrique.

*Primeramente, agradezco mucho a la vida y a Dios en ayudarme a realizar mi ingeniería en esta institución, que fue un proceso de altas y bajas, pero como sabemos las cosas buenas que produzcan grandes frutos se ganan a base de sacrificio y dedicación.*

*Le agradezco a todos los profesores que durante el curso de mi carrera me impartieron alguna materia, ya que cada uno de ellos aportaron un "granito" de conocimiento para poder tener las herramientas necesarias para llegar hasta este punto de la carrera.*

*Además, agradecer específicamente a cada uno de mis asesores de este trabajo terminal, por aportar su ayuda, conocimiento y disponibilidad para poder llevar a cabo este trabajo, ya que sus aportaciones fueron de suma importancia para poder llevar este proyecto.*

*También agradecer a mis padres; Enrique y Gabriela, familiares; Viridiana, Jennifer, Maximiliano y Joaquín, y además una persona valiosa e importante en mi vida;*

*Andrea, que estuvieron a todo momento apoyándome cada uno a su manera ya sea siendo pacientes, tolerantes, aconsejándome, animándome, alegrándome, etcétera todo esto para tener motivación y ganas de esforzarme a desempeñarme y realizar un buen trabajo.*

*Por último, también agradecer a mis compañeros Ángel y Juan Carlos por darme la oportunidad de trabajar con ellos para lograr obtener satisfactoriamente este trabajo, ya que este trabajo fue el trabajo arduo y constante de tres personas trabajando mutuamente, apoyándose en cualquier situación.*

*Nava Juárez Juan Carlos.*

*Doy gracias a Dios por regalarme la vida y todo lo que tengo, gracias por permitirme formar parte de esta gran institución, gracias a Él que me dio la fortaleza, confianza y esperanza para continuar en los momentos más difíciles en los que por mí solo no habría podido.*

*Gracias a mis padres; Pedro Nava Santillán y Martha Juárez Cortés por siempre estar para mí, por siempre apoyarme, guiarme y aconsejarme en mis decisiones. Gracias por siempre alentarme a seguir adelante. A ustedes les debo todo.*

*Gracias a mis hermanos Junior, Daniela, Glorisela y Yadira por ser mis mejores amigos, mis confidentes y ayudarme siempre que lo necesité.*

*También quiero agradecer a mis asesores Miguel Fernando, Sergio y Flabio Darío por siempre mostrar la mejor disposición y ayudarnos a despejar las dudas y problemas que se nos presentaron a lo largo de este proyecto.*

*Gracias a mis compañeros y amigos Ángel Iván y José Enrique por permitirme ser parte de su equipo y aprender muchas cosas de ellos, gracias por trabajar arduamente y apoyarme.*

*Finalmente, gracias al Instituto Politécnico Nacional por haberme formado y enseñado de la mejor manera para enfrentar la vida.*



## **Dedicatorias.**

De Luna García Ángel Iván.

*Dedico este trabajo a mis padres ya que ellos siempre están para mí en cualquier cosa que necesite, son la batería que siempre necesite para poder esforzarme y dar lo mejor de mí, por lo que el éxito en mi vida profesional o personal fue y será siempre influenciado por ellos, me enseñaron a perseverar y esforzarme por cumplir mis sueños, así que este trabajo es para ustedes.*

Hernández Parra José Enrique.

*Dedico este trabajo a mis padres y familiares, que siempre estuvieron a mi lado alimentándome con sus palabras a esforzarme en mi educación de nivel profesional y apoyándome en todo momento de la carrera , por lo tanto este trabajo tiene mucho valor tanto para mí como para ellos, ya que marca un paso muy importante en mi educación porque en él se utilizaron todos los conocimientos adquiridos en mi estancia en esta institución, así como este trabajo es por mi título por el cual mis seres queridos y yo anhelamos.*

Nava Juárez Juan Carlos.

*Dedico este trabajo a mis padres pues sin ellos nunca lo hubiera logrado, gracias a ellos pues no solo me han apoyado en mi formación profesional, sino por la formación personal que me han inculcado, porque me han dado valores, principios, carácter, empeño, perseverancia y decisión al seguir mis sueños. Lo dedico a ellos porque siempre se han esforzado más de lo que sus fuerzas permitían para sacarme adelante tanto de manera económica, académica y personal.*

## **Resumen.**

El presente trabajo tiene como estudio un sistema mecatrónico capaz de detectar si el conductor de un vehículo sobrepasa los límites establecidos por las dependencias gubernamentales, es decir, cuando el aire espirado contenga 0.40 o más miligramos por litro de alcohol [1], el automóvil podrá presentar dos comportamientos, el primero es que no podrá encender, pero, si el conductor requiere encenderlo para hacer uso de los sistemas eléctricos, entonces podrá hacerlo pero se activará un bloqueo mecánico en el acelerador. Por otra parte, si una persona se encuentra conduciendo el automóvil porque no se ha encontrado suficiente alcohol al encender el auto, y se detecta por medio de sensores que en el ambiente hay partículas de alcohol entonces se procederá a regular la velocidad del auto y se pedirá una nueva prueba. Si dicha prueba resulta negativa entonces se liberará el acelerador. En cambio, si la prueba resulta positiva se seguirá regulando la velocidad y se enviará un mensaje de texto a un contacto preestablecido alertando sobre un usuario alcoholizado al volante.

El sistema contará con tecnología de visión artificial para hacer más segura y fiable la prueba pues se usará para identificar que el conductor es realmente quien realiza la prueba y no otra persona, verificando así que no se está intentando burlar al sistema.

Por medio de este sistema se pretende mejorar la seguridad vial, pues se va a brindar un sistema tecnológico con el potencial de impactar directamente en la vida diaria de los automovilistas, peatones, y trabajadores de calles y carreteras, conservando su salud e integridad.

## **Palabras clave.**

Alcoholímetro, automóvil, visión artificial, seguridad vial.

## **Abstract.**

This work has for study a mechatronic system able to detect if the driver of a vehicle exceeds the limits established by the government agencies, that is, when the exhaled air contains 0.40 or more milligrams per liter of alcohol [1], the car may present two behaviors, the first one is that it will not start, but if the person needs to start it in order to use the electrical systems, then he can do so but a mechanical lock on the accelerator will be activated. Otherwise, if a person is driving the car because not enough alcohol has been found when starting the car, and it is detected by means of sensors that there are alcohol particles in the environment then the speed of the car will be regulated, and a new test will be required. If this test is negative, then the accelerator will be released. On the other hand, if the test is positive, the speed will still be regulated and a text message will be sent to a pre-established contact alerting about a drunk driver.

The system will have computer vision technology to make the test more secure and reliable as it will be used to identify that the driver is the one performing the test and not someone else, thus verifying that the system is not being fooled.

Through this system, road safety will be improved, because it will provide a technological system with the potential to directly impact the daily lives of motorists, pedestrians, and street and highway workers, preserving their health and integrity.

## **Keywords.**

Alcohol meter, Artificial vision, Car, Road safety.

# Índice

|   |     |
|---|-----|
| Agradecimientos.....                                | i   |
| Dedicatorias.....                                   | iii |
| Resumen.....  | i   |
| Palabras clave.....                                 | i   |
| Abstract.....                                       | ii  |
| Keywords.....                                       | ii  |
| Índice de tablas.....                               | iv  |
| Índice de figuras.....                              | v   |
| I. Introducción.....                                | 1   |
| 1.1 Objetivo general.....                           | 1   |
| 1.2 Objetivos particulares.....                     | 2   |
| II. Justificación.....                              | 3   |
| III. Marco teórico.....                             | 5   |
| 3.1 El alcohol y la sociedad.....                   | 5   |
| 3.2 Componentes que integran al sistema.....        | 6   |
| 3.2.1 Sensores.....                                 | 6   |
| 3.2.2 Relevadores.....                              | 7   |
| 3.2.3 Componentes electrónicos.....                 | 8   |
| 3.2.4 Software y simulación.....                    | 10  |
| 3.2.5 Componentes del auto.....                     | 11  |
| IV. Antecedentes.....                               | 13  |
| V. Estado del arte.....                             | 14  |
| VI. Planteamiento del problema.....                 | 17  |
| 6.1 Descripción del trabajo propuesto.....          | 17  |
| 6.2 Productos o resultados esperados.....           | 18  |
| VII. Desarrollo del trabajo.....                    | 19  |
| 7.1 Necesidad.....                                  | 19  |
| 7.2 Análisis del problema.....                      | 19  |
| 7.2.1 Metodología IDEF-0.....                       | 20  |
| 7.3 Especificaciones de diseño.....                 | 21  |
| 7.4 Diseño conceptual.....                          | 25  |
| 7.5 Selección de la solución adecuada.....          | 28  |
| 7.6 Definición de las especificaciones finales..... | 31  |
| 7.7 Diseño detallado.....                           | 31  |
| 7.7.1 Respecto a inhibir el encendido.....          | 31  |
| 7.7.2 Respecto al sistema antiengaños.....          | 34  |
| 7.7.3 Respecto a la medición de alcohol.....        | 35  |
| 7.7.4 Respecto al mecanismo.....                    | 38  |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 7.7.5 | Aviso oportuno.....                                     | 44  |
| 7.7.6 | Interfaz de usuario.....                                | 45  |
| 7.7.7 | Fuente de alimentación. ....                            | 45  |
| 7.7.8 | Estimación de costos.....                               | 46  |
| 7.8   | Diseño CAD.....   | 46  |
| 7.8.1 | Mecánica.....   | 46  |
| 7.8.2 | Electrónica.....  | 50  |
| 7.8.3 | Simulaciones.....                                       | 52  |
| 7.8.4 | Soportes LCD y alcoholímetro.....                       | 55  |
| 7.9   | Construcción del prototipo.....                         | 56  |
| VIII. | Análisis y validación de resultados.....                | 66  |
| IX.   | Conclusiones.....                                       | 71  |
| X.    | Trabajo futuro.....                                     | 72  |
| XI.   | Fuentes de consulta.....                                | 73  |
|       | Apéndices.....  | 75  |
|       | Anexo 1. Información de automóvil.....                  | 75  |
|       | Anexo 2. Diagramas IDEF-0.....                          | 76  |
|       | Anexo 3. Tablas de desarrollo del trabajo.....          | 80  |
|       | Anexo 4. Cálculos realizados.....                       | 82  |
|       | Anexo 5. Información para selección de componentes..... | 90  |
|       | Anexo 6. Planos de piezas.....                          | 99  |
|       | Anexo 7. Costos estimados.....                          | 109 |
|       | Anexo 8. Código implementado.....                       | 110 |
|       | Anexo 9. Análisis y validación de resultados.....       | 117 |

## Índice de tablas

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Tabla 1. | Necesidades.....                                  | 22 |
| Tabla 2. | Métricas y unidades.....                          | 22 |
| Tabla 3. | Valores ideales y marginales de las métricas..... | 24 |
| Tabla 4. | Tabla de pertenencia.....                         | 29 |
| Tabla 5. | Objetivos ponderados.....                         | 30 |
| Tabla 6. | Especificaciones finales.....                     | 31 |
| Tabla 7. | Características de motor seleccionado [14].....   | 41 |
| Tabla 8. | Posición deseada en función de la velocidad.....  | 44 |
| Tabla 9. | Consumo estimado de energía.....                  | 45 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 10. Respuesta del sensor de velocidad en CA y con puente de diodos..... | 59 |
| Tabla 11. Pruebas a visión artificial.....                                    | 68 |

## Índice de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Sensor MQ-3. ....  | 7  |
| Figura 2. Partes de un relevador [6].....  | 7  |
| Figura 3. Módulo SIM800L.....  | 8  |
| Figura 4. Diagrama de conexión. ....   | 8  |
| Figura 5. Pantalla de cristal líquido. ....  | 9  |
| Figura 6. Módulo IMX219.....   | 9  |
| Figura 7. Software de diseño electrónico 1. ....                                     | 10 |
| Figura 8. Software de diseño electrónico 2. ....                                     | 10 |
| Figura 9. Aplicación de OpenCV.....  | 11 |
| Figura 10. Interruptor de encendido [7]. ....  | 11 |
| Figura 11. Diseño conceptual del proyecto [8]. ....                                  | 13 |
| Figura 12. Alcohólimetro en automóvil de la compañía Seat [10].....                  | 14 |
| Figura 13. Sistema Alcostock, desarrollado por alumnos del CECyt 4 del IPN [15]..... | 15 |
| Figura 14. Alcohólimetro Ecuador [12].....   | 16 |
| Figura 15. Sistema de visión artificial de Latacunga [17].....                       | 16 |
| Figura 16. Diagrama de funcionamiento. ....  | 18 |
| Figura 17. Diagrama A-0.....   | 20 |
| Figura 18. Diagrama A-0.....   | 21 |
| Figura 19. Diseño conceptual 1. ....   | 26 |
| Figura 20. Diseño conceptual 2. ....   | 27 |
| Figura 21. Diseño conceptual 3. ....   | 28 |
| Figura 22. Sistema general de encendido de un automóvil.....                         | 32 |
| Figura 23. Diagrama general de un relevador de cinco pines. ....                     | 33 |
| Figura 24. Relevador JQC-3FF-S-Z.....  | 33 |
| Figura 25. Raspberry Pi 4 modelo B. ....   | 34 |
| Figura 26. Sensibilidad del sensor MQ-3 al alcohol [20].....                         | 36 |
| Figura 27. Sensibilidad del sensor MQ-3 al aire [20].....                            | 36 |
| Figura 28. Prueba a sensor MQ3.....  | 37 |
| Figura 29. Prueba de fuerza. ....  | 38 |
| Figura 30. Bosquejo de mecanismo a implementar. ....                                 | 39 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 31. Motor seleccionado [14].                              | 41 |
| Figura 32. Puente H Drv8871.                                     | 42 |
| Figura 33. Cople flexible seleccionado.                          | 42 |
| Figura 34. Sensor ultrasónico.                                   | 43 |
| Figura 35. Control por implementar.                              | 44 |
| Figura 36. Display LCD 16x2 con interfaz I2C.                    | 45 |
| Figura 37. Regulador de voltaje Lm7805 [25].                     | 46 |
| Figura 38. Placa limitadora de velocidad, esfuerzo de Von Mises. | 47 |
| Figura 39. Placa limitadora de velocidad, factor de seguridad.   | 47 |
| Figura 40. Simulación estática de tuerca, esfuerzo de Von Mises. | 48 |
| Figura 41. Simulación estática con tuerca, factor de seguridad.  | 49 |
| Figura 42. Ensamble del mecanismo.                               | 50 |
| Figura 43. Modelo explosionado, vista dimétrica.                 | 50 |
| Figura 44. Diagrama Raspberry Pi.                                | 51 |
| Figura 45. Diagrama de Relay y MQ-3.                             | 51 |
| Figura 46. Diagrama control motor y entradas analógicas.         | 52 |
| Figura 47. Inicialización de pines.                              | 53 |
| Figura 48. Base de programación.                                 | 54 |
| Figura 49. Componentes de interfaz.                              | 55 |
| Figura 50. Soporte para sensor ultrasónico.                      | 55 |
| Figura 51. Placa base.   | 56 |
| Figura 52. Taladrado en placas con taladro de banco.             | 57 |
| Figura 53. Proceso de soldadura.                                 | 57 |
| Figura 54. Mecanismo en automóvil.                               | 58 |
| Figura 55. Respuesta del sistema con controlador PI.             | 58 |
| Figura 56. Respuesta a la velocidad en CC.                       | 59 |
| Figura 57. Conexión de relevador.                                | 60 |
| Figura 58. Estructura interna del alcoholímetro.                 | 60 |
| Figura 59. Alcoholímetro.  | 61 |
| Figura 60. Ubicación sensores de ambiente.                       | 61 |
| Figura 61. Posición de cámara.                                   | 62 |
| Figura 62. Posicionamiento de luces.                             | 62 |
| Figura 63. Entrenamiento de visión artificial.                   | 63 |
| Figura 64. Diseño de PCB.  | 64 |
| Figura 65. Conexiones de componentes a PCB.                      | 64 |
| Figura 66. Conexión de Raspberry.                                | 65 |
| Figura 67. Opción de realizar prueba en alcoholímetro.           | 66 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 68. Pruebas de detección de rostro con visión artificial..... | 67 |
| Figura 69. Tiempo de soplo. ....                                     | 67 |
| Figura 70. Interfaz indicando alcohol en ambiente. ....              | 69 |
| Figura 71. Interfaz indicando no apto para conducir.....             | 70 |
| Figura 72. Interfaz indicando falla en algún sensor de alcohol. .... | 70 |



## **I. Introducción.**

El objetivo de este proyecto es diseñar y construir un sistema mecatrónico capaz de inhibir automáticamente el encendido de un automóvil modelo Ford Focus 2001 si el conductor se encuentra bajo los efectos del alcohol, y regular la velocidad del automóvil si es que el conductor ya se encuentra manejando. El presente trabajo tiene como finalidad proveer un sistema tecnológico que ayude a reducir los accidentes, muertes y lesiones causadas por manejar bajo los efectos del alcohol.

El proyecto por desarrollar consiste en un sistema mecatrónico constituido por varios subsistemas, los cuales se han de interconectar de manera óptima para el correcto cumplimiento del objetivo general. Se trata de realizar una correcta medición de alcohol al conductor antes de encender el coche por medio de sensores MQ, y un monitoreo constante del ambiente para identificar cuando la concentración de alcohol en el aire aumente, de esta forma solicitar una nueva prueba. Por otro lado, para evitar que el sistema sea burlado se hará uso de visión artificial, de esta forma se identificará que el conductor sea en efecto quien esté realizando la prueba de alcoholemia.

También se ha de diseñar y construir un mecanismo con la finalidad de regular el ángulo máximo del pedal del acelerador del carro, con esto se buscará reducir la velocidad en caso de detectar que los niveles de alcohol en el ambiente aumentan, igualmente será útil para bloquear el acelerador cuando se detecte que el conductor no puede conducir, pero requiere indiscutiblemente encender el auto.

Si se encuentra que los niveles de alcohol aumentan en el aire entonces se enviará un mensaje de texto a un contacto predeterminado avisando de un posible conductor alcoholizado, esto será posible utilizando un módulo GSM.

### **1.1 Objetivo general.**

- Diseñar y construir un sistema que pueda inhibir automáticamente el encendido de un automóvil modelo Ford Focus 2001 si el conductor se encuentra bajo los efectos del alcohol, y regular la velocidad del automóvil si es que el conductor ya se encuentra manejando.

## **1.2 Objetivos particulares.**

- Diseñar y construir un dispositivo ergonómico de medición de alcohol.
- Seleccionar la mejor ubicación del dispositivo dentro del auto.
- Realizar con visión artificial un protocolo de seguridad para evitar que el dispositivo de medición de alcohol sea burlado.
- Diseñar una interfaz entre dispositivo y el vehículo que no interfiera con el funcionamiento normal del automóvil.
- Diseñar un mecanismo capaz de bloquear o regular el pedal del acelerador del carro.
- Mandar un mensaje oportunamente a una persona predeterminada cuando se determine que el conductor está ebrio y cumplir con un protocolo de seguridad.
- Realizar pruebas de funcionamiento al sistema.

## **II. Justificación.**

México ocupa el séptimo lugar en el mundo en la lista de países que presentan mayor cantidad de muertos por accidentes de tránsito y la segunda posición en América Latina. Anualmente, México registra más de 24,000 muertes generadas por lesiones en el tránsito [2], lo que la ubica como la primera causa de muerte en la población de 5 a 34 años.

En 2010, los accidentes de carretera causaron 1.24 millones de muertos en el mundo. Se trata de la octava causa de muerte a nivel global y de la primera en el periodo de edad que comprende entre los 15 y los 29 años [3].

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las tendencias actuales muestran que en el año 2030 los accidentes de carretera se convertirán en la quinta causa de muerte en el mundo si no se lleva a cabo ninguna acción [3].

De acuerdo con el Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI), en el año 2019 se registraron a nivel nacional 362,586 accidentes de tránsito terrestre en zonas urbanas y suburbanas, de los cuales el estado de Zacatecas registró 2,561 accidentes [4]. Las personas que manejan en estado de ebriedad cometen un delito debido a que atenta contra la vida.

Según el reglamento general de la ley de tránsito y vialidad del estado de Zacatecas, en su artículo 159 se expresa que; “queda prohibido conducir vehículos por la vía pública en estado de ebriedad no apto para conducir” [1]. Las sanciones por dichas conductas pueden ascender a multas de 120 UMAs (Unidades de medida y actualización), e incluso la detención.

Debido a esto se necesita desarrollar un sistema tecnológico que permita controlar y bloquear un vehículo de tal forma que las personas que hayan ingerido alcohol en un porcentaje superior al permitido no lo puedan encender y por lo tanto no puedan conducir el automóvil.

Este sistema puede impactar directamente en la vida de las personas, mejorar la seguridad vial evitando accidentes y conductores imprudentes, y aliviar un poco los saturados servicios de emergencia tales como, bomberos, policía, y paramédicos.

No se puede pasar por alto que las personas que adquieran este sistema podrán tener una mayor confianza en su automóvil, pues no podrá ser conducido por alguien que esté alcoholizado, incluyendo desde familiares cercanos, hasta personas con intención de cometer el delito de robo.

En un mundo que cada vez se adapta más a la utilización de la tecnología como respuesta a sus problemáticas más agobiantes parece indiscutible el hecho de que un sistema como este ayudará a muchas personas a comprender que la tecnología no solamente puede ayudar en sus tareas más complicadas, sino que también puede salvar vidas y mantener una mejor seguridad para los transeúntes de toda una población.

### **III. Marco teórico.**

#### **3.1 El alcohol y la sociedad.**

El hombre ha dispuesto de bebidas alcohólicas desde la aparición de la cerámica. Esta época se encuentra entre finales del mesolítico y principios del neolítico. Gracias a la cerámica se podía realizar el proceso de fermentación del alcohol, así como su almacenamiento. Entre los años 4000 y 3500 antes de Cristo aparece constancia del uso del vino y la cerveza en distintas regiones como China, Egipto y Mesopotamia.

Etimológicamente la palabra alcohol procede el árabe kohol, que hace referencia al antimonio, un polvo fino y negro que las mujeres han usado durante muchos años para ennegrecer los ojos. El alcohol etílico o etanol es el compuesto activo esencial de las bebidas alcohólicas. Su fórmula química es  $C_2H_5OH$ . Es un líquido aromático y combustible cuya variedad depende sobre todo del tipo de fruta o cereal y del proceso del que se obtiene: fermentación o destilación.

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud) es considerado como una droga, pues cumple con los criterios que definen a una sustancia como tal: genera adicción, provoca tolerancia y su ausencia provoca el síndrome de abstinencia. Cuando el alcohol se consume de una forma habitual y en cantidades excesivas puede dar lugar al alcoholismo. El alcoholismo se puede definir como un estado de dependencia física y psíquica del individuo, que determina una serie de conductas dirigidas al consumo compulsivo y continuado del alcohol.

Actualmente, en los países europeos se aprecia que el consumo de alcohol va en aumento y además la edad de comienzo de consumo está descendiendo.

Casi la mitad de la población española se inicia en el alcohol antes de los 16 años, por varios motivos, pero el principal es el de integrarse en un grupo donde los demás miembros también consumen alcohol. Se puede decir que el alcohol es una forma de socialización, sobre todo en la época de la adolescencia.

Hay que señalar que este aumento del consumo en los jóvenes, de ambos sexos, es preocupante ya que se sabe que un inicio precoz se asocia a un mayor consumo posterior. La adolescencia es un momento de gran riesgo para el inicio del consumo de alcohol. Es un momento crítico, los padres pierden control sobre la conducta del joven, y es éste el que adquiere un cierto autocontrol de su vida. Hay que destacar la pauta de consumo juvenil que se produce en la mayor parte de los jóvenes, independientemente de su edad, sexo, clase social, u otros factores.

En el estado de Zacatecas, México, la encuesta nacional de consumo de drogas en estudiantes 2014 encuentra que en los alumnos de secundaria y bachillerato el 55.1% de la población estudiantil ha consumido alcohol alguna vez en su vida (57.5% hombres y 53% mujeres) y el 15.1% ha presentado consumo excesivo de alcohol (18.2% hombres y 12.4% mujeres). Las prevalencias de estos indicadores se encuentran en el porcentaje nacional. El 14.9% de los estudiantes presenta un patrón de consumo problemático de alcohol (18.9% de los hombres y 11.4% de las mujeres). Por nivel educativo, 10.5% de los alumnos de secundaria tiene un consumo problemático y se incrementa en los de bachillerato a 23.5%. Estos porcentajes de consumo en el estado se encuentran dentro de la prevalencia nacional [5].

Respecto a los estudiantes de primaria, el 12.2% ha probado una bebida alcohólica alguna vez en la vida, prevalencia por debajo del porcentaje nacional (18% hombres, 7.1% mujeres) y 1.9% ha presentado consumo excesivo de alcohol, porcentaje similar al nacional.

### **3.2 Componentes que integran al sistema.**

El proyecto se ha de conformar por sensores y actuadores, componentes electrónicos, mecanismos y una interfaz. Los componentes más relevantes se mencionan a continuación.

#### **3.2.1 Sensores.**

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.

Para el problema que se presenta se ha encontrado que existen sensores de gas, que basan su funcionamiento en una muestra de partículas que provocan un cambio físico o químico de un material sensible al gas. Los sensores de gas más utilizados se basan en óxidos semiconductores como por ejemplo el óxido de estaño ( $\text{SnO}_2$ ).

#### Sensor MQ-3.

Este sensor es adecuado para la detección de concentración de alcohol, al igual que lo hace un alcoholímetro, posee una respuesta rápida en el tiempo y su sensibilidad es ajustable por medio de un potenciómetro externo para obtener una salida digital. Este sensor se muestra en la figura 1, este debe acercarse lo suficiente a la sustancia para detectar el vapor y tomar las lecturas deseadas.



Figura 1. Sensor MQ-3.

En el interior del MQ-3 se encuentra un pequeño tubo de cerámica de óxido de aluminio, el cual sirve de sistema de calefacción. En su interior hay seis bobinas que ejercen un campo electromagnético el cual produce calor. Tiene características de alta sensibilidad al gas de alcohol, buena resistencia a la gasolina, el humo y el vapor, puede detectar el alcohol con diferente concentración, posee una vida larga y estable, y tiene un bajo costo.

### 3.2.2 Relevadores.

Son interruptores accionados por electroimán. En la figura 2 se puede ver cómo a su vez este electroimán está formado por una barra de hierro llamado núcleo, rodeado por una bobina de hilos de cobre. Cuando se hace pasar corriente por el hilo de cobre el núcleo se magnetiza, la intensidad varía de acuerdo con la intensidad de la corriente que se le administra y al número de vueltas de la bobina.

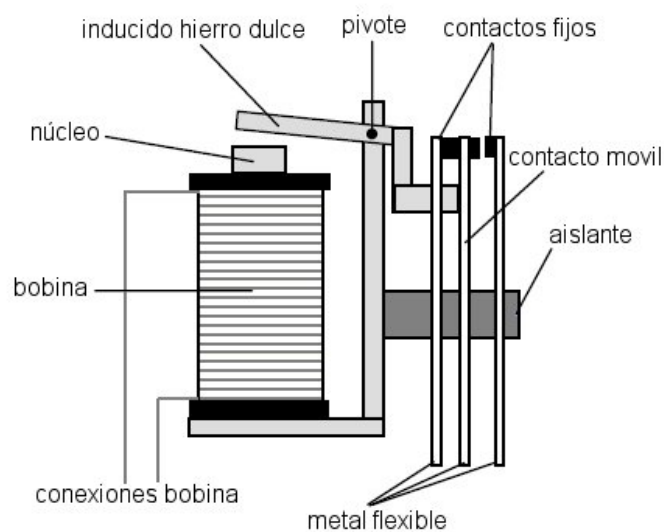


Figura 2. Partes de un relevador [6].

El relevador más simple funciona como interruptor, formado por un contacto móvil y uno fijo. Sin embargo, hay otros relevadores que funcionan como un conmutador, disponiendo de un polo y dos contactos. Para determinar el relevador a utilizar se harán pruebas al automóvil en específico para medir la corriente a la que estará expuesto al relé.

### 3.2.3 Componentes electrónicos.

#### SIM 800L.

Se considera utilizar este módulo de telefonía móvil para enviar un mensaje a un contacto especificado por el conductor, trabaja en las bandas de 850, 900, 1800 y 1900 MHz, así que el dispositivo permite añadir voz, SMS y datos a cualquier microcontrolador, se puede observar el módulo en la figura 3.



Figura 3. Módulo SIM800L.

El módulo tiene pines de conexión a antena, alimentación (trabaja de 3.4 a 4.4V), reset del módulo, comunicación (RXD y RXT), a tierra, indicador de que está sonando (RING), control para el modo sleep, entrada de audio y salida de audio. Un ejemplo de conexión se muestra en la figura 4 donde se conecta a dos pines de una tarjeta arduino y a un módulo de alimentación.

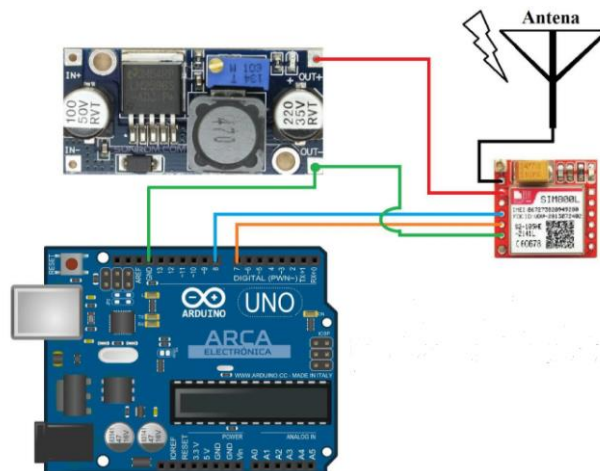


Figura 4. Diagrama de conexión.



## LCD

LCD es el acrónimo de Liquid Crystal Display (pantalla de cristal líquido), hay varios tipos de LCD, como de 16x1, que es una fila de 16 caracteres, pero la más usual es la de 16x2, es decir, puede mostrar 16 caracteres en la primera fila y de igual manera en la segunda, como se muestra en la figura 5.



Figura 5. Pantalla de cristal líquido.

Las conexiones de éste son, GND (tierra), alimentación (5V), control de contraste, RS (selector entre comandos y datos), RW (escritura y lectura de comandos), sincronización de lectura de datos, pines de datos de 8-bit, entre otros. Este dispositivo se usará para interacción entre el usuario y la máquina, e indicar si el conductor pasó satisfactoriamente la prueba o no.

## Sensor de imagen IMX219PQ

Para implementar el sistema de visión artificial se plantea usar la cámara IMX219 para capturar la información que compone la imagen. La placa de cámara es compatible con Raspberry, ofrece opciones de control de exposición, el balance de blancos y la detección de la iluminancia. El módulo se observa en la figura 6.



Figura 6. Módulo IMX219.

### 3.2.4 Software y simulación.

Para la parte de los elementos electrónicos que se van a utilizar en su conjunto se puede utilizar una plataforma para simulación, la cual será elegida después de examinar las diferentes opciones, esta será utilizada para diseño electrónico, simulación electrónica, y crear esquemas electrónicos, tal como se puede ver en la figura 7, donde se encuentra plasmado un circuito electrónico.

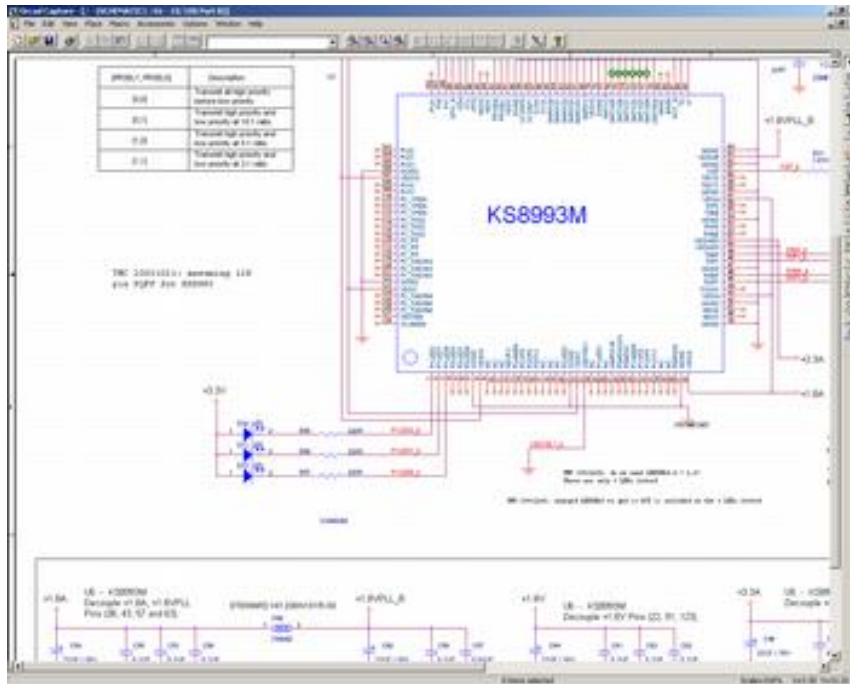


Figura 7. Software de diseño electrónico 1.

Por otro lado, también se puede usar otro programa el cual se observa en la figura 8. Esta aplicación sirve para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas, desde el diseño del esquema electrónico, programación de software, simulación de todo el conjunto, depuración de errores y documentación.

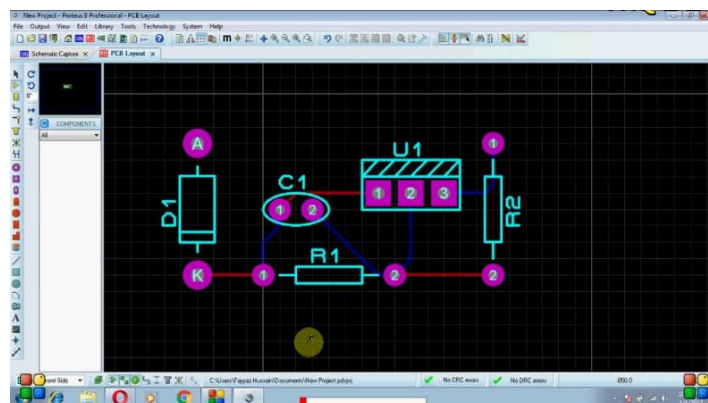


Figura 8. Software de diseño electrónico 2.

Para desarrollar el sistema antiengañó se hará uso de visión artificial. Para realizar la programación necesaria se planea usar la biblioteca de uso libre OpenCV (Open Computer Vision). Su estilo de programación está basado en código C y C++, puede utilizar el sistema de primitivas de rendimiento integradas de Intel, un conjunto de rutinas de bajo nivel para procesadores. Un ejemplo de aplicaciones con la librería se muestra en la figura 9.

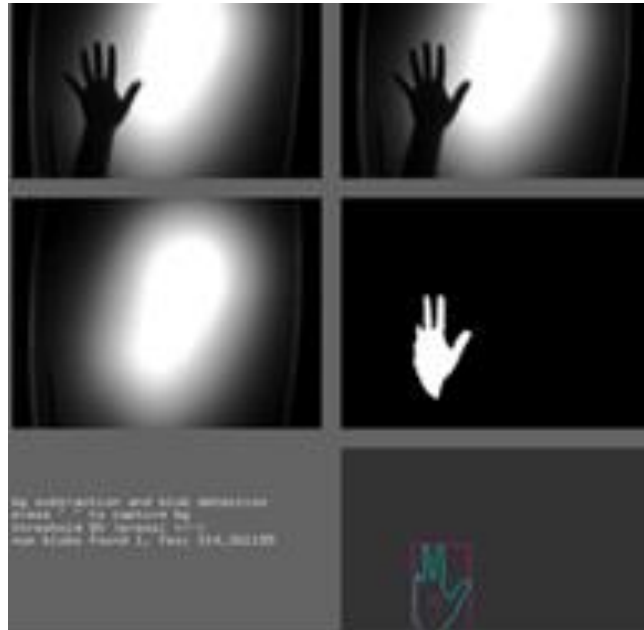


Figura 9. Aplicación de OpenCV.

### 3.2.5 Componentes del auto.

El interruptor del encendido cuenta con 4 etapas: la primera es 0 (desconectado), donde el encendido está en OFF; la segunda etapa es I (accesorios), permite el uso de accesorios eléctricos, como la radio, aunque el motor no esté en marcha; la tercera es la etapa II (encendido), todos los circuitos eléctricos funcionan, lo que indica que las luces y los indicadores de advertencia se encienden; y la última etapa es III (arranque), aquí se pone en marcha el motor. Las etapas mencionadas anteriormente se muestran en la figura 10.



Figura 10. Interruptor de encendido [7].

La interconexión de las cuatro etapas se muestra en el diagrama de arranque del carro ubicado en el anexo 1 el cual está basado en los autos Ford Focus modelos 2000 a 2005, aunque por fines prácticos se buscará no interferir con el PCM (Powertrain Control Module) que es el encargado de regular la velocidad el motor.

#### IV. Antecedentes.

La Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería campus Zacatecas del IPN es una unidad joven, pues fue fundada en el 2009 y actualmente cuenta con 12 años de historia. Dentro de este periodo de tiempo se han desarrollado varios proyectos, sin embargo, solo se encontró uno que fue implementado en un automóvil y tiene relación en el control de la posición de la palanca de aceleración.

El Proyecto “*Adaptación de conducción de un vehículo automático para personas con deficiencia motriz inferior*” fue desarrollado en el año 2017 por Pedro Arturo Casas Pasillas, Patricio Hernández Rodríguez y Alejandro Romo Arroyo.

En la figura 12 se ilustra el diseño conceptual seleccionado por el equipo, en él, se pueden apreciar los pedales, los cuales están acoplados a un cable, y este a su vez a los motores respectivos, esto es, para al momento de girar el motor tense el cable y permita el movimiento del pedal. Además, se muestra la imagen del volante con lo que será el dispositivo de accionamiento de los pedales, consiste en cuatro gatillos que irán acoplados a una estructura que permita fijarse al volante, estos gatillos están pensados para que se pueda accionar el freno con los dos del lado izquierdo y el acelerador con los dos del lado derecho.

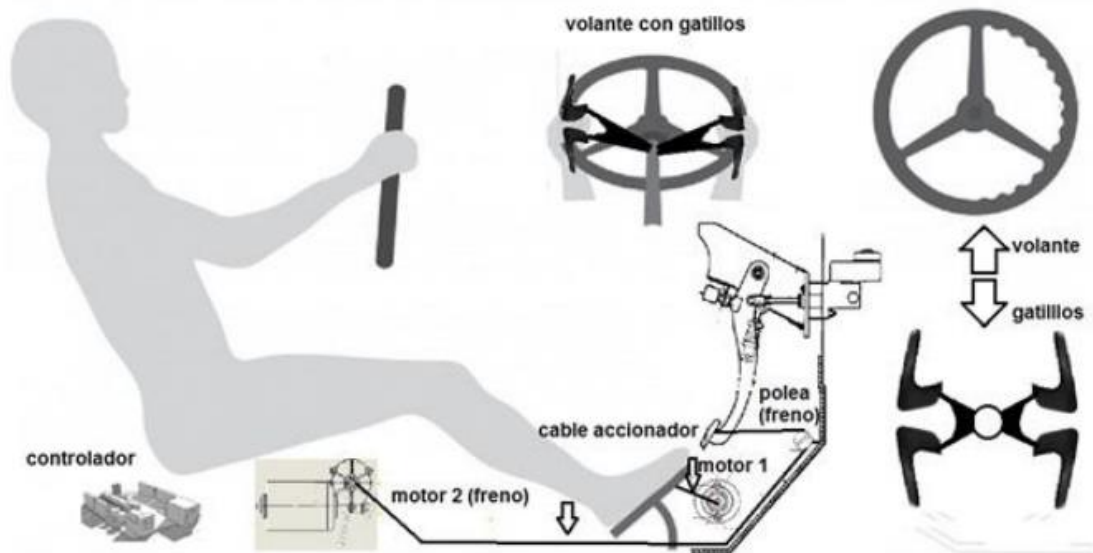


Figura 11. Diseño conceptual del proyecto [8].

## V. Estado del arte.

Existen varios trabajos relacionados a este tema, sin embargo, aún no se ve una respuesta a la problemática de forma completa, debido a que no se ha diseñado un dispositivo que abarque todas las tareas necesarias.

Primero se tiene una noticia del periódico *El español* que menciona que “será obligatorio: a partir de 2022 que todos los coches de la Unión Europea tendrán que llevar un alcoholímetro y no arrancará si el conductor da positivo. Todavía queda mucho por desarrollar y por concretar sobre cómo será este sistema. O si incluso pudiese haber distintos sistemas dentro de unos márgenes legales. Sin embargo, ya hay un vehículo que incluye el alcoholímetro como el siguiente: Dräger, una compañía líder en sistemas de protección respiratoria.” [9], es decir que ya se está considerando aplicar este tipo de sistemas a todos los automóviles.

Además, se tiene la implementación de un alcoholímetro en el auto modelo Leon Cristobal de la compañía Seat. El sistema de este vehículo tiene la desventaja de que no permite conducir si el conductor presenta un grado de alcoholemia mayor a 0.0, lo cual podría ser inconveniente ya que algunos alimentos y bebidas contienen alcohol en pequeña proporción, pero detectable, dicho auto se presenta en la figura 12.



Figura 12. Alcoholímetro en automóvil de la compañía Seat [10].

Por otra parte, dentro del Instituto Politécnico Nacional se han desarrollado sistemas semejantes, como es el caso de Alcoshock que como se menciona en un comunicado de prensa del IPN.

“Alcoshock es un sistema creado por estudiantes del Instituto Politécnico Nacional (IPN) que pretende disminuir los accidentes automovilísticos por abuso del alcohol, ya que, al detectar niveles por encima de las 400 partículas etílicas en el aliento, corta la corriente eléctrica del vehículo y automáticamente llama a una serie de celulares predeterminados. El prototipo desarrollado para el Programa Poliemprende en el Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECyT) 4 “Lázaro Cárdenas” por Manuel de

Jesús Pérez Montes de Oca, Daniel Rivera César, Oscar Giovanni Rodríguez Martínez y José Manuel Amaya Alcantar, tiene un sensor de alcohol que los creadores pretenden colocar en el volante del automóvil.” [11]. El proyecto fue realizado con un Arduino y un módulo SIM800 el cual sirve para enviar mensajes o llamar a través del Arduino. No hay información para acreditar de que finalmente fue adaptado a algún automóvil. El resultado de este trabajo se puede apreciar en la figura 13.



*Figura 13. Sistema Alcostock, desarrollado por alumnos del CECyt 4 del IPN [15].*

Otro prototipo es el de María Paula Casanova V. de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en Ecuador [12], este prototipo implementa un alcoholímetro usado por las autoridades llamado alcocheck para realizar la prueba de aliento del conductor, además implementa otro sistema para saber si el conductor es apto para conducir, este sistema depende de la variación de la cantidad de alcohol en el ambiente, si esto ocurre entonces otro sensor lo detecta y reduce la velocidad del carro para que no pase los 40 Km/h. Ella utilizó el microcontrolador ATMEGA 164P y usó el software ATMEL STUDIO para hacer su programación. Utilizó el sistema de arranque para controlar el encendido y usó varios relevadores de 10 amperes a 20 volts de corriente directa. El sistema antes de ser montado en el vehículo se muestra en la figura 14.

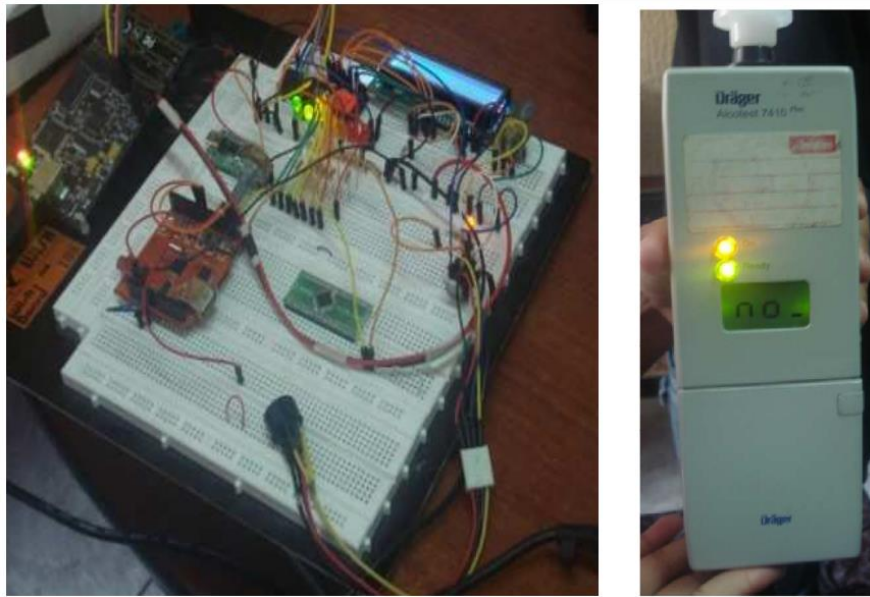


Figura 14. Alcoholímetro Ecuador [12].

Para la visión artificial en un auto se presenta el prototipo realizado por Erick Benito Román Z. y Jhonatan Alexander Sangovalin C. del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica en Latacunga Ecuador [13], este sistema se desarrolló para detectar cuando un conductor parpadeaba, bostezaba o desviaba la mirada del camino, para evitar accidentes causados por el conductor al estar distraído. Usaron un Raspberry Pi 4, una cámara digital y sensores infrarrojos. La principal característica de interés es la detección del rostro que se muestra en la figura 15.

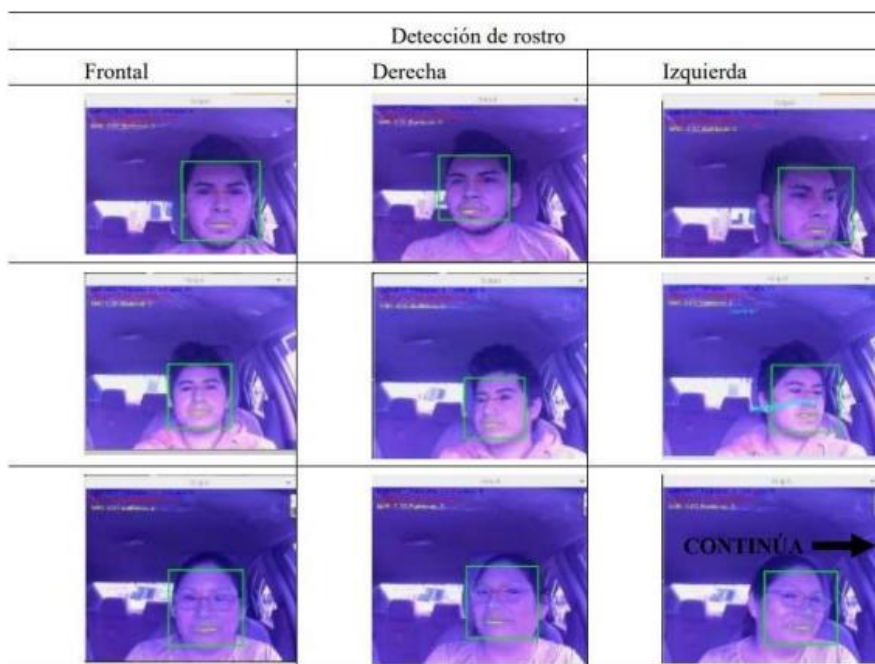


Figura 15. Sistema de visión artificial de Latacunga [17].



## **VI. Planteamiento del problema.**

### **6.1 Descripción del trabajo propuesto.**

Se desarrollará un equipo capaz de reconocer el grado de alcohol que tenga una persona, para este caso particular el conductor del automóvil. Contará con dos protocolos de seguridad, para diferentes interacciones con el dispositivo, en los dos se pueden encontrar diferentes características.

El primero es si dicha persona al aplicar la prueba no cumple con el grado de alcohol con el que la ley permite conducir, entonces el automóvil no encenderá, el sistema de reconocimiento con visión artificial deberá detectar que efectivamente es el conductor de lo contrario tendrá que repetir la prueba hasta que se compruebe.

Una vez realizada la prueba, si se ha detectado que el nivel de alcohol no es el óptimo para conducir, pero se requiere por parte del conductor encender el vehículo entonces podrá hacerlo, pero se activará un mecanismo para el bloqueo del pedal del acelerador con el fin de evitar la conducción.

Por otro lado, si se determina que el conductor es apto para conducir se dejará encender el carro y maniobrar con él, pero, se monitoreará mediante sensores si aumenta el alcohol en el ambiente. Esto con el fin de prever la posibilidad de que el conductor haya entrado al automóvil no alcoholizado, pero dentro de este se encuentre ingiriendo alcohol, si es así entonces se encenderá un regulador mecánico para que el individuo no pueda acelerar por arriba de una velocidad determinada y le pedirá al conductor otra prueba dándole un lapso de tiempo suficiente para que aparque, si dentro de este lapso de tiempo no se efectúa la prueba se enviará un mensaje de texto a un contacto preestablecido indicando que el vehículo está siendo conducido en presunto en estado de ebriedad.

En el proyecto no se contemplan las acciones del conductor o el lugar en donde se esté maniobrando mientras se permanezca en ese estado de alcohol. Será implementado sólo en un modelo específico de automóvil como prueba y el dispositivo deberá tener un buen diseño para evitar una mala estética en el carro.

Se ve el diagrama de funcionamiento en la figura 16, donde el bloque “apagado de carro” es llevado a cabo por el conductor.

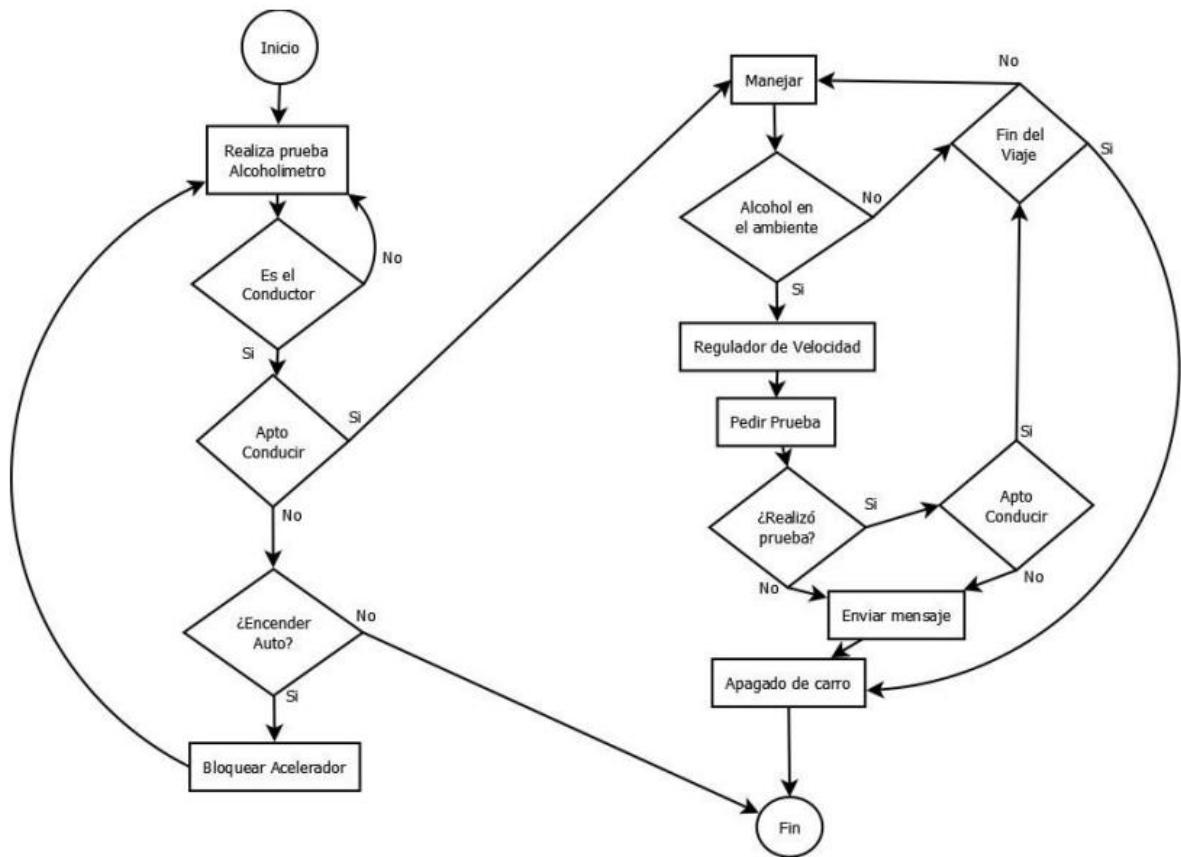


Figura 16. Diagrama de funcionamiento.

## 6.2 Productos o resultados esperados.

Se espera obtener un sistema completamente autónomo que pueda medir con precisión el nivel de alcohol que presenta el conductor de un automóvil, y con base en esta información decidir si es prudente o no que la persona conduzca, cumpliendo así con los dos protocolos propuestos.

Se espera que el producto sea pequeño, fácil de instalar y seguro, que sea lo más compacto posible, empleando pequeños contenedores y circuitos impresos.

Finalmente, se espera que las medidas utilizadas para decidir si una persona es apta o no para conducir sean lo más cercanas a las reglas establecidas por las autoridades gubernamentales y de tránsito y vialidad.

## **VII. Desarrollo del trabajo.**

### **7.1 Necesidad.**

Se detectó la necesidad que tiene la sociedad zacatecana de contar con un dispositivo capaz de monitorear el estado de embriaguez del conductor de un automóvil, pues es muy común el tránsito de choferes imprudentes que no están en las condiciones apropiadas para conducir, poniendo en riesgo su vida y la de sus semejantes.

También se pudo observar que existen algunos sistemas ya desarrollados (comerciales o prototipos) que buscan solventar esta necesidad, sin embargo todos presentan limitantes, la gran mayoría de estos no tienen una forma efectiva de verificar que efectivamente es el conductor quien realiza la prueba, y otros no permiten bajo ninguna circunstancia encender el auto si la persona presenta un grado de alcohol elevado, esto puede provocar problemas porque se priva al individuo de la libertad de usar también otros sistemas del auto como el aire acondicionado, las luces o la alimentación para cargar un teléfono móvil. En el caso de este proyecto, si el individuo está alcoholizado no podrá manejar, pero tendrá también la opción de solamente encender el auto.

### **7.2 Análisis del problema.**

El problema radica en el hecho de que cualquier persona puede arrancar un automóvil y conducirlo sin ningún tipo de restricción y/o verificación para saber si es apto para conducir. Por lo cual, la presente propuesta para solucionar este problema es proveer un sistema, el cual restrinja al conductor a no sobrepasar los límites de alcohol establecidos por las autoridades. Para alcanzar este objetivo se divide la problemática en dos partes, la primera es el caso de enviar una señal que provoque que el auto no pueda encender si se detecta que se sobrepasan estos límites. Para la segunda parte, es la característica de verificar que mientras el conductor conduce no se presente alcohol en el ambiente, si se presenta alcohol entonces se ejecutarán acciones de enviar una notificación a una persona encargada de buscar al conductor, así como disminuir la velocidad del vehículo.

### 7.2.1 Metodología IDEF-0.

En los diagramas IDEF-0 que se mostrarán posteriormente se puede ver el funcionamiento del sistema, el cual se divide en dos partes, explicando mejor la solución a la problemática.

La primer parte es concerniente a la acción de verificar que el conductor, al subir al automóvil no esté alcoholizado, si en efecto lo está, se busca restringir la acción de la conducción por medio de inhibir el encendido o de obstruir el movimiento del acelerador.

La segunda parte muestra la acción de monitorear el nivel de alcohol en el ambiente al interior del automóvil, con el objetivo de verificar que el conductor no esté alcoholizándose mientras maneja, si se detectan indicios de lo anterior entonces se tomarán una serie de medidas. Los diagramas A-0 de la primer y segunda parte se muestran en la figura 17 y 18, los diagramas de menor jerarquía se pueden encontrar en el anexo 2.

Primera parte.

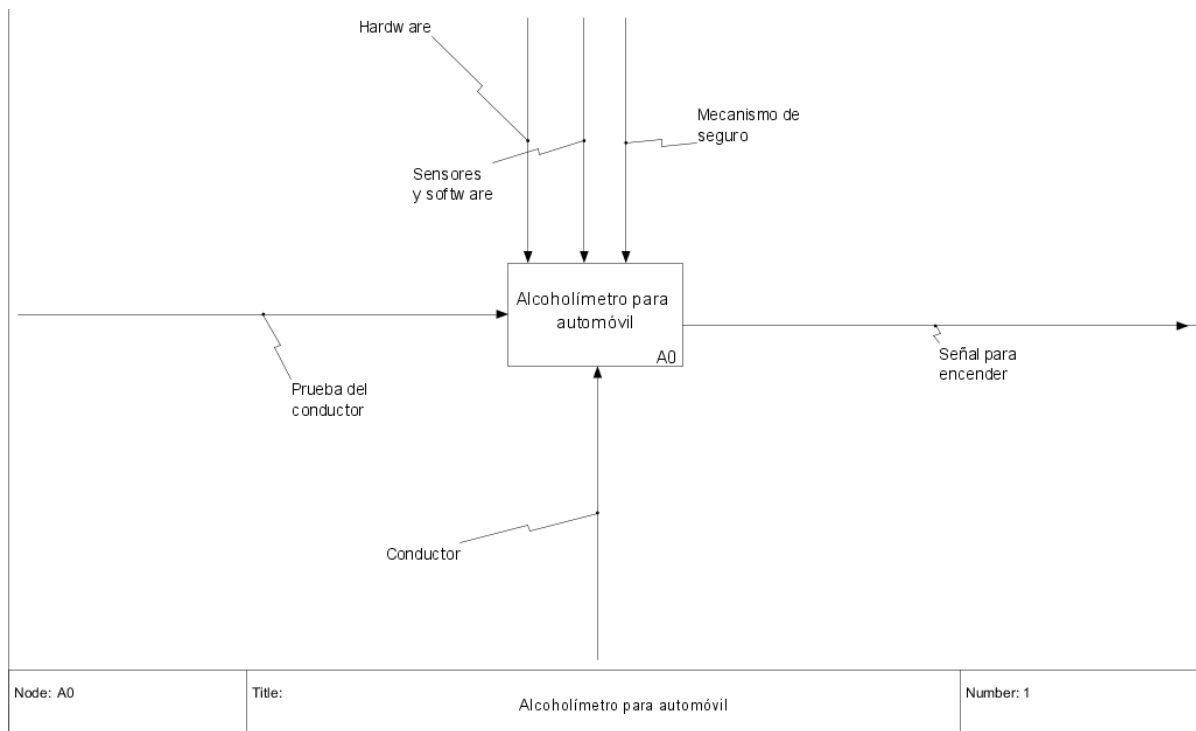


Figura 17. Diagrama A-0.

Segunda parte.

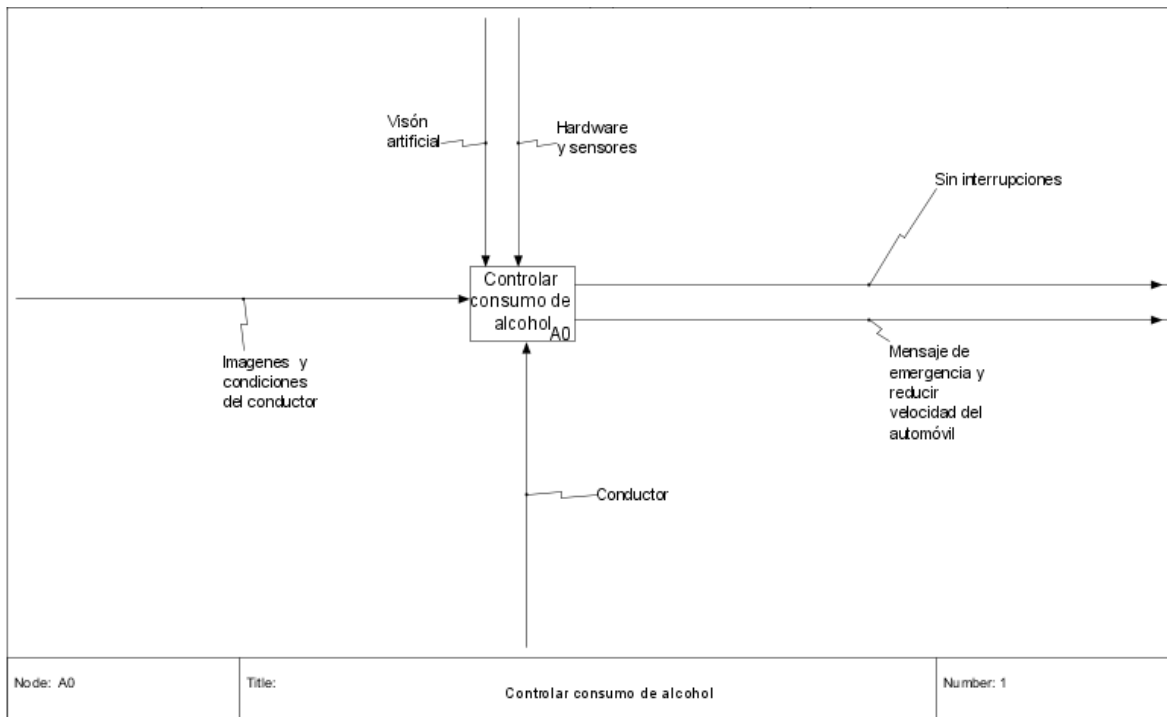


Figura 18. Diagrama A-0.

### 7.3 Especificaciones de diseño.

#### Necesidades.

La tabla de necesidades se encuentra en la tabla 1 junto a las correspondientes importancias relativas donde 1 es más importante, y 5 es menos importante.

Tabla 1. Necesidades.

| No. | Necesidad   | Importancia relativa |
|-----|---|----------------------|
| 1   | Debe ser rápido.                                      | 1                    |
| 2   | Consume poca energía.                                 | 2                    |
| 3   | Debe ser un diseño compacto.                          | 4                    |
| 4   | Tiene poco índice de error.                           | 2                    |
| 5   | Buena estética.                                       | 5                    |
| 6   | Medición continua de alcohol en el aire del vehículo. | 2                    |
| 7   | Uso de materiales mecánicos estandarizados.           | 3                    |
| 8   | Debe pesar poco.                                      | 3                    |
| 9   | Debe necesitar poco mantenimiento.                    | 2                    |
| 10  | Debe ser fácil de instalar.                           | 3                    |
| 11  | Interfaz sencilla.                                    | 2                    |
| 12  | El mecanismo debe ser difícil de vencer.              | 1                    |
| 13  | Debe usar componentes eléctricos estandarizados.      | 4                    |
| 14  | Sistema antiengaño eficiente.                         | 1                    |
| 15  | Grande rango de movimiento del sensor.                | 2                    |

Después, la lista de métricas muestra las unidades que ayudarán a solventar cada necesidad. Esta tabla de métricas con sus correspondientes unidades se encuentra en la tabla 2.

Tabla 2. Métricas y unidades.

| No. Métrica | No. de necesidad | Métrica                                  | Importancia | Unidades       |
|-------------|------------------|--|-------------|----------------|
| 1           | 1                | Tiempo de toma de muestra al conductor   | 1           | Seg.           |
| 2           | 4                | Margen de error en la muestra            | 2           | Mg/l           |
| 3           | 2                | Consumo de energía                       | 2           | Watts          |
| 4           | 8                | Peso                                     | 3           | Kg             |
| 5           | 3                | Volumen                                  | 4           | M <sup>3</sup> |
| 6           | 5,11             | Estética y manejo de dispositivo         | 5           | Subj           |
| 7           | 6                | Tiempo entre muestra de calidad de aire. | 2           | Min            |
| 8           | 7                | Materiales mecánicos estándar.           | 3           | Subj           |
| 9           | 9                | Mantenimientos                           | 2           | Mtto/año       |
| 10          | 10               | Tiempo de instalación                    | 4           | Hrs.           |
| 11          | 12               | Fuerza de mecanismo                      | 1           | Newton         |
| 12          | 13               | Comercialización de componentes          | 5           | Subj           |
| 13          | 14               | Eficiencia de sistema antiengaño         | 1           | Porcentaje     |
| 14          | 15               | Rango de movimiento del sensor           | 2           | cm             |

### Matriz de necesidades y métricas.

La matriz de métricas y unidades, la cual relaciona cada necesidad con su respectiva métrica se observa en la tabla 1 en el anexo 3, con un total de 14 métricas y 15 necesidades.

### Evaluación comparativa

Se ha realizado una evaluación comparativa entre varios productos encontrados en el mercado, esto con la finalidad de observar los valores aproximados de las métricas que dichos productos presentan.

La tabla de evaluación comparativa se encuentra en la tabla 2 del anexo 3, donde:

- *ND\**. No disponible.
- *NP\**. No presenta.

### Valor ideal y marginal

Los valores ideales y marginales asumidos por el equipo de trabajo se muestran en la tabla 3, donde el tiempo de toma de muestra al conductor comienza cuando el individuo empieza a soplar sobre el sensor y éste ya está estabilizado.

Tabla 3. Valores ideales y marginales de las métricas.

| No. Métrica | No. de necesidad | Métrica                                     | Importancia | Unidades       | Valor Ideal | Valor Marginal |
|-------------|------------------|---|-------------|----------------|-------------|----------------|
| 1           | 1                | Tiempo de toma de muestra al conductor.     | 1           | Seg.           | 10          | <30            |
| 2           | 4                | Margen de error en la muestra.              | 2           | mg/l           | 0.5         | <1             |
| 3           | 2                | Consumo de energía.                         | 2           | Watts          | 30W         | <50W           |
| 4           | 8                | Peso.                                       | 3           | Kg.            | 3           | <4.5           |
| 5           | 3                | Volumen.                                    | 4           | m <sup>3</sup> | 0.004       | 0.006          |
| 6           | 5,11             | Estética y manejo del dispositivo.          | 5           | Subj.          | -           | -              |
| 7           | 6                | Tiempo entre muestra de la calidad del aire | 2           | Minutos        | 2           | <10            |
| 8           | 7                | Materiales mecánicos estandarizados.        | 3           | Subj.          | -           | -              |
| 9           | 9                | Mantenimientos.                             | 2           | Mtto/año       | 2           | <6             |
| 10          | 10               | Tiempo de instalación                       | 4           | hrs.           | 1.5         | <2.5           |
| 11          | 12               | Fuerza del mecanismo.                       | 1           | Newton         | 206.01      | >150           |
| 12          | 13               | Comercialización de componentes.            | 5           | Subj.          | -           | -              |
| 13          | 14               | Eficiencia del sistema anti-engaño.         | 1           | Porcentaje     | 95          | >85            |
| 14          | 15               | Rango de movimiento del sensor.             | 2           | Cm.            | 60          | >30,<140       |



## 7.4 Diseño conceptual.

Las propuestas obtenidas mediante una lluvia de ideas se han clasificado en grupos, para así obtener los diseños conceptuales. Cada color ha de representar un diseño conceptual.

Tabla 4. Tabla morfológica.

| Sistema antiengaños                  | Inhibir encendido            | Medición de alcohol.          | Mecanismo.       |                | Aviso a terceros.   |
|--------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|----------------|---------------------|
| VA con cámara termográfica           | Etapas de arranque del motor | Sistema medidor empotrado.    | Piñón-cremallera | PID            | SMS                 |
| Triangulación con sensores de radar. | Etapas de encendido.         | Sistema medidor móvil.        | Trinquete        | Difuso Mamdani | Correo electrónico  |
| VA con cámara de visión nocturna     | Manipular bomba de gasolina  | Sensores cerca del conductor. | Tornillo-tuerca  | PID            | Llamada telefónica. |
|                                      | Desconectar batería.         |                               |                  |                | SMS                 |
|                                      | Etapas de encendido          |                               |                  |                |                     |

| Procesamiento. | Monitoreo constante de alcohol. | Interfaz          |
|----------------|---------------------------------|-------------------|
| PIC16F877      | Sensores cerca del conductor    | Display LCD       |
| PIC18F4550     | Visión artificial               | Pantalla /Monitor |
| Arduino        | Cámara térmica                  | Luces             |
| RaspberryPi    |                                 | Bocina            |

## Propuesta 1

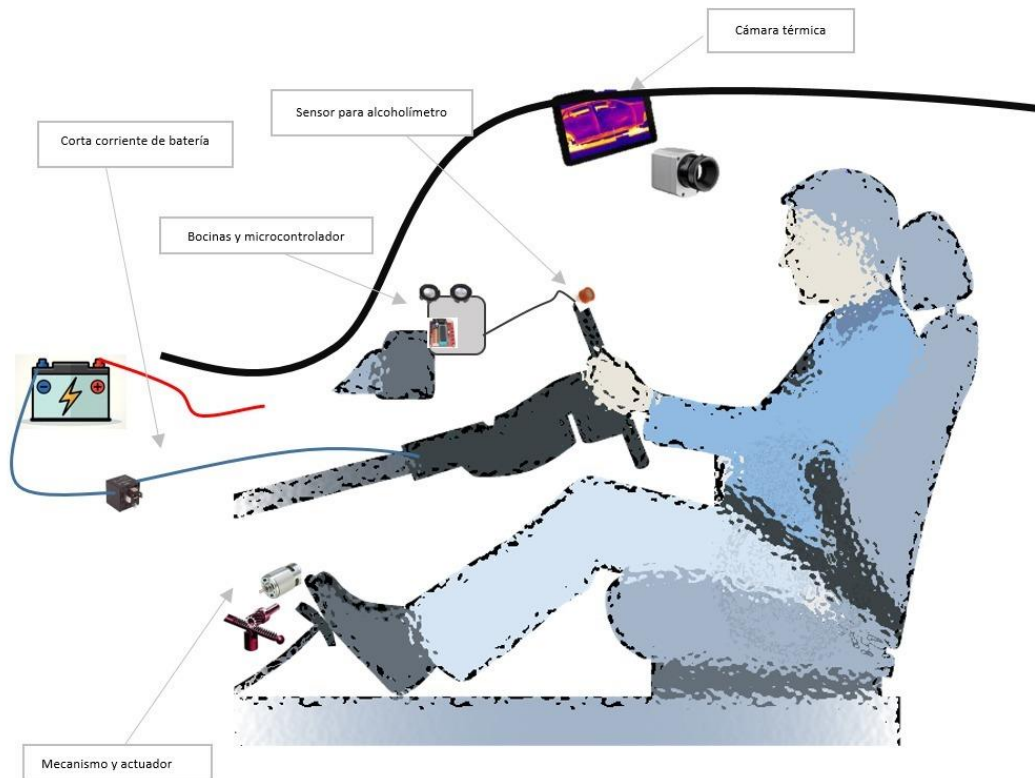


Figura 19. Diseño conceptual 1.

En esta propuesta de diseño, el sensor que tomará la muestra de alcohol estará posicionado en un lugar cercano al conductor, pero no en el volante para que las conexiones no interfieran. Se tendrá en el tablero una carcasa donde estará el microcontrolador y bocinas de alerta. Como se muestra en la figura 19, se tendrá una cámara térmica a la altura de la cara para evitar un engaño al sistema, así como para monitorear que el conductor no ingiera alcohol.

Para la parte del mecanismo que regulará la velocidad, en caso de que sea necesario, se realizará mediante el mecanismo piñón-cremallera el cual será accionado con un motor eléctrico para empujar y limitar el ángulo máximo del pedal del acelerador. Y por último para inhibir el encendido un relé que corte la corriente de la batería.

## Propuesta 2

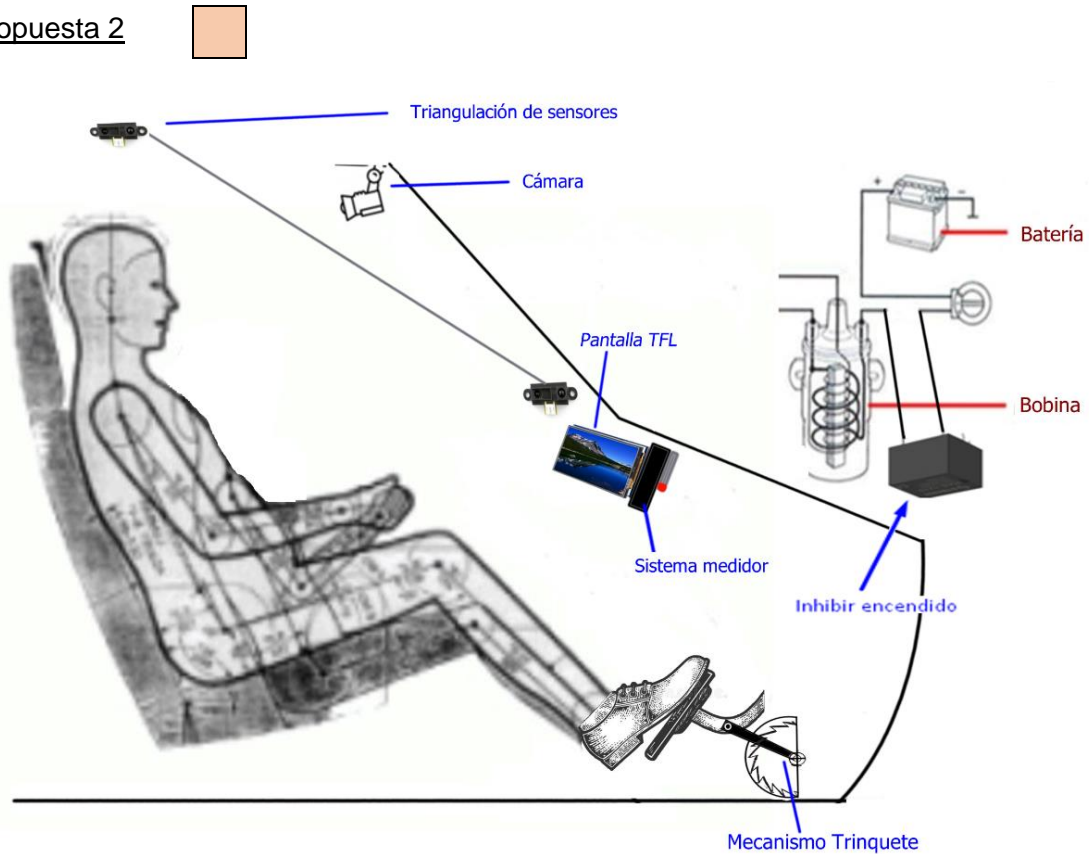


Figura 20. Diseño conceptual 2.

Esta propuesta cuenta con 3 sensores posicionando un eje de coordenadas para poder ubicar al conductor, asegurándose que no haya terceros en el alcance del medidor empotrado, se planea inhibir el encendido en la etapa de encendido del carro.

El mecanismo propuesto es un trinquete interior como se muestra en la figura 20, este funciona como el usado en una palanca de carro, presionando un botón para liberar el movimiento; se propone el medidor de alcohol empotrado para evitar la manipulación de este con terceros, estará cerca de la pantalla TFL que es compatible con Arduino, para poder interactuar con el usuario y que este sepa las respuestas o el proceso que seguirá a continuación.

Se propone el uso de visión artificial para reconocer cuando el conductor este tomando mientras maneja, es decir con el uso de una cámara se monitorea que el conductor no tome bebidas mientras maneja, el inconveniente con esto es que no siempre lo que se bebe en el interior del carro es alcohol.

### Propuesta 3

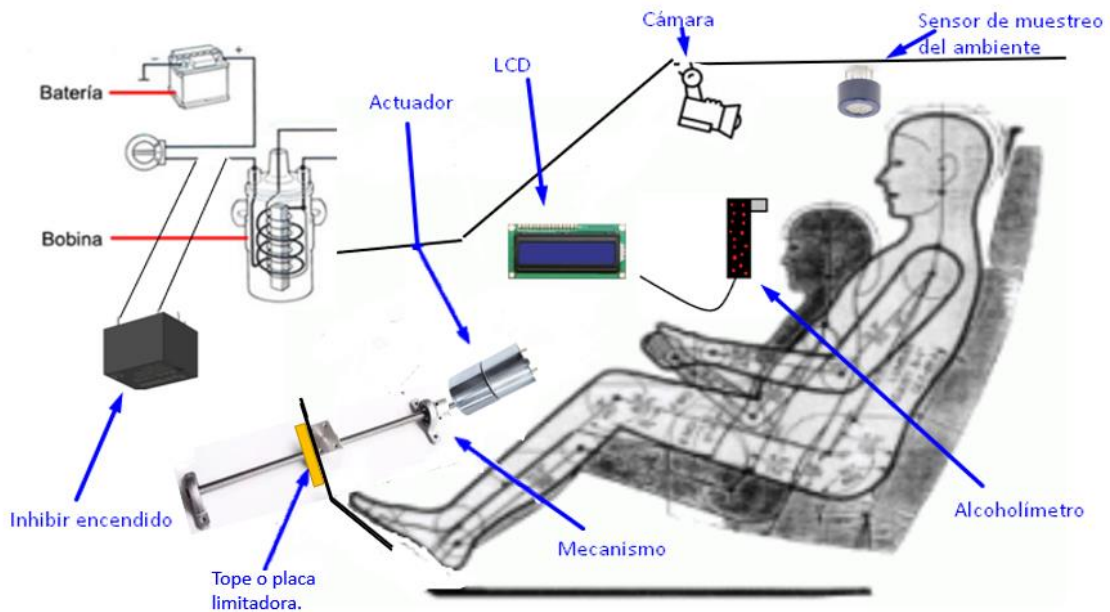


Figura 21. Diseño conceptual 3.

En esta propuesta se usa visión artificial para monitorear que solo el conductor está presente en el área de trabajo del alcoholímetro, se propone que sea móvil con un rango definido y que sea rastreado por la cámara asegurando así que solo el conductor puede realizar la prueba y mejorando la ergonomía; para el mecanismo se utilizara un tornillo-tuerca con un controlador PI que evitará el uso del acelerador para las condiciones propuestas; el sistema para inhibir el encendido del carro se realizará en la etapa de encendido, para interactuar con el usuario se propone el uso de una pantalla LCD que informará la situación del sistema.

Se usarán sensores cerca del conductor para monitorear el alcohol en el ambiente, esto con la finalidad de saber si el conductor está tomando mientras maneja, se comparará con la muestra realizada por el medidor móvil como dato de referencia.

#### 7.5 Selección de la solución adecuada.

Primero, a partir de las necesidades planteadas con anterioridad, se crea la tabla de pertenencia (tabla 4), en la cual se identifican las necesidades que más importancia tienen respecto a las demás.

Tabla 4. Tabla de pertenencia.

| Criterios de selección.                    | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | Ñ | O | P | Q | R | Total | Pert. |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|-------|
| A. Es rápido                               | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12    | 0.07  |
| B. Consume poca energía                    | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6     | 0.035 |
| C. Diseño compacto                         | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5     | 0.029 |
| D. Poco índice de error                    | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11    | 0.064 |
| E. Buena estética                          | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5     | 0.029 |
| F. Medición continua de alcohol en el aire | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10    | 0.058 |
| G. Uso de materiales mecánicos estándar    | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3     | 0.017 |
| H. Poco peso                               | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5     | 0.029 |
| I. Poco mantenimiento                      | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5     | 0.029 |
| J. Fácil de instalar                       | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4     | 0.023 |
| K. Interfaz sencilla                       | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8     | 0.047 |
| L. Mecanismo difícil de vencer             | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12    | 0.07  |
| M. Componentes eléctricos estándar         | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1     | 0.006 |
| N. Sistema antiengaño eficiente            | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14    | 0.082 |
| Ñ. Gran rango de movimiento del sensor     | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4     | 0.023 |
| O. Disponibilidad de equipo                | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 17    | 0.099 |
| P. Tiempo de desarrollo                    | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 17    | 0.099 |
| Q. Costo                                   | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 16    | 0.093 |
| R. Recursos humanos                        | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 16    | 0.093 |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 171   | 0.995 |

Para seleccionar la solución adecuada se genera la tabla 5, en la cual se evalúa el grado de pertenencia en cada diseño conceptual.

Se concluye que el diseño conceptual óptimo es el número 3.

Tabla 5. Objetivos ponderados.

| Objetivo                                | DC1   | DC2   | DC3   | Pertenencia |
|---|-------|-------|-------|-------------|
| Es rápido                               | 0.65  | 0.65  | 0.65  | 0.07        |
|   | 0.045 | 0.045 | 0.045 |             |
| Consume poca energía                    | 0.65  | 0.45  | 0.45  | 0.035       |
|   | 0.023 | 0.016 | 0.016 |             |
| Diseño compacto                         | 0.65  | 0.45  | 0.85  | 0.029       |
|   | 0.019 | 0.013 | 0.025 |             |
| Poco índice de error                    | 0.45  | 0.45  | 0.65  | 0.064       |
|   | 0.029 | 0.029 | 0.042 |             |
| Buena estética                          | 0.65  | 0.65  | 0.65  | 0.029       |
|   | 0.019 | 0.019 | 0.019 |             |
| Medición continua de alcohol en el aire | 0.45  | 0.65  | 0.85  | 0.058       |
|   | 0.026 | 0.038 | 0.05  |             |
| Uso de materiales mecánicos estándar    | 0.65  | 0.45  | 0.65  | 0.017       |
|   | 0.011 | 0.007 | 0.011 |             |
| Poco peso                               | 0.65  | 0.65  | 0.65  | 0.029       |
|   | 0.019 | 0.019 | 0.019 |             |
| Poco mantenimiento                      | 0.45  | 0.65  | 0.65  | 0.029       |
|   | 0.013 | 0.019 | 0.019 |             |
| Fácil de instalar                       | 0.65  | 0.45  | 0.65  | 0.023       |
|   | 0.015 | 0.01  | 0.015 |             |
| Interfaz sencilla                       | 0.45  | 0.85  | 0.65  | 0.047       |
|   | 0.021 | 0.04  | .03   |             |
| Mecanismo difícil de vencer             | 0.65  | 0.65  | 0.85  | 0.07        |
|   | 0.045 | 0.045 | 0.06  |             |
| Componentes eléctricos estándar         | 0.45  | 0.65  | 0.65  | 0.006       |
|   | 0.003 | 0.004 | 0.004 |             |
| Sistema antiengaño eficiente            | 0.45  | 0.65  | 0.85  | 0.082       |
|   | 0.037 | 0.053 | 0.07  |             |
| Gran rango de movimiento del sensor     | 0.65  | 0.45  | 0.85  | 0.023       |
|   | 0.015 | 0.01  | 0.019 |             |
| Disponibilidad de equipo                | 0.45  | 0.65  | 0.65  | 0.099       |
|   | 0.044 | 0.064 | 0.064 |             |
| Tiempo de desarrollo                    | 0.65  | 0.65  | 0.65  | 0.099       |
|   | 0.064 | 0.064 | 0.064 |             |
| Costo                                   | 0.45  | 0.65  | 0.45  | 0.093       |
|   | 0.042 | 0.06  | 0.042 |             |
| Recursos humanos                        | 0.65  | 0.65  | 0.65  | 0.093       |
|   | 0.06  | 0.06  | 0.06  |             |
| Total                                   | 0.55  | 0.615 | 0.674 | 0.995       |

## 7.6 Definición de las especificaciones finales.

Las especificaciones finales (tabla 6) muestra a las métricas con sus valores ideales los cuales han sido planteados por el equipo de trabajo.

Tabla 6. Especificaciones finales.

| No. métrica | No. de necesidad | Métrica                                      | Importancia | Unidades       | Valor ideal | Valor marginal |
|-------------|------------------|--|-------------|----------------|-------------|----------------|
| 1           | 1                | Tiempo de toma de muestra al conductor.      | 1           | Seg            | 10          | <30            |
| 2           | 4                | Margen de error en la muestra                | 2           | mg/l           | <0.2        | <1             |
| 3           | 2                | Consumo de energía                           | 2           | Watts          | <35W        | <50W           |
| 4           | 8                | Peso   | 3           | Kg.            | 3           | <5             |
| 5           | 3                | Volumen                                      | 4           | m <sup>3</sup> | <0.004      | <0.006         |
| 6           | 5,11             | Estética y manejo del dispositivo.           | 5           | Subj.          | -           | -              |
| 7           | 6                | Tiempo entre muestra de la calidad del aire. | 2           | Minutos        | 2           | <10            |
| 8           | 7                | Materiales mecánicos estandarizados.         | 3           | Subj           | -           | -              |
| 9           | 9                | Mantenimientos.                              | 2           | Mtto/año       | 2           | <6             |
| 10          | 10               | Tiempo de instalación.                       | 4           | Hrs.           | 2           | <3.5           |
| 11          | 12               | Fuerza del mecanismo.                        | 1           | Newton         | 206.01      | >150           |
| 12          | 13               | Comercialización de los componentes.         | 5           | Subj.          | -           | -              |
| 13          | 14               | Eficiencia del sistema antiengaño.           | 1           | Porcentaje     | >90         | >80            |
| 14          | 15               | Rango de movimiento del sensor               | 2           | cm.            | <60         | >30,<140       |

## 7.7 Diseño detallado.

### 7.7.1 Respecto a inhibir el encendido.

Inhibir el encendido se puede realizar de diferentes maneras; desde desconectar la batería con un cortacorriente hasta deshabilitar la marcha del auto desde la bobina de encendido.

Como se observó en el punto de “Diseño conceptual”, se puede realizar un cortacorriente mediante un relevador conectado a la batería y así desenergizar al automóvil por completo. Una desventaja muy notoria de este sistema es que el usuario no podrá utilizar ningún componente del automóvil.

Otra de las opciones es cortar la señal de arranque en el switch de encendido, que como se investigó, este tiene 4 fases (desconectado, accesorios, ignición y marcha), se puede desconectar, ya sea de la fase de ignición u “on” o en la fase de marcha que es la última. La desventaja que tiene cortar la corriente en la fase de ignición es que al

momento de dar marcha se seguiría mandando señales de arranque a la bomba de la gasolina y a la bobina de encendido del automóvil, pero al ser una conexión que está debajo del volante se facilitaría manipular las conexiones en este lugar. Por otra parte, al inhibir la corriente en la fase de marcha se solucionaría el problema de mandar señales de arranque del carro a la bobina de encendido.

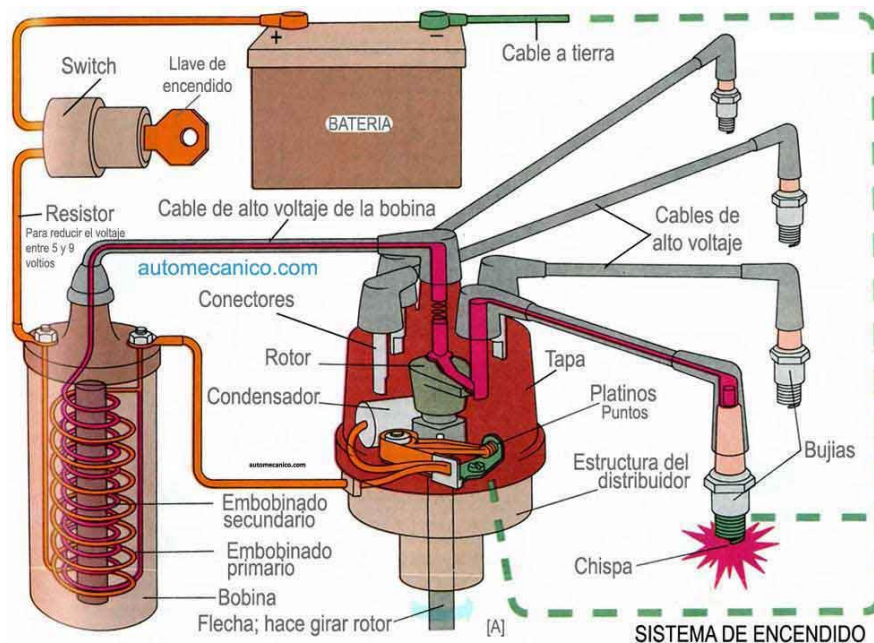


Figura 22. Sistema general de encendido de un automóvil.

También se observó la posibilidad de inhibir el encendido mediante interrumpir la señal que activa la bomba de gasolina. Una de las desventajas de este sistema es que se mandaría la señal de marcha y podría existir la posibilidad de que los inyectores tengan combustible y encienda el carro, pero como se interrumpirá la señal de la bomba se desabastecerá de combustible y no funcionara.

Teniendo el recuento de los sistemas propuestos y analizando cada uno de estos, se obtiene que el sistema más eficaz para este trabajo sería el inhibir el encendido en el switch en la etapa de marcha. Las ventajas que se encontraron en este sistema son:

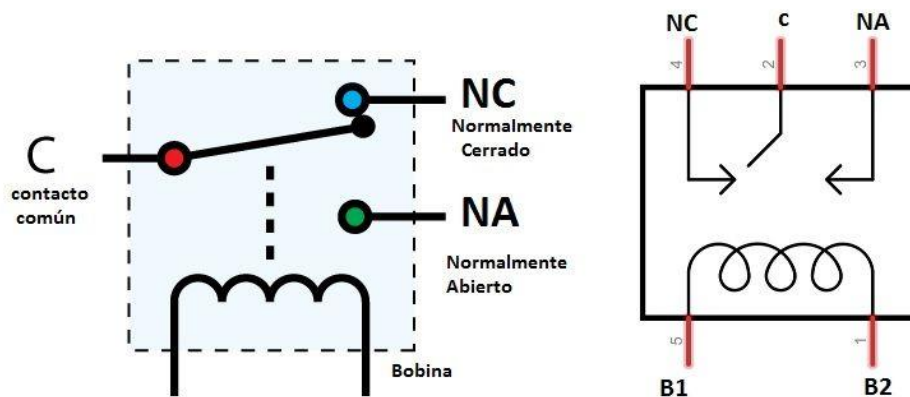
- La ubicación donde se encuentra el cable es debajo del volante, una ubicación práctica para poder manipularla con más facilidad y cercana donde se tendrá todo el sistema del alcoholímetro
- Ya que no se enviará señal de encendido a la bobina no se genera daño a elementos terceros.
- Al cortar la corriente aquí el carro tendrá energía en todos los accesorios o componentes que no intervengan.



La desventaja más grande de dicho sistema es encontrar el cable correcto que mande la señal. Para dicha tarea se realizará el testeo de los cables que van al switch de encendido del automóvil.

### Selección de relevador.

En la figura 23 se muestra el funcionamiento general de un relevador de 5 pines. En esta ocasión se utilizará en modo normalmente abierto, ya que el circuito se cerrará si el conductor pasa la prueba de alcoholemia.



**Al meter corriente por la bobina los contactos abiertos se cierran y los cerrados se abren.**

*Figura 23. Diagrama general de un relevador de cinco pines.*

Para este caso se utilizará un módulo de relé JQC-3FF-S-Z, especial para la Raspberry Pi que se muestra en la figura 24, ya que este módulo soporta hasta 15A y funciona con una alimentación de 5V.



*Figura 24. Relevador JQC-3FF-S-Z.*

### **7.7.2 Respecto al sistema antiengaños.**

Para el sistema antiengaños se hará uso de visión artificial, la cual tendrá como objetivo identificar un rostro que sostenga el dispositivo de medición (alcoholímetro), detectando que otros rostros ajenos al conductor no estén realizando la prueba. Para esto se cuenta con varios programas que manejan el uso de visión artificial, junto con su respectivo hardware.

#### Procesamiento.

Para el procesamiento de la imagen de la visión artificial, y en general, para controlar el sistema, se ha decidido utilizar la tarjeta Raspberry Pi.

La Raspberry que se observa en la figura 25 tiene una alta capacidad de proceso en relación con su tamaño y es de fácil adquisición y bajo costo, es capaz de hacer codificación de video, cuenta con su propio sistema operativo y también, muchos elementos son diseñados especialmente para este tipo de tarjetas, como por ejemplo cámaras.



*Figura 25. Raspberry Pi 4 modelo B.*

#### Programas

Para seleccionar algún programa se debe tener en cuenta que será un sistema embebido que tendrá que ser puesto en el carro, por lo que se debe contar con que el hardware sea capaz de soportar el sistema para la visión artificial, por lo que se ha decidido hacer uso de una Raspberry programada en Python.

Para el uso del programa Python se usará la librería OpenCV significa Open Computer Vision (Vision Artificial Abierta), es una librería de visión artificial libre por lo que no añade costo extra, esta utiliza los lenguajes de C y C++, lo que conlleva a un

fácil manejo de las funciones que vienen incluidos en la librería; este programa se usará en la Raspberry.

### Selección de cámara.

Para la adquisición de video se deberá usar una cámara con imagen nítida y que no sea lo suficientemente grande para estorbar en la visión del conductor al momento de manejar, y que al realizar la prueba ningún componente interfiera con la captura de video, por lo que se tienen dos propuestas de cámaras una es el sensor de imagen IMX219PQ y una Mugast.

Se ha decidido utilizar la cámara IMX219 por su reducido tamaño, y fácil adaptación al entorno de Raspberry, dicha cámara se puede observar en la figura 6.

### Propuesta de trabajo

Se propone trabajar con Python y la librería de OpenCV para poder usar el dispositivo Raspberry como medio para los demás sistemas que tenga el proyecto sin incluir la visión artificial, así como usar la cámara IMX219 debido a que cumple con las características necesarias y es de tamaño reducido en su diseño para ser acoplada al automóvil sin problema.

#### ***7.7.3 Respecto a la medición de alcohol.***

##### Selección del sensor.

Se encontró que los sensores que mejor se adaptan a este proyecto son:

- TGS 822
- TGS 2620
- MQ-3
- MQ-303A
- MQ-135

De estos se observó que los sensores MQ son mucho más accesibles y económicos, luego, el sensor MQ-3 es más sensible al alcohol que los demás, y el voltaje de alimentación del calentador es de 5V, lo cual es una ventaja, por lo que se ha decidió utilizar este sensor el cual se puede observar en la figura 1.

### Calibración del sensor MQ-3.

Según la ficha técnica del proveedor HANWEI Electronics CO. encontrada en el anexo 5, el sensor que se ha de adquirir tiene una resistencia  $R_L=1\text{ K}\Omega$ , una resistencia del calentador de  $33\ \Omega \pm 5\%$  y un consumo del calentador menor a  $750\text{ mW}$ .

Se obtienen las curvas de sensibilidad a diferentes gases desde la hoja de datos que proporciona el fabricante, luego se grafica la curva de tendencia de la sensibilidad del sensor al alcohol, esta se encuentra en la figura 26, y por otro lado se observa en la figura 27 la sensibilidad al aire. También se obtienen las ecuaciones.

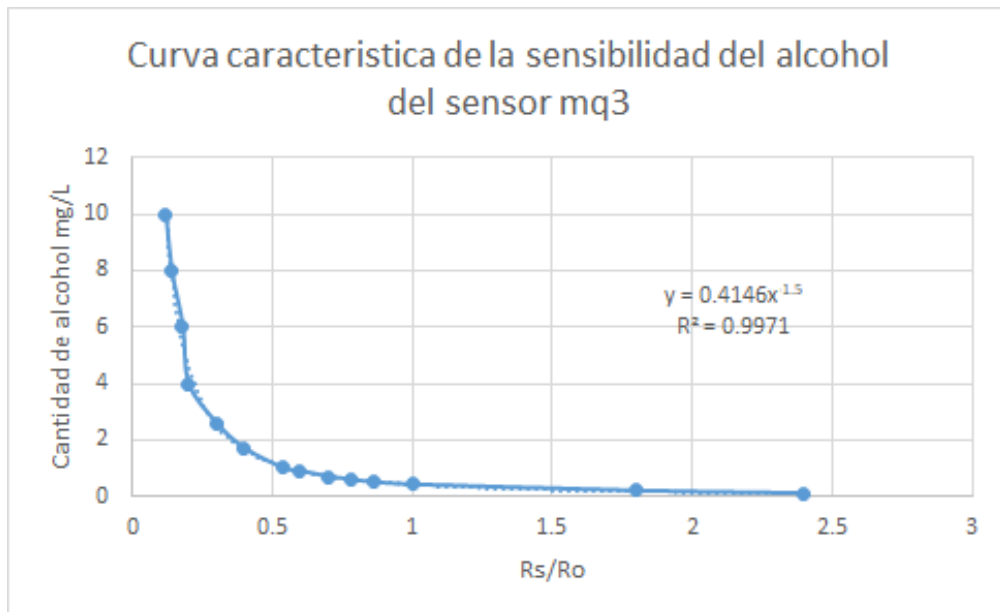


Figura 26. Sensibilidad del sensor MQ-3 al alcohol [20].

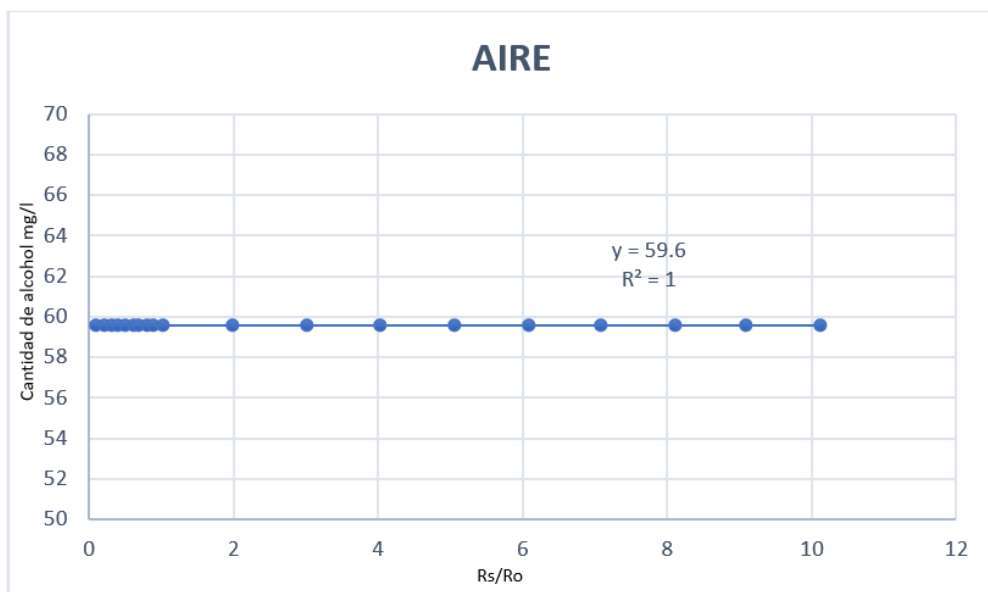


Figura 27. Sensibilidad del sensor MQ-3 al aire [20].

Será necesario encontrar el valor de  $R_o$  y  $R_s$  exactos para comprobar los cálculos y que la lectura sea más precisa.

Se encuentra por medio de la figura 26 una fórmula para la curva característica a la sensibilidad al alcohol como sigue:

$$Cant. Alcohol = 0.4614 \left( \frac{R_s}{R_o} \right)^{-1.5}$$

Falta obtener el valor de  $R_s$  y  $R_o$ , para el valor de  $R_s$  se utiliza con la ecuación de divisor de voltaje

$$\frac{R_s}{R_L} = \frac{V - V_S}{V_S}$$

Donde  $R_L$  para este módulo es aproximadamente  $1k\Omega$ ,  $V_S$  se obtendrá con la lectura analógica del sensor y  $V=5v$ . Por lo tanto:

$$R_S = 1000 \left( \frac{5 - V_S}{V_S} \right)$$

Se tiene también que:

$$V_S = ADC * \left( \frac{5}{1023} \right)$$

Para obtener el valor de  $R_o$  se hace una prueba al sensor MQ3. Como se observa en la figura 26, para una gran concentración de alcohol la relación  $R_s/R_o$  tiende a un valor aproximado de 0.11, por lo que utilizando las ecuaciones anteriormente descritas se realiza una prueba al sensor cuyos resultados se observan en la figura 28.

|         |              |             |
|---------|--------------|-------------|
| adc:285 | voltaje:1.39 | Rs:2589.47  |
| adc:284 | voltaje:1.39 | Rs:2602.11  |
| adc:57  | voltaje:0.28 | Rs:16947.37 |
| adc:57  | voltaje:0.28 | Rs:16947.37 |
| adc:272 | voltaje:1.33 | Rs:2761.03  |
| adc:648 | voltaje:3.17 | Rs:578.70   |
| adc:715 | voltaje:3.49 | Rs:430.77   |
| adc:733 | voltaje:3.58 | Rs:395.63   |
| adc:741 | voltaje:3.62 | Rs:380.57   |
| adc:731 | voltaje:3.57 | Rs:399.45   |
| adc:674 | voltaje:3.29 | Rs:517.80   |
| adc:630 | voltaje:3.08 | Rs:623.81   |
| adc:590 | voltaje:2.88 | Rs:733.90   |

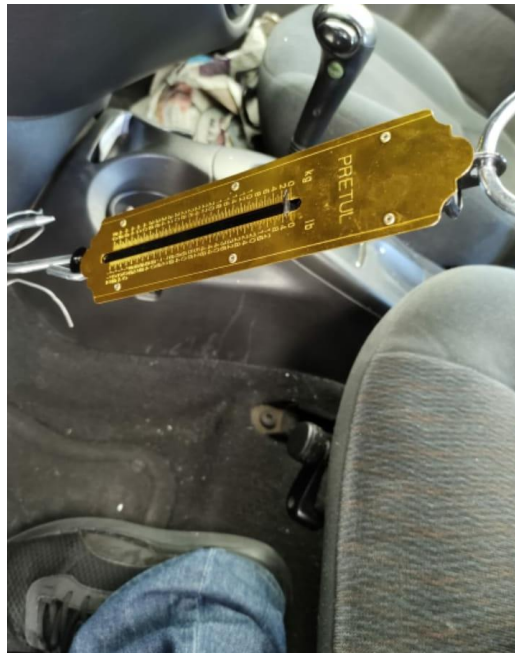
Figura 28. Prueba a sensor MQ3.

Con los anteriores resultados se tiene:

$$\frac{R_s}{R_o} = 0.11 ; R_o = \frac{380}{0.11} = 3545 \Omega$$

Según el Reglamento General de la Ley de Transporte, Tránsito y Vialidad del Estado de Zacatecas, la condición de “estado de ebriedad no apto para conducir”, es aquella en la que el aire espirado contenga 0.40 mg/l o más.

#### **7.7.4 Respecto al mecanismo.**



*Figura 29. Prueba de fuerza.*

Se ha encontrado a partir de la prueba mostrada en la figura 29 que, para presionar el acelerador, el conductor puede ejercer una fuerza con el pie aproximada a 21 kg.

Se usará el mecanismo de tornillo-tuerca, el cual tiene un principio de funcionamiento constituido por un tornillo (también llamado husillo) y una tuerca. Con el fin de facilitar el diseño y construcción del mecanismo, este se construirá de tal forma que el tornillo sea el que gire y la tuerca efectúe el movimiento de traslación bloqueando de esta manera al pedal del acelerador en la proporción adecuada.

Se usará un husillo de bolas, ya que este tipo de sistemas tienen una eficiencia de aproximadamente 90%, mientras que las roscas ACME, por ejemplo, tienen una eficiencia de alrededor el 60%.

## Selección de componentes del mecanismo.

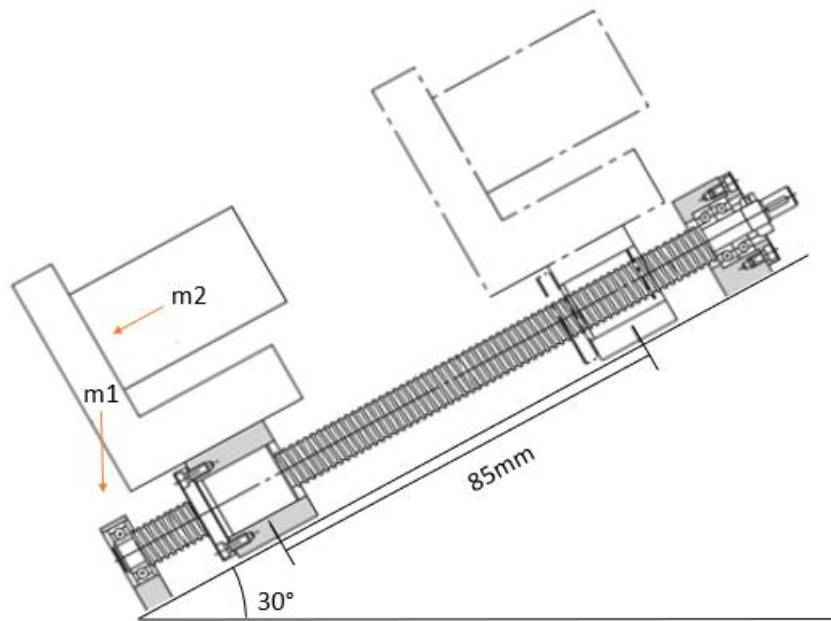


Figura 30. Bosquejo de mecanismo a implementar.

### Husillo.

#### *Longitud del eje del husillo.*

Considerando una carrera de 85 mm, una longitud de la tuerca de 35 mm, un soporte con un ancho de 39 mm y otro de 10 mm, también se añaden 6.4 mm por el espesor de la placa limitadora de velocidad y 15 mm para el acoplador al motor. Por lo que:

$$85 + 35 + 39 + 10 + 6.4 + 15 = 190.4 \text{ mm}$$

Por tanto, se supone que la longitud del eje del husillo es de 200 mm.

#### *Selección del paso.*

Con una velocidad de rotación nominal del motor de impulso de  $300 \text{ min}^{-1}$  y una velocidad máxima aproximada y asumida de 0.020 m/s, se obtiene el paso del husillo de bolas de la siguiente manera.

$$\frac{0.020 * 60 * 1000}{300} = 4 \text{ mm}$$

Así que es necesario seleccionar un tipo de husillo con un paso de 4 mm o mayor.

Si el paso del husillo es grande, entonces el par de torsión requerido para el motor también es grande, y el costo sería más elevado, por lo que se selecciona un paso de 4

mm para el husillo de bolas, esto quiere decir que la placa limitadora podrá trasladarse a 2 cm/s lo cual es aceptable para el sistema que compete a este trabajo.

#### *Diámetro del eje del husillo.*

Se requiere que el eje tenga un paso de 4 mm. De la familia de los tornillos SFU se ha encontrado que el husillo SFU 1204 cumple con las características necesarias pues tiene un paso de 4 mm y un diámetro exterior del husillo de 12 mm. Las características físicas se muestran en la figura 10 del anexo 6.

Para el soporte del eje del husillo se selecciona una configuración fija - con soporte, esto debido a que de un extremo se necesitará colocar el cople para la transmisión de potencia desde el motor.

#### *Cálculos.*

Para corroborar que el husillo seleccionado sea adecuado para la aplicación se han realizado diversos cálculos, estos se encuentran en el anexo 4 en el apartado "tornillo".

Se encontró que, ya que la carga de deformación, y la carga de tracción y de compresión admisibles del eje del husillo son menores a la carga axial máxima, entonces el husillo de bolas seleccionado se puede usar sin problemas.

#### Tuerca.

##### *Selección de tuerca.*

La tuerca comercial para el tornillo seleccionado es la de modelo SFU 1204 ( $C_a=4$  kN,  $C_0a=6.7$  kN).

##### *Análisis de carga axial admisible de tuerca.*

Se supone que se aplica una carga con impacto, por lo que se fija un factor de seguridad estático ( $f_s$ ) de 2 (ver figura 7 del anexo 4).

$$F_{a_{max}} = \frac{C_0 a}{f_s} = \frac{6.7}{2} = 3.35 \text{ kN} = 3350 \text{ N}$$



La carga axial admisible obtenida es mayor que la carga axial máxima de 219 N, por lo tanto no habrá problemas al usar esta tuerca.

### Selección de Motor.

Los cálculos realizados para determinar el torque necesario del motor se muestran en el anexo 4, en la sección “motor”.

Para seleccionar el motor se tienen las siguientes características que se deben cumplir.

- Par mayor a 5.1 kgf · cm
- Velocidad de 300 rpm.

Por lo que se selecciona el motor mostrado en la figura 31, el cual posee las características que se exponen en la tabla 7.



Figura 31. Motor seleccionado [14].

Tabla 7. Características de motor seleccionado [14].

|                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| Marca                      | Laniakea                    |
| Voltaje de funcionamiento  | 12V                         |
| Velocidad                  | 300RPM                      |
| Par máximo                 | 13kg-cm                     |
| Diámetro                   | 37mm                        |
| Eje                        | 6mm en forma D              |
| Largo del eje              | 16mm                        |
| Largo del motor            | 33mm                        |
| Largo de caja de reducción | 25mm                        |
| Peso                       | 200gr                       |
| Corriente                  | Aprox. 2.5A a torque máximo |

## Puente H.



Figura 32. Puente H Drv8871.

El puente H debe ser capaz de soportar los 2.5 A que como máximo requiere el motor seleccionado, por lo que se ha preferido el controlador de motor puente H Drv8871, mostrado en la figura 32, el cual tiene un rango de operación de 6V-45V y puede manejar hasta picos de corriente de 3.6A.

## Soportes.

Apoyándose en el catálogo de THK, en la figura 5 del anexo 5, se encontraron los soportes adecuados, de los cuales se eligió el soporte lateral fijo BK10 y el soporte lateral BF10.

## Cople.



Figura 33. Cople flexible seleccionado.

Se tiene que el eje del tornillo en el cual se colocará este cople es de 8 mm, mientras que el eje del motor tiene un diámetro de 6 mm en forma de D. Entonces se selecciona un cople flexible de 8 mm x 6.32 mm el cual se ilustra en la figura 33.

#### Placa limitadora de aceleración.

Se utilizará, para soportar la palanca de aceleración, una placa de acero AISI 1020 de ¼" de espesor la cual estará atornillada a la tuerca y será limitada en el giro, de tal forma que la placa esté fija. El croquis de la placa se encuentra en la figura 1 del anexo 6.

El mecanismo en su conjunto será montado sobre una placa de acero cuyas dimensiones y características se pueden observar en la figura 2 del anexo 6.

#### Control para motor.

Se ha interceptado la señal de salida del sensor de velocidad del automóvil. El sensor arroja pequeños valores de voltaje de corriente alterna, los cuales serán detallados y utilizados posteriormente en la sección de construcción del prototipo.

En este caso, el sistema contará con un sensor de distancia el cual medirá la longitud desde el suelo a la placa limitadora de velocidad, y de esta forma saber el momento en que el mecanismo ha llegado a su posición deseada. Mientras que la velocidad a la que se encuentre el vehículo determinará la posición deseada del mecanismo en ese preciso momento. El sensor MQ-3 de la calidad del aire activará este sistema cuando detecte que el nivel de alcohol en el ambiente ha aumentado.

Se ha seleccionado el sensor ultrasónico mostrado en la figura 34 debido a su bajo costo, fácil manejo y gran accesibilidad. Cuenta con un rango de medición de 2-400cm, cuenta con salida analógica y su voltaje de alimentación es de 5V a 15mA.



Figura 34. Sensor ultrasónico.

Se utilizará la medición de la velocidad para ser ubicada dentro de alguno de tres posibles rangos, y entonces mandará una de tres posiciones deseadas para el mecanismo. Dichos rangos y posiciones deseadas se encuentran en la tabla 8, las cuales se han elegido tomando como velocidad deseada 70 km/h, y una distancia desde el sensor a la placa limitadora de 8cm en el momento cuando la placa se encuentra limitando completamente la aceleración.

Tabla 8. Posición deseada en función de la velocidad.

| Velocidad (km/h) | Posición deseada (cm) |
|------------------|-----------------------|
| $V < 60$         | 2                     |
| $60 < V < 80$    | 6                     |
| $80 < V$         | 8                     |

Se hará uso de un controlador PI, como se muestra en la figura 35, el diseño implica la obtención del modelo matemático de la planta.

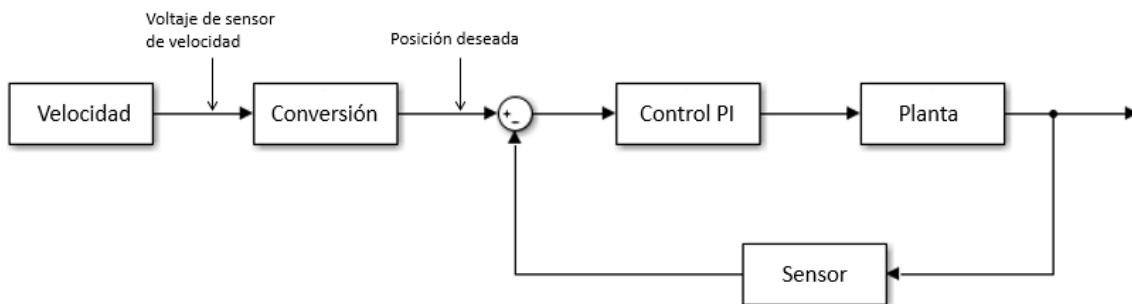


Figura 35. Control por implementar.

Como retroalimentación para el controlador se utilizará un sensor de distancia con el fin de conocer en tiempo real la posición en la que se encuentra la placa limitadora de aceleración.

### 7.7.5 Aviso oportuno.

El aviso a terceros se efectuará mediante un mensaje de texto SMS.

Debido al precio accesible, y a la vasta información técnica acerca de este dispositivo, se ha decidido utilizar el módulo GSM SIM800L mostrado en la figura 3. El módulo funciona a un voltaje de 3.7V a 4.2V, el voltaje recomendado en la hoja de datos es de 4.0V, por lo que se hará uso de un convertidor DC-DC para obtener los 4V de

salida, con una entrada de 12V de la batería del auto, el módulo en particular es el LM2596.

### 7.7.6 Interfaz de usuario.

Para llevar a cabo la interfaz con el usuario se utilizará una pantalla LCD 16x2 como se muestra en la figura 36, esta para mostrar los resultados obtenidos de la prueba o algunas indicaciones al usuario. Para la conexión de la pantalla con la Raspberry se realizará con la interfaz de conversión I2C. Por otra parte, también se incluirá un botón para el estado de encendido o apagado del sistema.



Figura 36. Display LCD 16x2 con interfaz I2C.

### 7.7.7 Fuente de alimentación.

Se creó la tabla 9 con la cual se obtuvo que la potencia total requerida es de aproximadamente 49.5W, sin embargo, es necesario recalcar que esta magnitud no será continua, ya que el motorreductor solo trabajará durante pequeños lapsos de tiempo.

Dicho lo anterior, se ha decidido usar la propia batería del automóvil como fuente de alimentación, pues el consumo es relativamente pequeño, y la batería tiene la ventaja de carga continua.

Tabla 9. Consumo estimado de energía.

| Nombre                  | Voltaje | Cantidad | W     |
|-------------------------|---------|----------|-------|
| Raspberry Pi 4 modelo B | 5V      | 1        | 15W   |
| Sensor MQ3              | 5V      | 3        | 750mW |
| Motorreductor           | 12V     | 1        | 30W   |
| Sensor ultrasónico      | 5V      | 1        | 150mW |
| Módulo GSM SIM800L.     | 4V      | 1        | 2W.   |
| LCD                     | 5V      | 1        | 125mW |

Como casi todos (excepto el módulo GSM 800L) funcionan a 5V, se ha decidido usar el regulador de voltaje Lm7805, mostrado en la figura 37, el cual tiene un voltaje de salida de 5V, y entrega un máximo de 2A.



Figura 37. Regulador de voltaje Lm7805 [25].

#### **7.7.8 Estimación de costos.**

La tabla se encuentra en el anexo 7, y en ella se muestra una estimación del costo de los elementos seleccionados, así como la suma total la cual es de \$5209.84.

### **7.8 Diseño CAD.**

#### **7.8.1 Mecánica.**

Para determinar la funcionalidad de la placa limitadora se ha desarrollado un análisis estático.

Se encontró que el esfuerzo de Von Mises máximo, como se observa en la figura 38 se ubica en el concentrador de esfuerzo más cercano al área donde se aplica la carga, sin embargo dicho esfuerzo es menor al límite elástico del material (acero AISI 1020), por lo que la pieza no fallará.

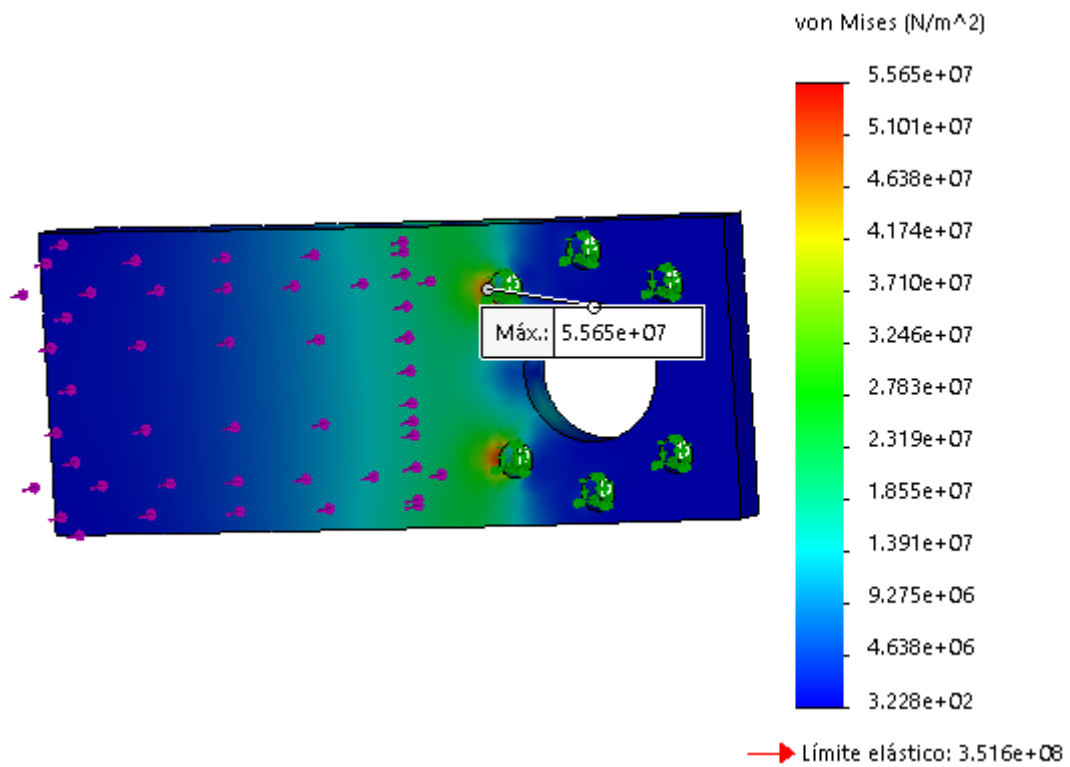


Figura 38. Placa limitadora de velocidad, esfuerzo de Von Mises.

Luego, se encuentra que el factor de seguridad mínimo para este diseño es de 6.3 (figura 39), por lo que la pieza tendrá un correcto funcionamiento.

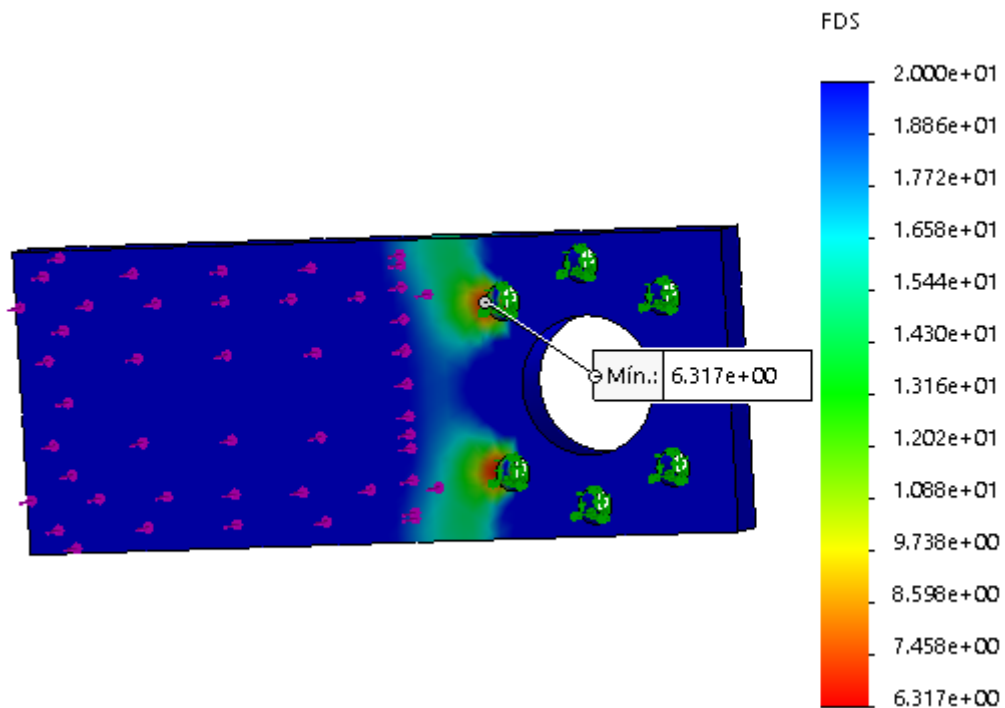


Figura 39. Placa limitadora de velocidad, factor de seguridad.

Posteriormente, se ha decidido realizar una simulación a la tuerca, que, aunque se ha obtenido anteriormente su correcto funcionamiento, el cambio de sección en la pieza generó incertidumbre en el equipo de trabajo.

Fue necesario colocar la placa limitadora de velocidad y aplicar las cargas correspondientes.

Los resultados fueron los esperados, puesto que el esfuerzo de Von Mises mostrado en la figura 40 indica que el esfuerzo máximo se encuentra en el cambio de sección de la tuerca.

Por otro lado, en la figura 41 también se encuentra un factor de seguridad de 2.9, lo que significa que la tuerca no fallará ni sufrirá fracturas a causa de la carga aplicada.

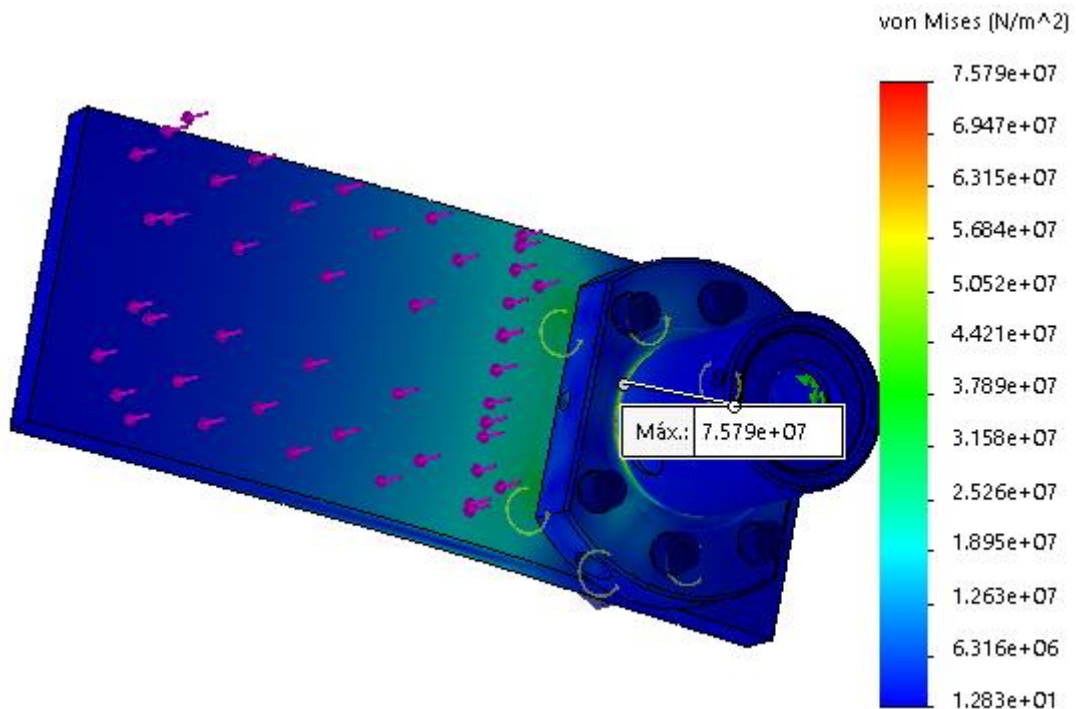


Figura 40. Simulación estática de tuerca, esfuerzo de Von Mises.



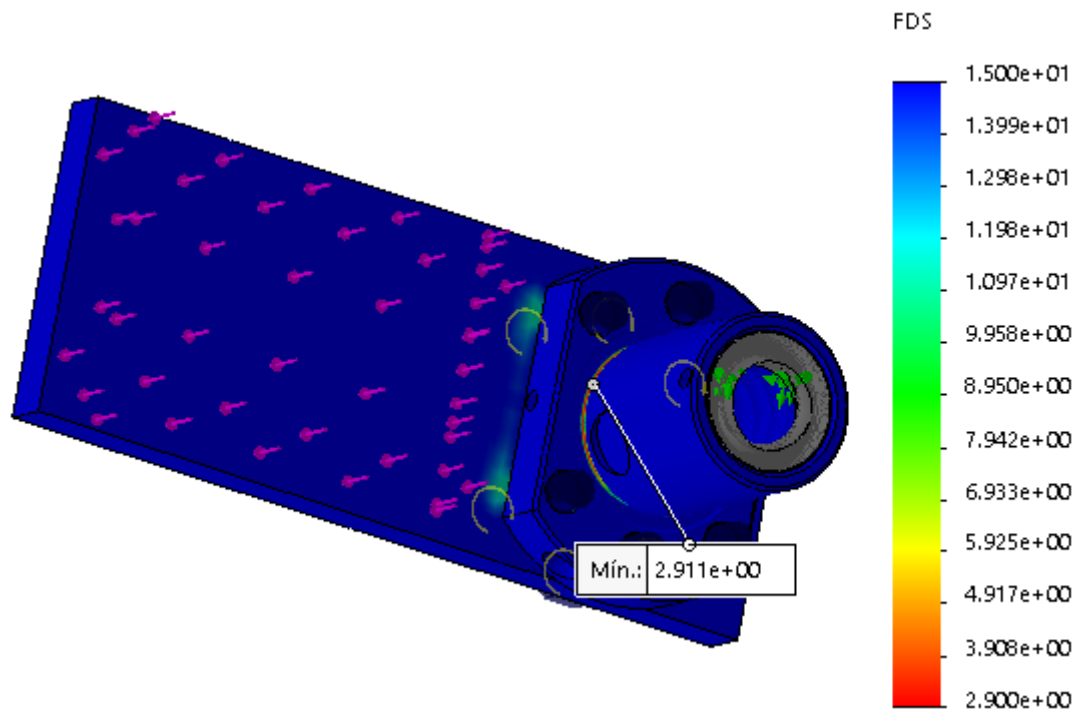


Figura 41. Simulación estática con tuerca, factor de seguridad.

El modelo CAD completo del mecanismo, de igual forma, se muestra en la figura 42, donde las piezas: tornillo de bolas, tuerca de bolas, cople, motorreductor, tornillos, tuercas y soportes serán comprados, mientras que la placa base, y la placa limitadora han sido diseñadas y serán manufacturadas por el equipo de trabajo, los planos de estas mismas se encuentran en el anexo 6 en la sección de apéndices.

La vista explosionada del ensamble se puede ver en las figuras 43 y 44, donde se aprecian los elementos desde diferentes perspectivas con el fin de que el lector comprenda la forma en que el sistema se ensambla.

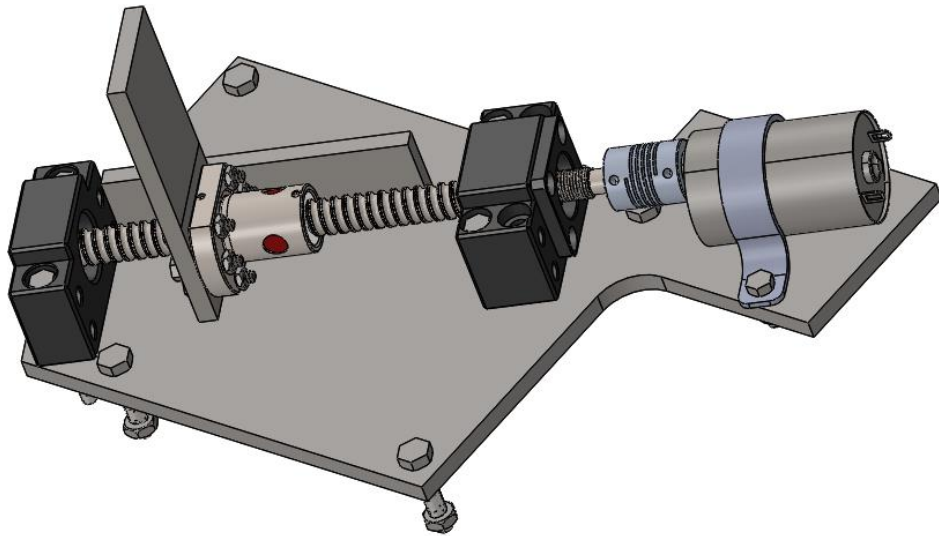


Figura 42. Ensamble del mecanismo.

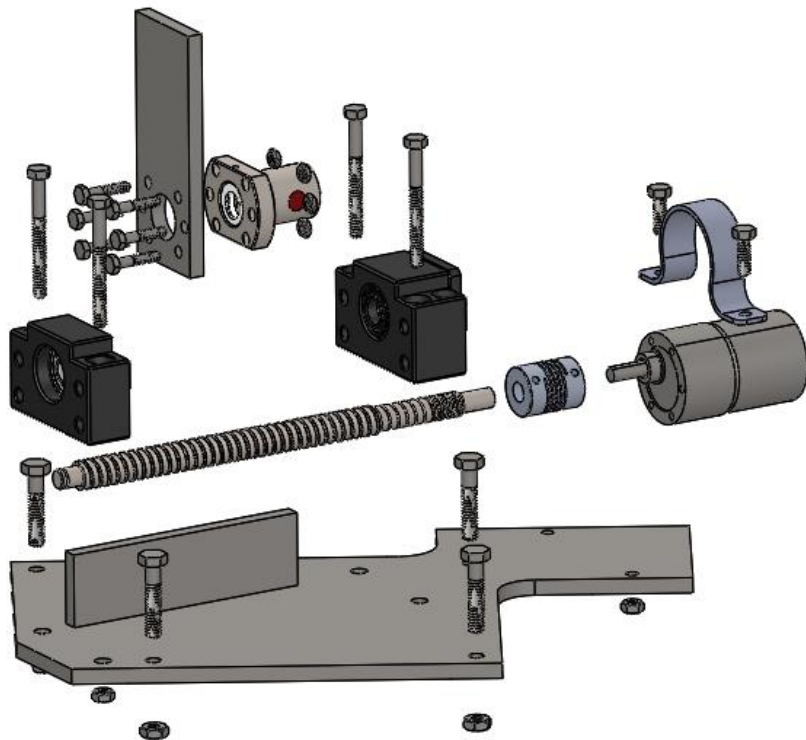


Figura 43. Modelo explosionado, vista dimétrica.

### 7.8.2 Electrónica.

Para el diagrama de conexiones se usó un programa computacional el cual cuenta con una Raspberry Virtual con la que se pudo programar y agregar componentes que están generalizados en el Visual Designer, que es donde se programa una simulación de cómo funcionará el proyecto, esta programación funciona como un diagrama de flujo, por lo que se siguió el mostrado en la figura 16, se insertó el módulo de la cámara y se

representó con una entrada digital; se ingresó un módulo LCD con comunicación I2C que servirá para ahorrar puertos de conexión, como se muestra en la figura 44.

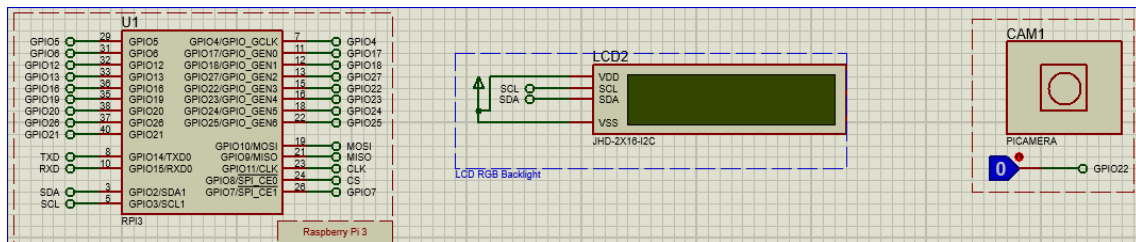


Figura 44. Diagrama Raspberry Pi.

En la siguiente parte del diagrama, visto en la figura 45, se muestra el relevador que será usado para el encendido y apagado del automóvil, aunque se usará un módulo especial para Raspberry se comprueba su funcionamiento con el diagrama; debajo de este se encuentra la conexión para el módulo SIM800L, indicando solo los pines en los cuales se conectará; abajo se encuentra un botón de confirmación para la opción de encendido de mecanismo o el apagado del carro instantáneo; a la derecha de la figura 46 se encuentran los módulos MQ-3, el usado para la prueba de alcohol es el GAS 3, estos necesitan estar acondicionados para la muestra de 0.4mg/l.

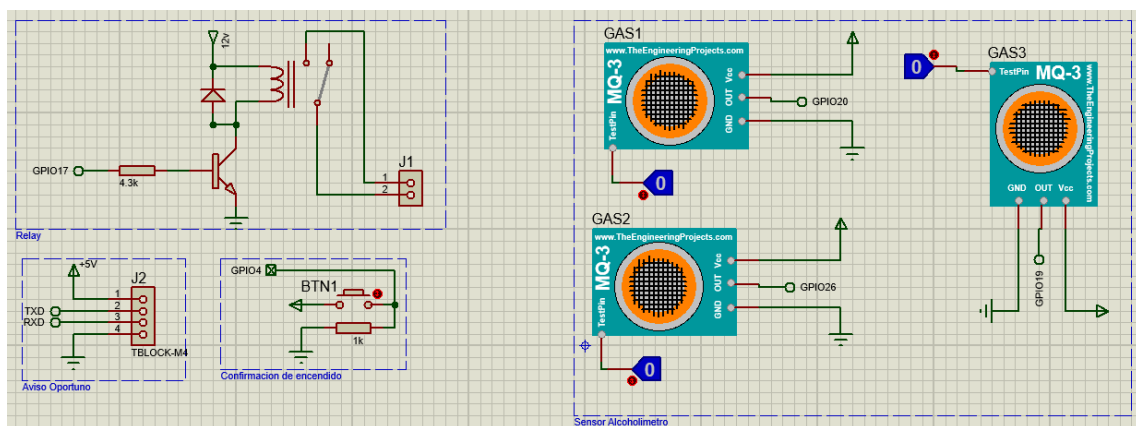


Figura 45. Diagrama de Relay y MQ-3.

En la figura 46, se puede apreciar un módulo de lectura analógico que tiene 8 entradas, debido a que el Raspberry no cuenta con este tipo de lecturas, serán usadas para el sensor infrarrojo y para la lectura del sensor de velocidad del carro; a la izquierda se encuentra el módulo puente H DRV881 que soporta la carga del motor de 2.5 A para el movimiento de este.

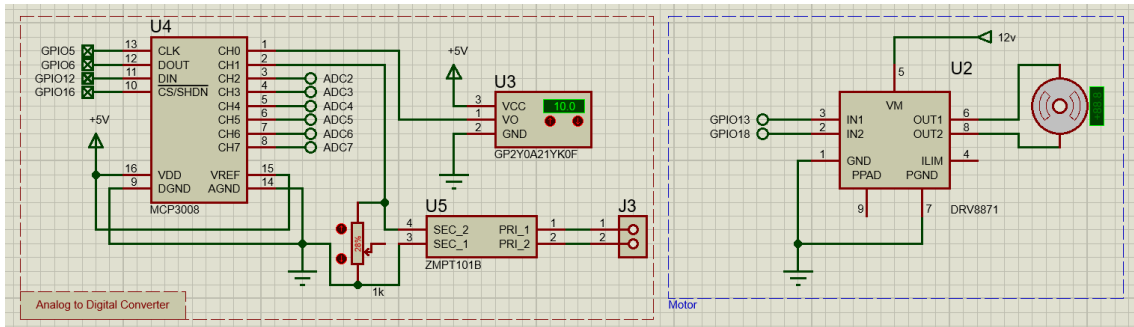


Figura 46. Diagrama control motor y entradas analógicas.

### 7.8.3 Simulaciones.

En este apartado se mostrará la simulación propuesta con una base de código fundado en un diagrama de flujo, por lo que se siguió el diagrama ya propuesto en la figura 16; primero se declaran todas las variables, como se muestra en la parte izquierda de la figura 48, solo se declararon los antes vistos en las figuras 44, 45 y 46.

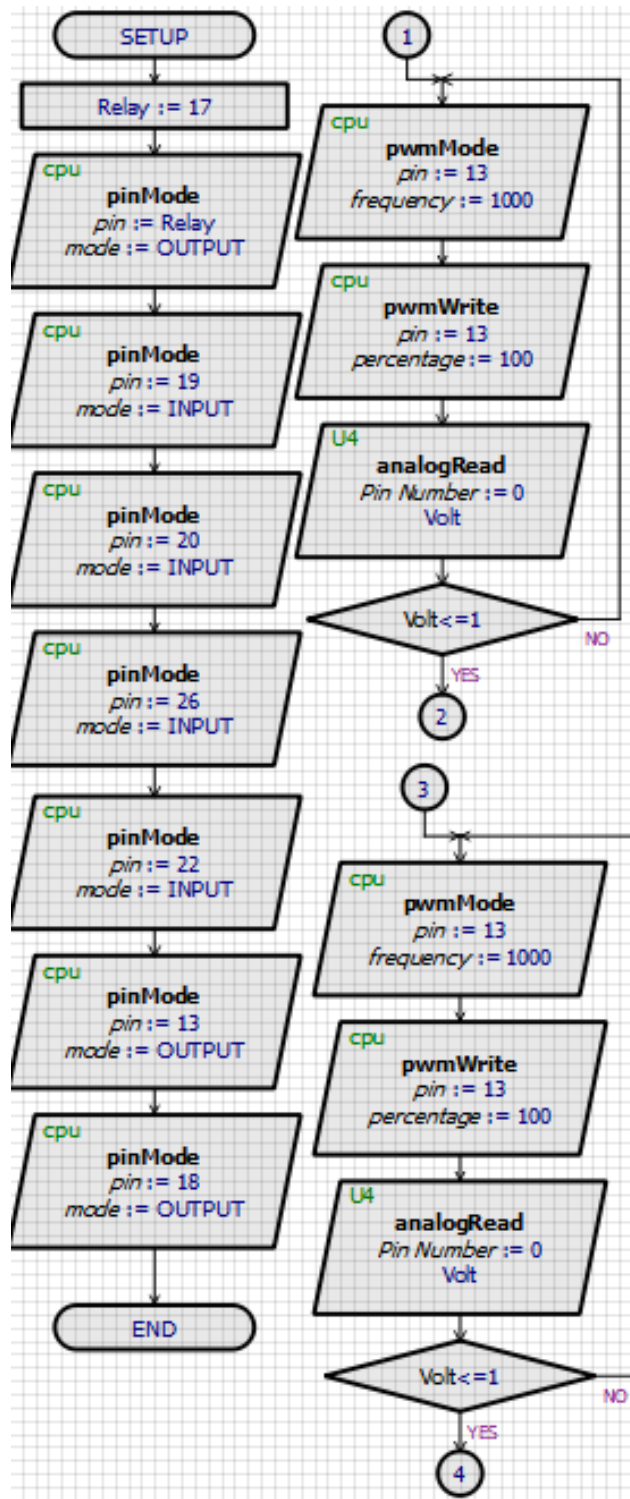


Figura 47. Inicialización de pines.

A la derecha de la figura 47, se hicieron dos funciones para activar el motor; la primera representa la opción de que, al no pasar la prueba se pueda prender el carro, pero activa el mecanismo, la siguiente opción representa el sistema PID para cuando se detecte alcohol en el ambiente del conductor, solo se representó el giro del motor.

El código visual se muestra en la figura 48, se inicia el ciclo imprimiendo en el LCD que se encuentra activo el sistema, espera a que se acepte la señal de la cámara, después se realiza la prueba de alcohol guardado en la variable "A"; esta decide si pasa a apagado o podrá manejar; en caso de apagado se solicita una confirmación, si se acepta entonces el carro podrá ser encendido y el mecanismo estará en el tope; en caso de que se cancele la confirmación no dejará prender el carro. Regresando a la variable "A", en caso de que se pueda manejar se leerán los sensores de ambiente MQ-3, en caso de que se detecte algún aumento en la muestra se regulará la velocidad con el movimiento del motor y esperará a que se realice otra prueba, si no es el caso se mandará el mensaje de advertencia, por fines de simulación se cerró el ciclo después del mensaje.

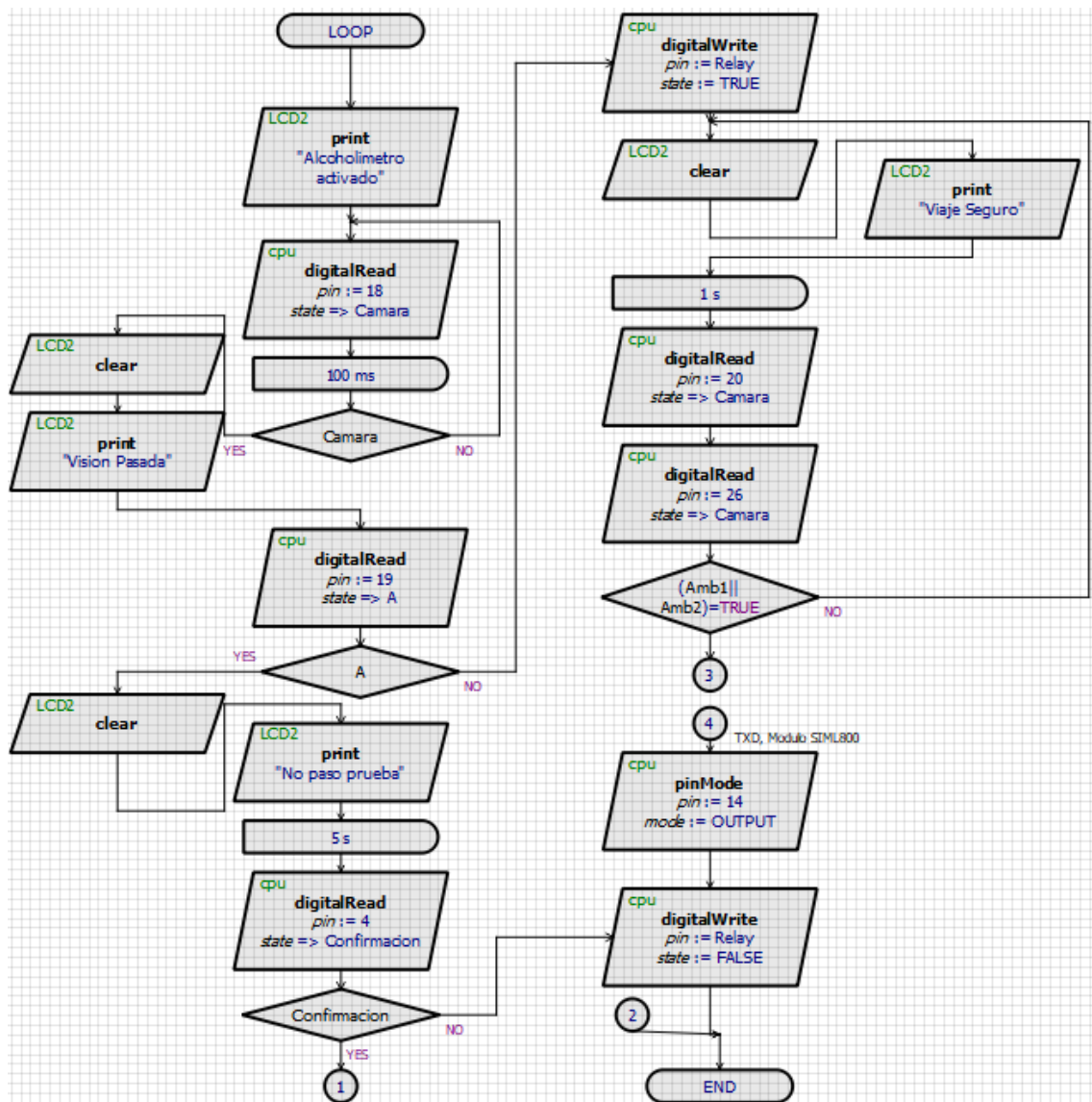


Figura 48. Base de programación.

#### 7.8.4 Soportes LCD y alcoholímetro.

Para que sea más fácil y práctico para el usuario la manipulación del alcoholímetro, se hizo un diseño en CAD de las carcasas que servirán de soporte para colocar la pantalla LCD, el sensor de alcohol y el botón de apagado-encendido, dicho diseño se muestra en la figura 49 y los planos se encuentran en el anexo 6.

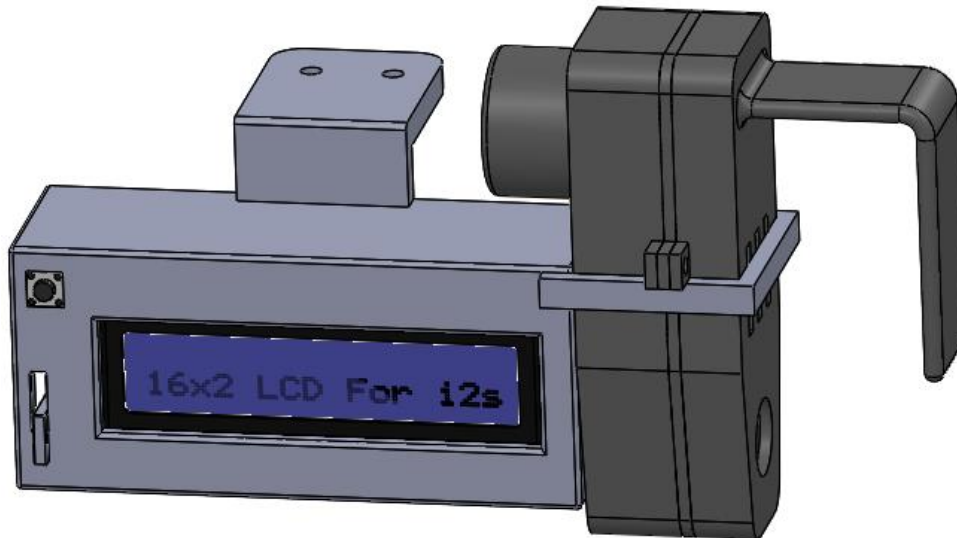


Figura 49. Componentes de interfaz.

Por otro lado, se necesitará un elemento que sea el encargado de sujetar el sensor de distancia (sensor ultrasónico) a la parte más baja del mecanismo. Se pensó en utilizar los mismos tornillos que estarán sujetando al soporte, y de esta forma dejar alineados la chumacera y el sensor. Entonces se desarrolló el soporte que se aprecia en la figura 50 y cuyo croquis se encuentra en el anexo 6.

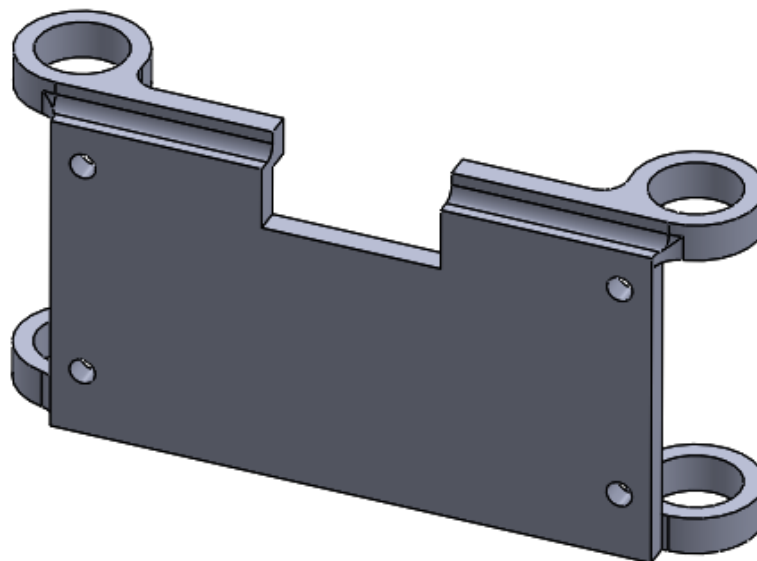


Figura 50. Soporte para sensor ultrasónico.

## 7.9 Construcción del prototipo.

En la presente sección se tratará de describir de la manera más detallada posible el procedimiento para obtener el prototipo final de manera funcional.

Primero, fue necesario adquirir los materiales y componentes eléctricos y mecánicos recopilados en la tabla del anexo 7 donde la mayoría fue comprada por internet. De la misma forma, el equipo de trabajo se dispuso a imprimir las piezas en 3D que posteriormente se utilizaría.

Una vez que se tuvieron los elementos mecánicos se obtuvieron las placas metálicas para la base del mecanismo y la placa limitadora de velocidad.

Para obtener la placa base fue necesario imprimir el croquis generado con ayuda de software CAD, marcar el perímetro y cortar con la ayuda de una pulidora, el resultado se aprecia en la figura 51.

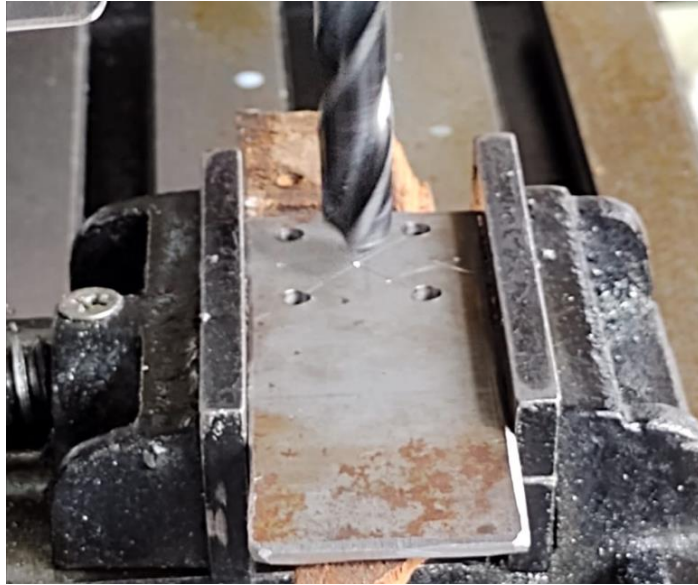


*Figura 51. Placa base.*

Para obtener la pieza de la placa limitadora se siguió el mismo procedimiento.

Posteriormente, para obtener los orificios necesarios se hizo uso de un taladro de banco con el afán de obtener mejor precisión, tal como se observa en la figura 52.





*Figura 52. Taladrado en placas con taladro de banco.*

Para terminar la parte de manufactura de las partes del mecanismo se soldó a la pieza base la placa que inhibirá el libre giro de la tuerca, provocando que la placa limitadora de velocidad se mantenga siempre en posición perpendicular a la placa base. La figura 53 muestra el proceso de soldadura.



*Figura 53. Proceso de soldadura.*

Luego se procedió a pintar las piezas metálicas previendo la oxidación, se armó el mecanismo, y fue montado en el automóvil, el resultado se observa en la figura 54.



Figura 54. Mecanismo en automóvil.

Para continuar con el proceso de construcción se hicieron los cálculos necesarios para obtener las ganancias integral y proporcional del control PI a utilizar, dichos cálculos se pueden encontrar en el anexo 4 en el apartado “Controlador PI”, el resultado se observa como se muestra en la figura 55.

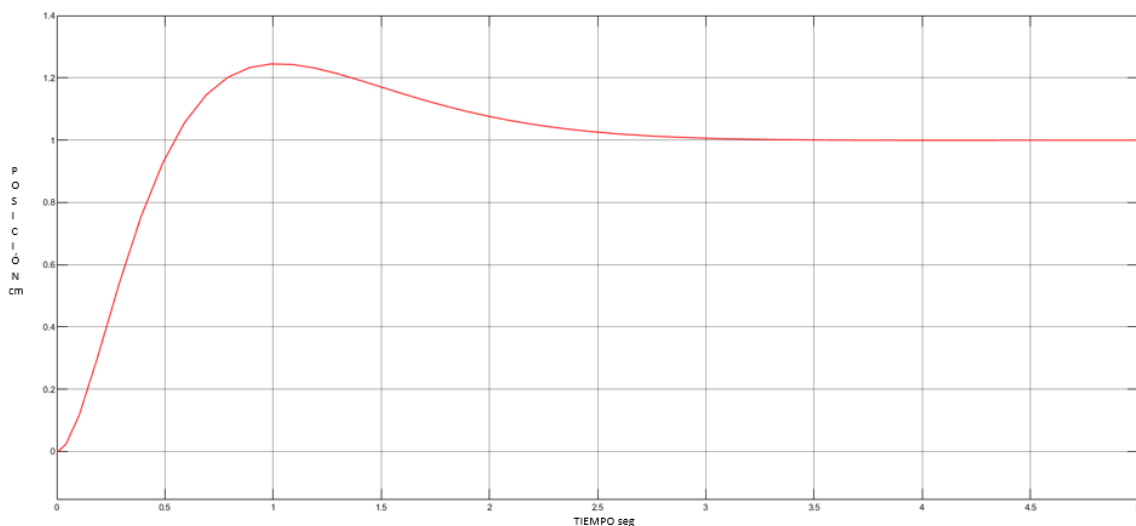


Figura 55. Respuesta del sistema con controlador PI.

Como se mencionó en la sección 7.7.4, se obtuvo la respuesta del sensor de velocidad del automóvil, sin embargo, esta señal es muy pequeña y de corriente alterna. Debido a lo anterior se optó por utilizar un puente de diodos.

En la tabla 10 se puede ver la recopilación de datos tomados al sensor de velocidad sin, y con puente de diodos mediante pruebas al automóvil en carretera, para este proyecto se usa el valor en corriente continua para lo cual se gráfica y se obtiene la función característica como se observa en la figura 56.

Tabla 10. Respuesta del sensor de velocidad en CA y con puente de diodos.

| Km/h | V(CA) | Con puente de diodos V(CC) |
|------|-------|----------------------------|
| 30   | 0.3   | 410mV                      |
| 40   | 0.5   | 640mV                      |
| 50   | 0.75  | 1V                         |
| 60   | 0.95  | 1.23V                      |
| 70   | 1.15  | 1.42V                      |
| 80   | 1.4   | 1.74V                      |
| 90   | 1.5   | 1.98V                      |

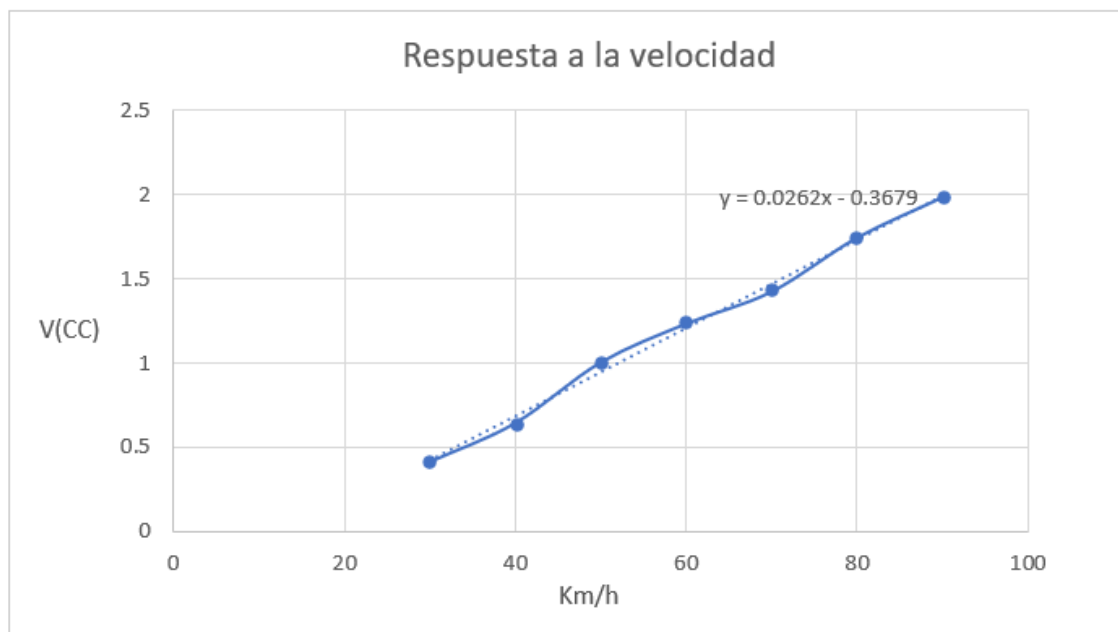


Figura 56. Respuesta a la velocidad en CC.

También, se hizo la localización de los cables que realizan el proceso de encendido del automóvil, para esto se tuvo que despejar la parte inferior del volante e identificar los cables conectados al switch de la llave. Una vez que se encontraron los cables descritos en la sección 3.2.5 se hizo uso de un multímetro para ver la respuesta de cada cable ante el giro de la llave, de esta manera se encontró el cable que realiza la etapa 4 de encendido.

Se procedió a colocar el relevador en la ubicación antes descrita, como se observa en la figura 57.

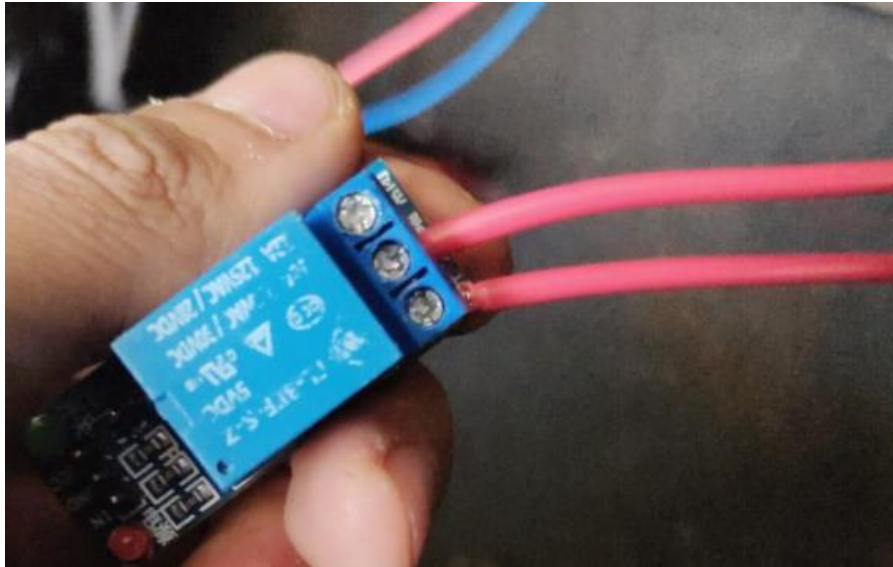


Figura 57. Conexión de relevador.

Para el alcoholímetro; una vez que se hubieron impreso las piezas correspondientes se continuó colocando el sensor MQ3 y soldando los pines correspondientes, también se situaron dos láminas metálicas las cuales funcionarán como sensor para verificar el momento en que se está soplando.



Figura 58. Estructura interna del alcoholímetro.

Luego se colocaron todas las carcasas y se pusieron el botón y la pantalla de cristal líquido (LCD) en su lugar, de tal manera que el alcoholímetro y la parte física de la interfaz quedan como se observa en la figura 59.



*Figura 59. Alcoholímetro.*

Siguiendo con la construcción, se colocaron los sensores de ambiente en lugares estratégicos cerca al conductor, pero sin interferir con el uso normal del auto. Se muestra en la figura 60 el resultado. Para proteger los cables de alimentación y de salida se usó una pequeña manguera la cual se ocultó debajo de tapas y forros propios del carro con la ambición de afectar en lo mínimo la estética interna del automóvil.



*Figura 60. Ubicación sensores de ambiente.*

Para la parte del sistema antiengañó se desarrolló la visión artificial, para esto fue indispensable primero colocar la cámara a utilizar en una posición adecuada que no interfiriera con la visión del usuario pero que a la vez tuviera un plano frontal del conductor. Finalmente se colocó como se observa en la figura 61.



*Figura 61. Posición de cámara.*



*Figura 62. Posicionamiento de luces.*

En la figura 62 se muestra el posicionamiento de luces cálida y fría que ayudarán a la cámara a obtener una mejor imagen en ambientes oscuros o de mucho contraste.

Se desarrolló la visión artificial, cuyo código se encuentra en el anexo 8, se usó la biblioteca de uso libre Mediapipe para reconocer o identificar la cara del conductor, también se usó la librería OpenCV para configurar los datos ingresados en el programa, y se programó en el lenguaje Python.

Se utilizó el modelo de OpenCv LBTH (Local Binary Pattern Histogram) para entrenar el programa a reconocer cuando el conductor usa el dispositivo de medición de alcohol, para la construcción del modelo fue necesario tomar más de 900 imágenes del conductor con y sin el dispositivo como se observa en la figura 63. Este tipo de configuración permite que una nueva imagen sea comparada con el modelo ya creado, la nueva imagen pertenecerá al grupo: con, o sin el dispositivo, obligando a clasificar la nueva imagen la identificación mediante la visión artificial es más fácil.

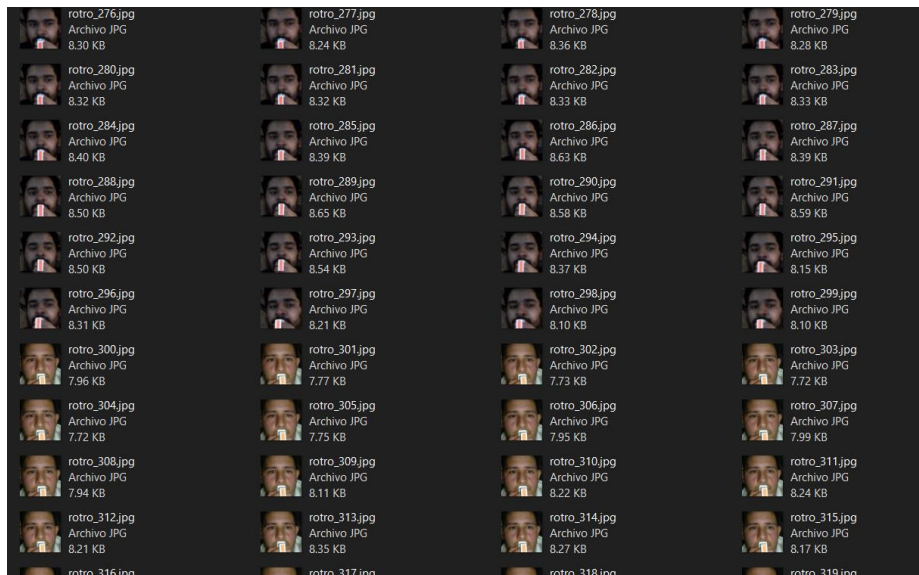


Figura 63. Entrenamiento de visión artificial.

Para el desarrollo de la PCB se utilizó el diagrama visto en las figuras 44, 45 y 46; solo se diseñó la distribución de los componentes, se establecerán en un perímetro de 8x8 cm como se puede apreciar en la figura 64.

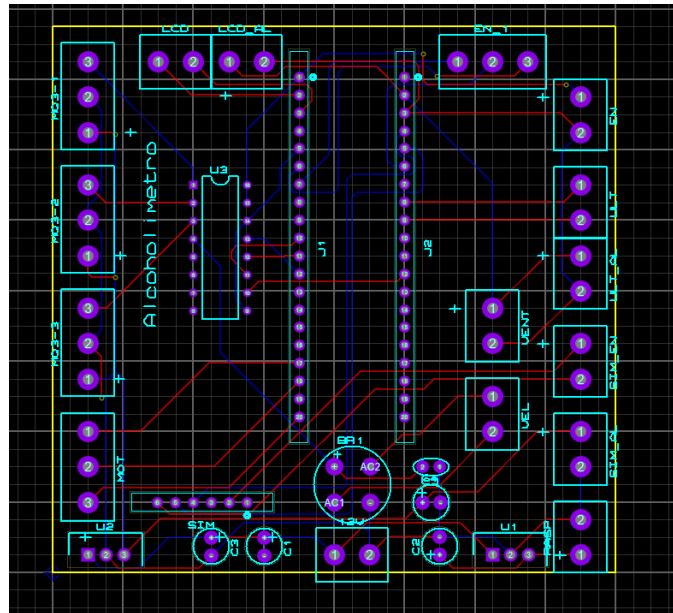


Figura 64. Diseño de PCB.

Se utilizan dos circuitos; el módulo SIM y el módulo MCP3008 para las lecturas analógicas, un adaptador para la Raspberry, se añadieron dos convertidores de voltaje de 5v uno para alimentar los sensores, el módulo SIM y el otro para alimentar a la Raspberry; se soldaron los componentes al PCB ya elaborado, dejando la mayor parte de conexiones a terminales para conectarlas al automóvil como se aprecia en la figura 65.

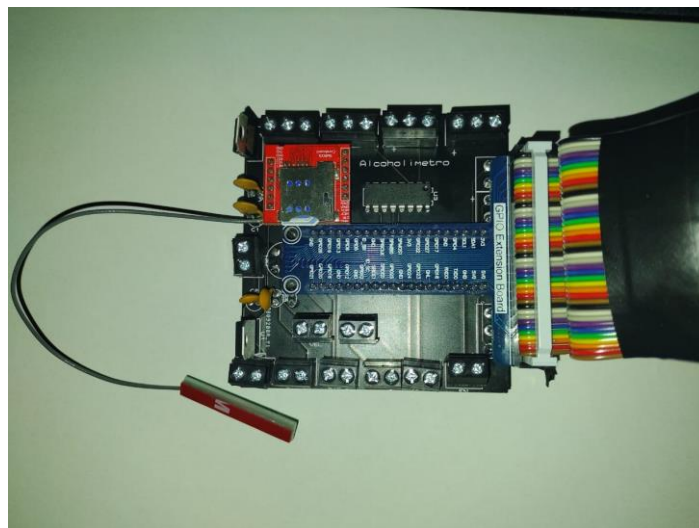
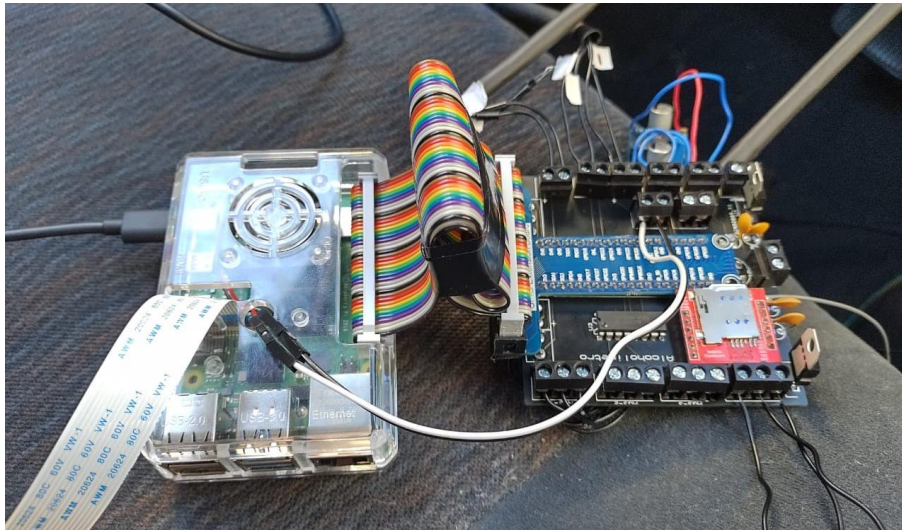


Figura 65. Conexiones de componentes a PCB.

Una vez con todos los sistemas instalados se dispuso el equipo de trabajo a integrarlos de manera simultánea mediante software utilizando la tarjeta Raspberry Pi. Usando



programación estructurada se logró una sinergia muy buena, además, al estar usando funciones y un único programa principal se volvió más cómoda la programación e identificación de pequeños errores. El programa se encuentra de forma integral en el anexo 8, mientras que en la figura 66 se puede ver la tarjeta Raspberry con todas las conexiones colocadas .



*Figura 66. Conexión de Raspberry.*

## VIII. Análisis y validación de resultados.

Para poder encender el automóvil es necesario encender el dispositivo, ya que el módulo del relevador está conectado en el modo normalmente abierto, por lo que es necesaria la señal de la Raspberry para cambiarlo. Una vez encendido el dispositivo se requiere esperar un tiempo para que se configure e inicialice el programa (aproximadamente 40 segundos), una vez el programa está listo para correr se muestra la opción de realizar la prueba, como se muestra en la figura 67.



*Figura 67. Opción de realizar prueba en alcoholímetro.*

Al realizar la prueba se tendrá que sujetar el sensor como se muestra en la figura 68, se pueden observar las diferentes pruebas realizadas de día y de noche para reconocer cuando se tiene o no el dispositivo; es necesario soplar por 3 segundos, y que se identifique con la visión artificial si se tiene o no el dispositivo, se realizaron pruebas viendo directo a la cámara o viendo directo a la LCD donde se indicara el tiempo que transcurre hasta llegar a 3 segundos como se muestra en la figura 69. Hay un apartado para especificar que solo haya una cara cuando se realiza la medición.

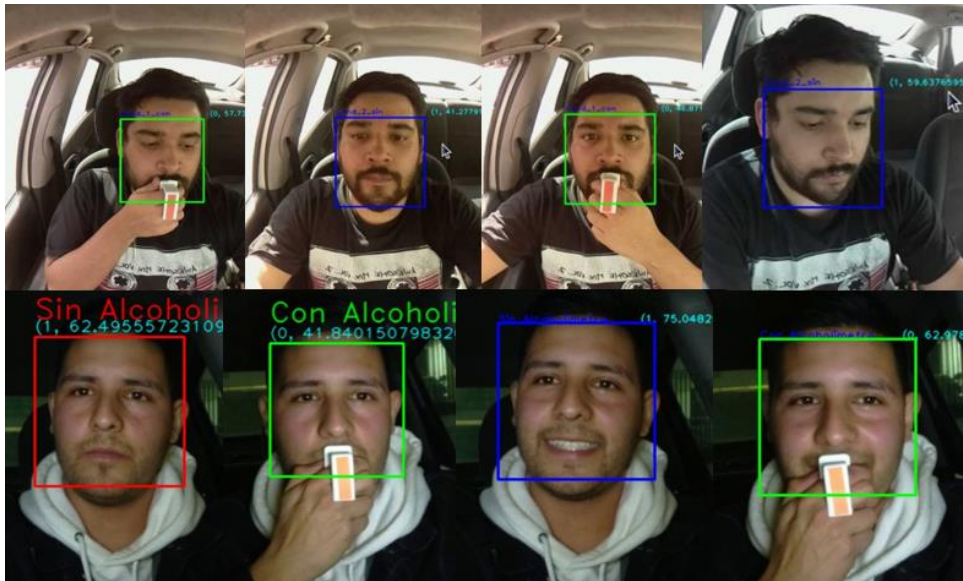


Figura 68. Pruebas de detección de rostro con visión artificial.



Figura 69. Tiempo de soplo.

Para determinar la confiabilidad de la visión artificial utilizada se realizaron varias pruebas a diferentes horas del día en tres sujetos diferentes buscando utilizar posiciones diferentes tanto del cuerpo como del alcoholímetro. Los resultados obtenidos se ven recabados en la tabla 11. Mientras que las imágenes que documentan las pruebas se encuentran en el anexo 9.

Tabla 11. Pruebas a visión artificial.

| Hora: 12pm |          |          |
|------------|----------|----------|
| Sujeto 1   | Sujeto 2 | Sujeto 3 |
| ✓          | ✓        | ✓        |
| X          | X        | ✓        |
| ✓          | ✓        | ✓        |
| X          | X        | ✓        |
| ✓          | ✓        | ✓        |
| Hora: 3pm  |          |          |
| ✓          | ✓        | ✓        |
| X          | ✓        | ✓        |
| ✓          | X        | X        |
| ✓          | ✓        | X        |
| X          | ✓        | ✓        |
| Hora: 9pm  |          |          |
| X          | ✓        | ✓        |
| X          | ✓        | X        |
| ✓          | X        | ✓        |
| ✓          | ✓        | X        |
| ✓          | ✓        | ✓        |

La tabla 11 muestra que la confiabilidad del sistema de visión artificial es del 69%, sin embargo, es necesario señalar que las pruebas no se realizaron con la única intención de que se detectara el rostro, sino de encontrar las posiciones idóneas para la misma. En el anexo 9 se puede hallar que las posiciones que por lo general presentan una buena respuesta en la visión artificial son aquellas en las que el individuo tiene los ojos abiertos mirando hacia la cámara o hacia el frente y que el recuadro naranja utilizado para ubicar al alcoholímetro se encuentra ubicado perpendicularmente a la visión de la cámara.

Una vez realizada la prueba esta promediara las muestras obtenidas en el tiempo de 3 segundos, para determinar si es apto para conducir, en caso de que sea apto para manejar la pantalla LCD se apagara, lo que permitirá la conducción sin distracciones, cuando se entre a este apartado del programa comenzara la lectura de los sensores de alcohol en el ambiente.

Al prender el dispositivo los sensores de ambiente guardarán la lectura que hay en ese momento, por lo que al momento de pasar la prueba de alcohol estos valores serán usados para medir que tanto ha cambiado la cantidad de alcohol en el ambiente,

si hay alguna variación se activara la pantalla como se muestra en la figura 70, para indicar que hay alcohol en el ambiente y que debe parar a realizar la prueba. Comenzará a medir el sensor de velocidad y activar el mecanismo, si pasan 10 minutos sin que se realice la prueba otra vez se procede a mandar un mensaje en el que se indica que el conductor está en estado de ebriedad, dejando activo el mecanismo hasta que se apague el dispositivo y se realice una prueba.



*Figura 70. Interfaz indicando alcohol en ambiente.*

En el caso del movimiento del mecanismo se realizaron varias pruebas en las que se buscó encontrar el porcentaje de veces en las que la posición deseada fue alcanzada de manera rápida; es decir, cuando el controlador PI funcionó de manera apropiada. Los resultados mostraron que el mecanismo llegó a la posición deseada de manera rápida en el 70% (14 de 20 veces). Sin embargo, en el 30% de las ocasiones la placa limitadora se encontró oscilando entre valores muy contiguos al deseado, el 20% del total de las pruebas tardó entre 0 y 10 segundos en estabilizarse, mientras que el 10% tardó más de 10 segundos.

En caso de no pasar la prueba se indicará que no paso la prueba en el LCD, como se muestra en la figura 71, para realizar estas pruebas se utilizó alcohol étílico por lo que el nivel de alcohol subió mucho, y es necesario despejar otra vez el ambiente para poder realizar una prueba en condiciones.



*Figura 71. Interfaz indicando no apto para conducir.*

Se tenía considerado dar la opción al conductor al no pasar la prueba encender el carro pero que el mecanismo se activara para bloquear el pedal del acelerador, pero esta opción pierde relevancia ya que la forma en que se inhibe el encendido no interfiere en lo absoluto con otros sistemas del automóvil, así que, si no pasa la prueba, lo único que se desactiva es el encendido; por lo que al no pasar la prueba solo se muestra el mensaje en el LCD.

Se pusieron dos condiciones iniciales en el programa, la primera es que si algún sensor de alcohol marca cero, es decir que esté desconectado por alguna razón, se mostrara en la LCD que hay falla con algún sensor como se muestra en la figura 72, y el programa se quedara ahí hasta que la lectura sea reparada; la otra condición es que el mecanismo se encuentre a 2cm del sensor ultrasónico, si no es el caso el sistema PI se activa para ponerlo en dicha posición.



*Figura 72. Interfaz indicando falla en algún sensor de alcohol.*

## **IX. Conclusiones.**

El sistema funciona de buena forma; la selección del mecanismo tornillo-tuerca permitió crear un bloqueo en el ángulo del acelerador sin tener que ser muy invasivos en el espacio de maniobra de los pies del conductor. También, la selección del tipo de tornillo y de tuerca fue muy acertada, pues presenta un movimiento silencioso y suave.

Los sensores MQ-3 presentaron una buena respuesta a la medición de alcohol, aunque tardan un tiempo considerable en calentarse.

Debido a la gran cantidad de información disponible en foros y documentos en línea se pudo realizar la programación de la visión artificial de forma funcional y al colocar lámparas de luz mejorar la recepción de la imagen en ambientes oscuros.

También se encontró que el módulo SIM envía mensajes SMS de manera satisfactoria, sin embargo, es probable que en lugares menos poblados a la ciudad de Zacatecas se presentes dificultades para recibir señal pues trabaja con la red 2G.

Respecto a inhibir el encendido, fue relativamente sencillo encontrar los cables indicados y conectar el módulo del relevador, y de igual forma la programación.

Lo que presentó un poco más de trabajo (no difícil sino tedioso) fue conseguir detectar el momento en que el usuario sopla en el alcoholímetro, esto debido a que no se encontró ningún sensor para esta necesidad, y al momento de buscar aspas no se encontró ninguna tan pequeña para colocarla dentro de la carcasa. Así que se usaron láminas metálicas, y mediante prueba y error se tuvo que encontrar la manera para que al soplar las láminas se juntaran y cuando se dejara de soplar se separaran de nuevo. Al final se consiguió detectar de forma aceptable.

Por lo que, se puede concluir que el proyecto se realizó de manera satisfactoria ya que los objetivos tanto general como particulares fueron cumplidos.

## **X. Trabajo futuro.**

Este trabajo fue incorporado y creado solo para el modelo Ford Focus 2003 y que este fuera automático, con lo cual se deja muchos puntos en los que se podría mejorar la idea de este proyecto.

En lo que se podría trabajar, es que este sistema se pueda implementar en cualquier modelo de vehículo automático que tenga espacio disponible para incorporar el mecanismo de control de ángulo de pedal de acelerador.

Otro punto en el que se podría trabajar es añadir un GPS, con el cual maximiza la seguridad y advertencia cuando se detecte un medio con alcohol mientras se va manejando, ya que con el mensaje que mandamos solo es una advertencia, pero el GPS sería de gran utilidad para saber cuál es la ubicación real del vehículo.



## XI. Fuentes de consulta.

- [1] Reglamento General de la ley de transporte, tránsito y vialidad del estado de Zacatecas. Art. 159. 7 de junio de 2017. (Zacatecas México).
- [2] Víctor Sandoval, "México, séptimo lugar en accidentes de tránsito: OPS", *W Radio*, 01 de enero de 2013, obtenido de:  
<http://www.wradio.com.mx/noticias/actualidad/mexico-septimo-lugar-en-accidentes-de-transito-ops/20130101/nota/1818146.aspx> [Último acceso: 25 mayo 2021].
- [3] Gobierno del Estado de México. Documento Accidentes y Alcoholismo.
- [4] INEGI. Estadísticas de accidentes de tránsito terrestre en zonas urbanas y suburbanas. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/temas/accidentes/> [Último acceso: 25 mayo 2021].
- [5] Encuesta nacional de consumo de drogas en estudiantes 2014. Obtenido de:  
[http://omextad.salud.gob.mx/contenidos/vigilancia/Zacatecas/HR\\_Zacatecas.pdf](http://omextad.salud.gob.mx/contenidos/vigilancia/Zacatecas/HR_Zacatecas.pdf)  
[Último acceso: 25 mayo 2021].
- [6] Cesar Cinjordiz. (2016). Obtenido de: <https://www.infootec.net/rele-electromecanico/>  
[Último acceso: 31 mayo 2021].
- [7] Ford Company Motors. (2005). *Diagramas de cableado focus*.
- [8] Pedro Arturo Casas P., Patricio Hernández R. y Alejandro Romo A. (Diciembre del 2017). *Adaptación de conducción en un vehículo para personas con deficiencia motriz inferior*. Instituto Politécnico Nacional, Zacatecas Zac.
- [9] El Español. (14 de Julio de 2019). El alcoholímetro de mi coche no me dejó arrancar: Probamos el sistema que salvará vidas. España.
- [10] The Irish Sun. (15 de Noviembre de 2017). *RUNNING ON FUMES This SEAT Leon Cristobal won't switch on until you pass an alcohol breathalyser – and if you fail it'll call you a cab*. Obtenido de: <https://www.thesun.ie/motors/1805761/this-seat-leon-cristobal-wont-switch-on-until-you-pass-an-alcohol-breathalyser-and-if-you-fail-itll-call-you-a-cab/> [Último acceso: 25 mayo 2021].
- [11] Coordinación de Comunicación Social, "C-548 Evitar accidentes automovilísticos por consumo de alcohol, un proyecto politécnico," *Repositoriodigital.ipn.mx*, 2017, Disponible en: <https://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/22867> [Último acceso: 25 mayo 2021].
- [12] María Paula Casanova V. (2014). *Diseño, construcción e instalación de un alcoholímetro electrónico con dispositivo de bloqueo de un vehículo* (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- [13] Zavala, R., & Benito, E. (14 de 01 de 2020). Diseño e implementación de un sistema

de detección visual para el control de somnolencia y estimulación sensorial del conductor a través de una cámara digital. *Trabajo de titulación*. Universidad de las Fuerzas Armadas, Latacunga.

[14] «Laniakea,» [En línea]. Disponible: [https://laniakea.mx/motores-37d/51-119--motorreductor-12v-200-rpm-37d-13kg-cm-sumobot.html#/36-velocidad\\_megasumo-300rpm\\_eje\\_descentrado](https://laniakea.mx/motores-37d/51-119--motorreductor-12v-200-rpm-37d-13kg-cm-sumobot.html#/36-velocidad_megasumo-300rpm_eje_descentrado) [Último acceso: 25 mayo 2021].

[20] Hanwei Electronics CO. *MQ-3 Gas sensor*, Technical Data.

[26] Intoxalock. (2020). Obtenido de: <https://www.intoxalock.com/ignition-interlock-devices/faq/> [Último acceso: 25 mayo 2021].

[27] Madrid Audio. (15 de Diciembre de 2020). *Alcoholímetro Drager*. Obtenido de <https://madridaudio.com/cortacorrientes-alarma-localizador-gps-instaladores-car-audio/> [Último acceso: 25 mayo 2021].

[28] María Amparo Vera C. y Laura Estela Corona B. (2015). *Diseño e implementación de un sistema con alcoholímetro para impedir la marcha de un automóvil cuando el conductor rebasa el nivel permitido* (tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional, Distrito Federal, México.

[29] Ford Motor Company. (2000). *Manual del propietario*.

[30] Diaz Hernández Itziar. La influencia del alcohol en la sociedad. (2003). Obtenido de: <http://www.euskomedia.org/PDFAnlt/osasunaz/05/05177190.pdf>

[31] Labcenter Electronics. (2012). *Proteus Design Suite Visual Designer Help*.

[32] THK. *Husillo de bolas*, Catálogo General.

# Apéndices.

## Anexo 1. Información de automóvil.

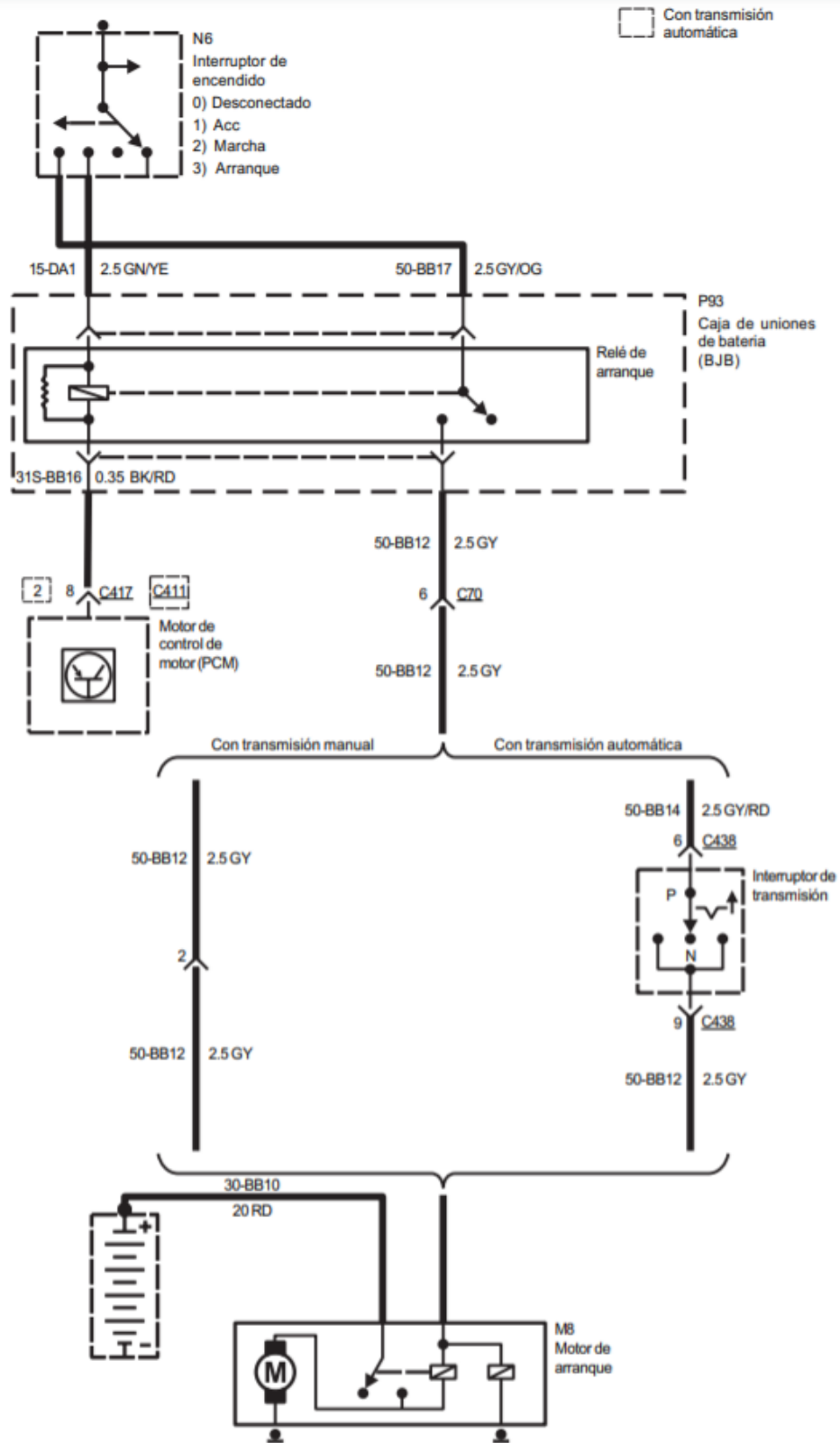


Figura 1. Diagrama de arranque del carro.

## Anexo 2. Diagramas IDEF-0.

Primera parte.

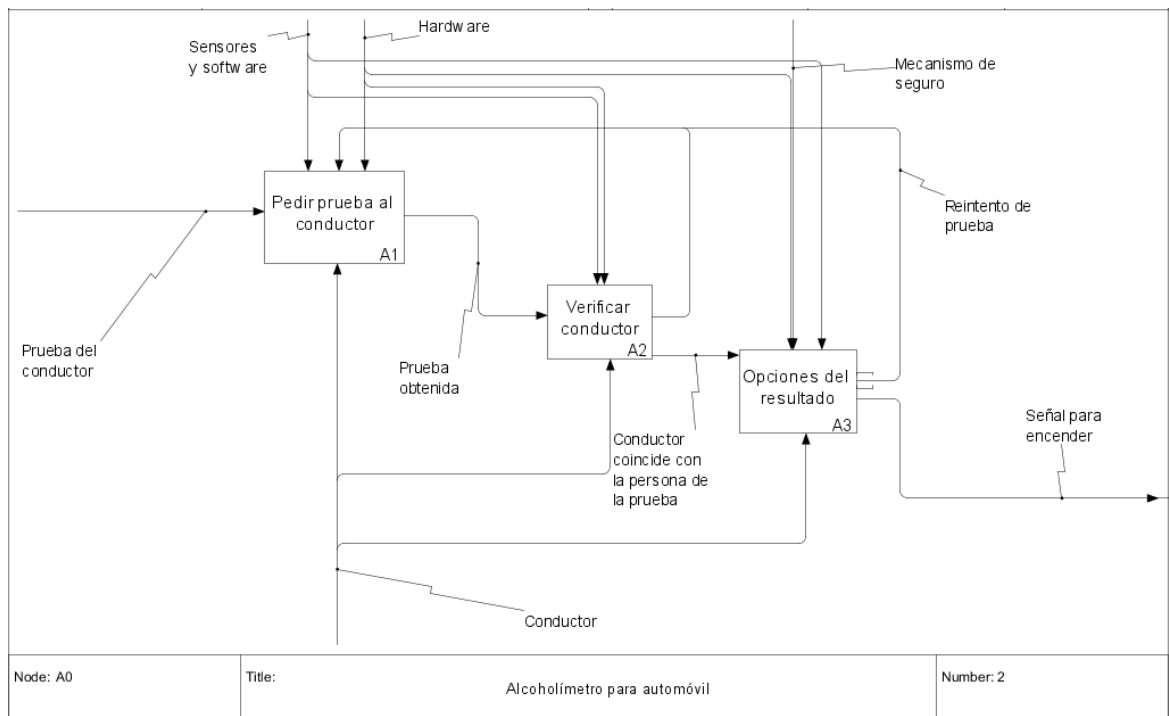


Figura 1. Diagrama A0.

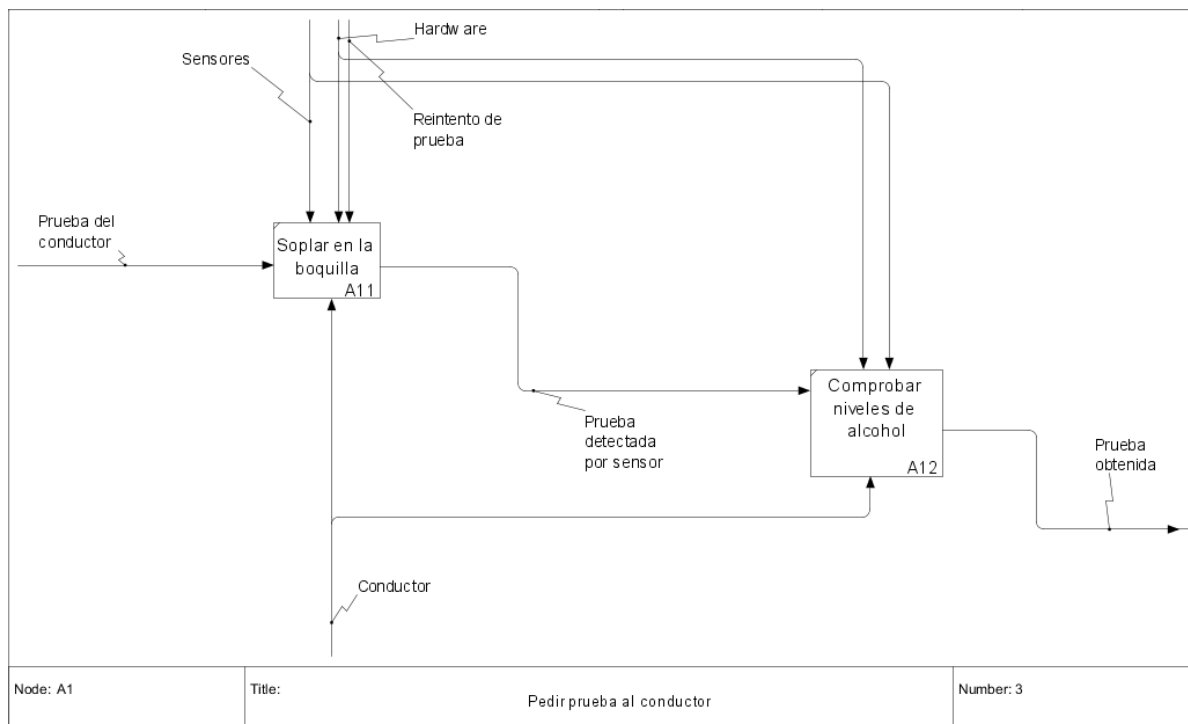


Figura 2. Diagrama A1.

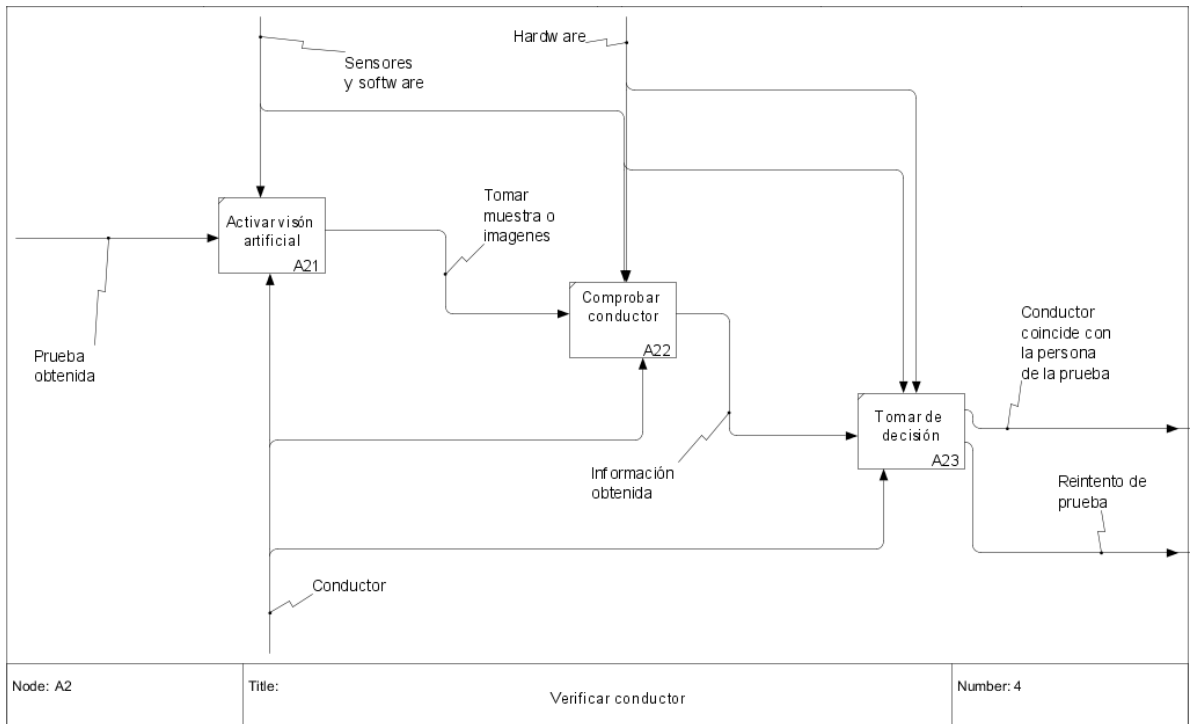


Figura 3. Diagrama A2.

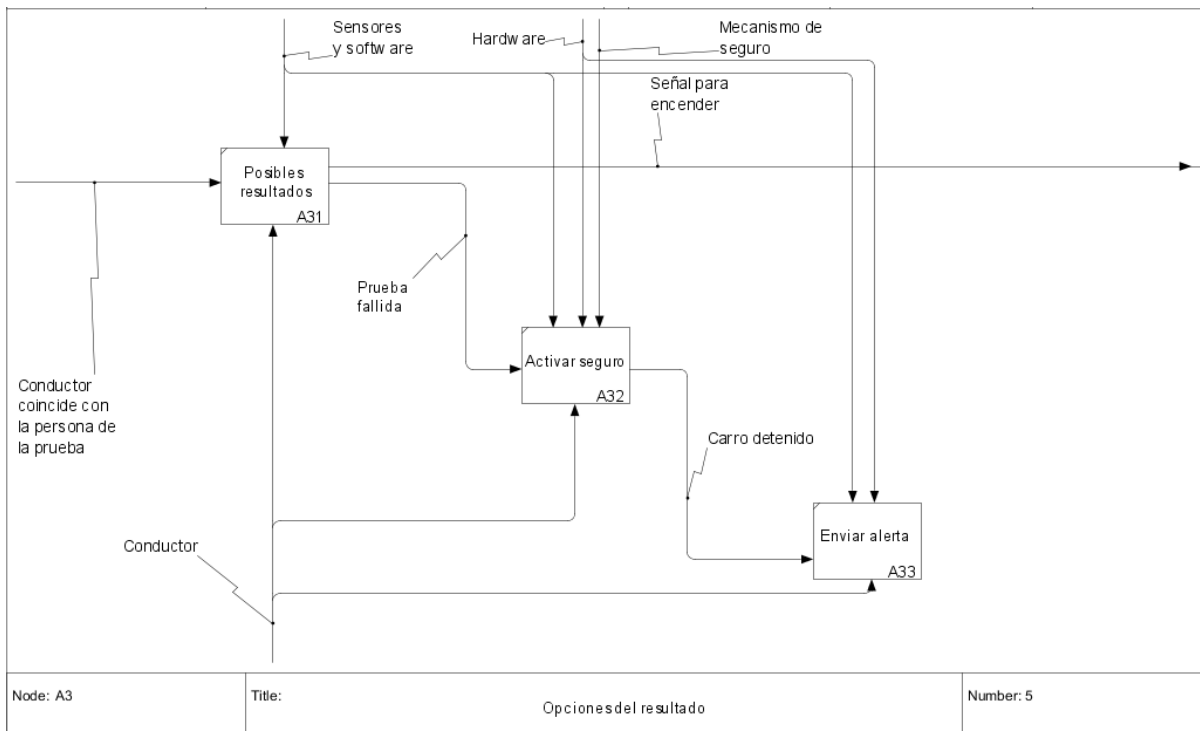


Figura 4. Diagrama A3.

Segunda parte.

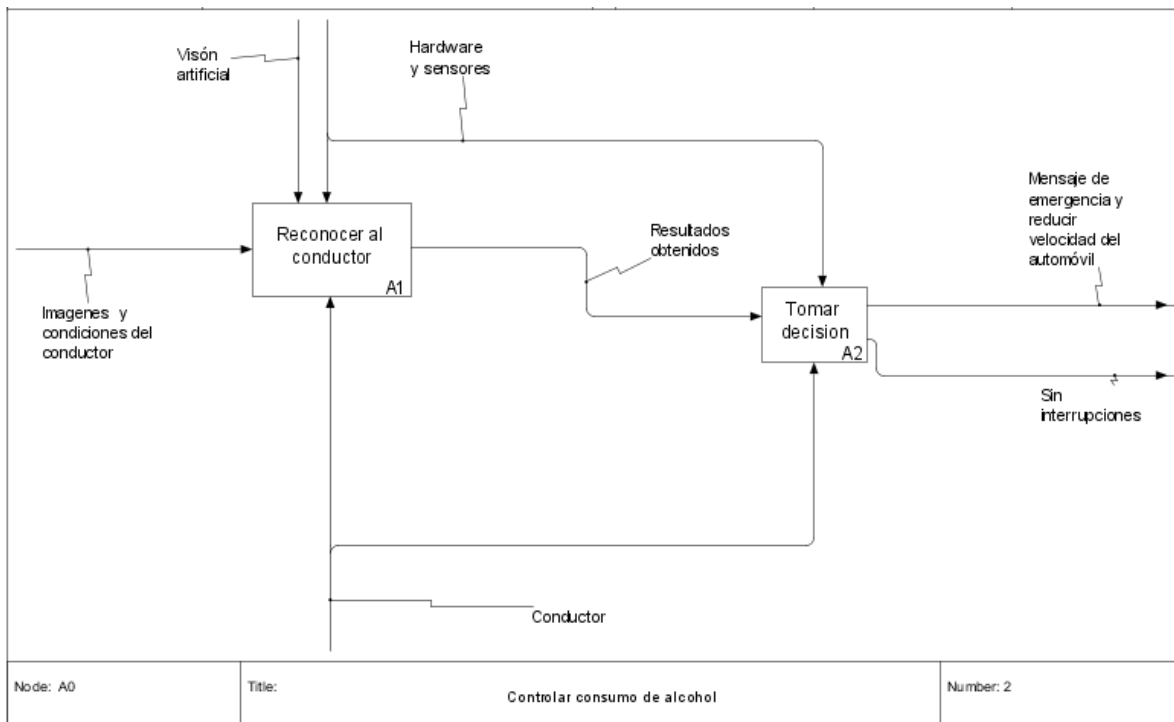


Figura 5. Diagrama A0.

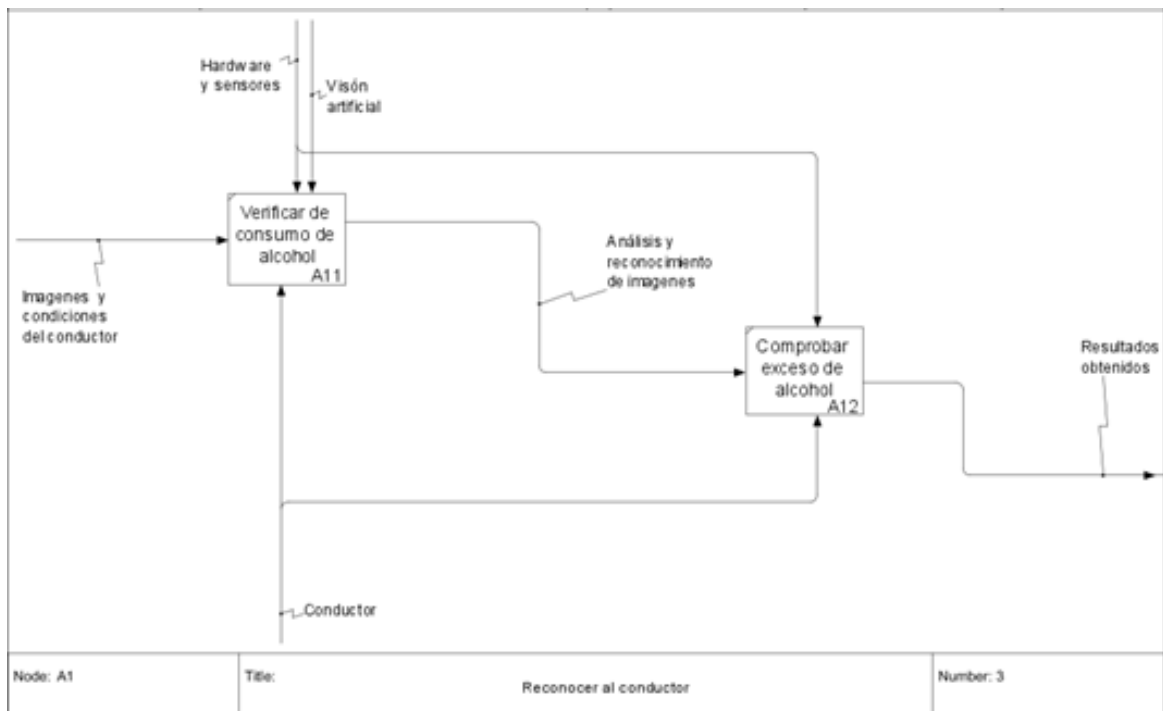


Figura 6. Diagrama A1.

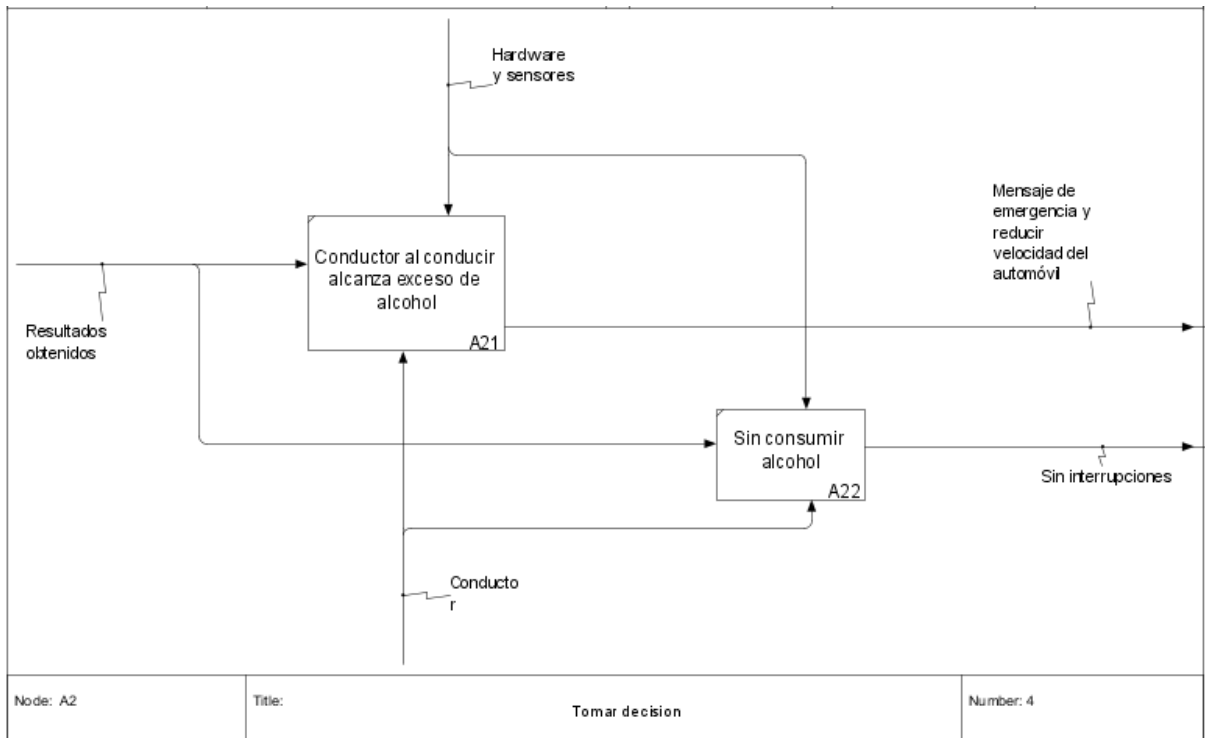


Figura 7. Diagrama A2.

### Anexo 3. Tablas de desarrollo del trabajo.

Tabla 1. Matriz de necesidades y métricas.

| Necesidades. |   | Métricas |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
|--------------|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
|              |   | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1            | Debe ser rápido.                                      | •        |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 2            | Consume poca energía.                                 |          | • |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 3            | Debe ser un diseño compacto.                          |          |   |   | • |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 4            | Tiene poco índice de error.                           | •        |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 5            | Buena estética.                                       |          |   |   |   | • |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 6            | Medición continua de alcohol en el aire del vehículo. |          |   |   |   |   |   | • |   |   |    |    |    |    |    |
| 7            | Uso de materiales mecánicos estandarizados.           |          |   |   |   |   |   |   | • |   |    |    |    |    |    |
| 8            | Debe pesar poco.                                      |          |   |   | • |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 9            | Debe necesitar poco mantenimiento.                    |          |   |   |   |   |   |   |   | • |    |    |    |    |    |
| 10           | Debe ser fácil de instalar.                           |          |   |   |   |   |   |   |   |   | •  |    |    |    |    |
| 11           | Interfaz sencilla.                                    |          |   |   |   |   | • |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 12           | El mecanismo debe ser difícil de vencer.              |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    | •  |    |    |    |
| 13           | Debe usar componentes eléctricos estandarizados.      |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | •  |    |    |
| 14           | Sistema antiengaño eficiente.                         |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | •  |    |
| 15           | Grande rango de movimiento del sensor.                |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | •  |



Tabla 2. Evaluación comparativa.

| No. Métrica | No. de necesidad | Métrica                                      | Imp. | Unidades       | Seat Leon Cristóbal | Inter-lock |
|-------------|------------------|--|------|----------------|---------------------|------------|
| 1           | 1                | Tiempo de toma de muestra al conductor.      | 1    | Seg.           | 7                   | 8          |
| 2           | 4                | Margen de error en la muestra.               | 2    | mg/l           | ND*                 | ND*        |
| 3           | 2                | Consumo de energía.                          | 2    | Watts          | ND*                 | ND*        |
| 4           | 8                | Peso.  | 3    | Kg.            | ND*                 | ND*        |
| 5           | 3                | Volumen                                      | 4    | m <sup>3</sup> | ND*                 | ND*        |
| 6           | 5, 11            | Estética y manejo del dispositivo.           | 5    | Subj.          | ND*                 | ND*        |
| 7           | 6                | Tiempo entre muestra de la calidad del aire. | 2    | Min.           | NP*                 | NP*        |
| 8           | 7                | Materiales mecánicos estandarizados.         | 3    | Subj.          | NP*                 | NP*        |
| 9           | 9                | Mantenimientos.                              | 2    | Mtto/año       | ND*                 | 6          |
| 10          | 10               | Tiempo de instalación.                       | 4    | Hrs.           | ND*                 | 2          |
| 11          | 12               | Fuerza del mecanismo.                        | 1    | Newton         | NP*                 | NP*        |
| 12          | 13               | Comercialización de componentes.             | 5    | Subj.          | ND*                 | ND*        |
| 13          | 14               | Eficiencia del sistema antiengaño.           | 1    | Porcentaje     | ND*                 | ND*        |
| 14          | 15               | Rango del movimiento del sensor.             | 2    | Cm.            | ND*                 | ND*        |

#### Anexo 4. Cálculos realizados.

##### **Tornillo**

La guía para evitar que la tuerca y la placa limitadora de velocidad giren será de acero, se tomarán los siguientes valores para los cálculos.

Resistencia de la superficie de la guía.  $f=10$  N.(sin carga).

Masa  $m_1$ .  $m_1=0.2\text{sen}(30^\circ) = 0.1$  kg

Masa  $m_2$ .  $m_2=21$  kg

Velocidad máxima.  $V_{\text{max}}=0.02$  m/s

Tiempo de aceleración (asumido).  $t_1=0.2$  s.

Entonces se obtiene que aceleración es.

$$\alpha = \frac{V_{\text{max}}}{t_1} = \frac{0.02}{0.2} = 0.1 \text{ m/s}^2$$

Durante la aceleración hacia arriba.

$$\begin{aligned} Fa_1 &= (m_1 + m_2) * g + f + (m_1 + m_2) * a = (0.1 + 21) * 9.81 + 10 + (0.1 + 21) * 0.1 \\ &= 219.101 \text{ N} \end{aligned}$$

Durante el movimiento uniforme hacia arriba.

$$Fa_2 = (m_1 + m_2) * g + f = (0.1 + 21) * 9.81 + 10 = 216.991 \text{ N}$$

Durante la desaceleración hacia arriba:

$$\begin{aligned} Fa_3 &= (m_1 + m_2) * g + f - (m_1 + m_2) * a = (0.1 + 21) * 9.81 + 10 - (0.1 + 21) * 0.1 \\ &= 214.881 \text{ N} \end{aligned}$$

Durante la aceleración hacia abajo.

$$\begin{aligned} Fa_4 &= (m_1 + m_2) * g - f - (m_1 + m_2) * a = (0.1 + 21) * 9.81 - 10 - (0.1 + 21) * 0.1 \\ &= 194.881 \text{ N} \end{aligned}$$

Durante el movimiento uniforme hacia abajo.

$$Fa_5 = (m_1 + m_2) * g - f = (0.1 + 21) * 9.81 - 10 = 196.991 N$$

Durante la desaceleración hacia abajo:

$$\begin{aligned} Fa_6 &= (m_1 + m_2) * g + f - (m_1 + m_2) * a = (0.1 + 21) * 9.81 + 10 - (0.1 + 21) * 0.1 \\ &= 214.881 N \end{aligned}$$

Por ende, la carga axial máxima aplicada sobre el husillo de bolas se expresa como:

$$Fa_{max} = Fa_1 = 219.101 N$$

*Carga de deformación del eje del husillo.*

Factor según el método de montaje.  $\eta_1=2, \eta_2=10$  (THK B15-38)

Distancia entre dos superficies de montaje.  $l_a=140$  mm (estimado)

Diámetro menor de la rosca del eje del husillo.  $d_1=10$  mm.

$$P_1 = \eta_2 * \frac{d_1^4}{l_a^2} * 10^4 = 10 * \frac{10^4}{140^2} * 10^4 = 51020.41 N$$

*Carga de tracción y de compresión admisible del eje del husillo.*

$$P_2 = 116 d_1^2 = 116 * 10^2 = 11600 N$$

### **Motor.**

*Par de torsión de fricción debido a una carga externa.*

Durante el movimiento uniforme hacia arriba, donde Ph es el paso del tornillo, y se toma una eficiencia de 0.9.

$$T_1 = \frac{Fa_2 \cdot Ph}{2 \times \pi \times \eta} = \frac{216.991 \times 4}{2 \times \pi \times 0.9} = 153.49 N \cdot mm$$

Durante el movimiento uniforme hacia abajo.

$$T_2 = \frac{Fa_5 \cdot Ph}{2 \times \pi \times \eta} = \frac{196.991 \times 4}{2 \times \pi \times 0.9} = 139.34 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

*Par de torsión requerido para la aceleración.*

Para el momento de inercia por longitud de área del eje del husillo se usará un valor de  $3.9 \times 10^{-4} \text{ Kg} \cdot \text{cm}^2/\text{mm}$ , que aunque asumido, seguramente es un poco mayor al real, por lo que el momento de inercia del eje del husillo con una longitud total de 200 mm se expresa como.

$$J_s = 3.9 \times 10^{-4} \times 200 = 0.078 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2 = 0.078 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Luego

Proporción de reducción  $A=1$ .

$$\begin{aligned} J &= (m_1 + m_2) \left( \frac{Ph}{2 \times \pi} \right)^2 \cdot A^2 \times 10^{-6} + J_s \cdot A^2 \\ &= (.1 + 21) \left( \frac{4}{2 \times \pi} \right)^2 \cdot 1^2 \times 10^{-6} + 0.078 \times 10^{-4} \times 1^2 \\ &= 0.164 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \end{aligned}$$

Aceleración angular

$$\omega' = \frac{2\pi \cdot N_{max}}{60 \cdot t}$$

Donde  $N_{max}$  es

$$N_{max} = \frac{V_{max} \times 60 \times 10^3}{Ph} = \frac{0.02 \times 60 \times 10^3}{4} = 300 \text{ min}^{-1}$$

Por lo que

$$\omega' = \frac{2\pi \cdot 300}{60 \cdot 0.2} = 157.08 \text{ rad/s}^2$$

Para obtener el momento de inercia del eje del motor se usa la siguiente fórmula.

$$J_m = \frac{md^2}{8}$$

Se obtiene primero el valor de m.

Diámetro del cilindro  $d=0.006$  m

Longitud del eje.  $l=0.016$  m

Densidad del acero  $\rho=7750$  kg/m<sup>3</sup>

$$m = \frac{\pi d^2 l \rho}{4g} = \frac{\pi \cdot 0.006^2 \cdot 0.016 \cdot 7750}{4 \cdot 9.81} = 3.57 \times 10^{-4}$$

Entonces el momento de inercia del eje del motor es

$$J_m = \frac{3.57 \times 10^{-4} \times 0.006^2}{8} = 1.61 \times 10^{-9}$$

A partir de lo planteado anteriormente, el par de torsión requerido para la aceleración es.

$$\begin{aligned} T_3 &= (J + J_m) \cdot \omega' = (0.164 \times 10^{-4} + 1.61 \times 10^{-9}) \cdot 157.08 = 0.0025 \text{ N} \cdot \text{m} \\ &= 2.53 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

Por lo tanto el par de torsión se especifica de la siguiente manera.

Durante la aceleración hacia arriba.

$$T_{k1} = T_1 + T_3 = 153.49 + 2.53 = 156.02 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Durante el movimiento uniforme hacia arriba.

$$T_{t1} = T_1 = 153.49 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Durante la deceleración hacia arriba

$$T_{g1} = T_1 - T_3 = 153.49 - 2.53 = 150.96 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Durante la aceleración hacia abajo.

$$T_{k2} = T_2 - T_3 = 139.34 - 2.53 = 136.81 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Durante el movimiento uniforme hacia abajo.

$$T_{t2} = T_2 = 139.34 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Durante la deceleración hacia abajo

$$T_{g2} = T_2 + T_3 = 139.34 + 2.53 = 141.88 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Por lo tanto el par de rotación necesario para el sistema es.

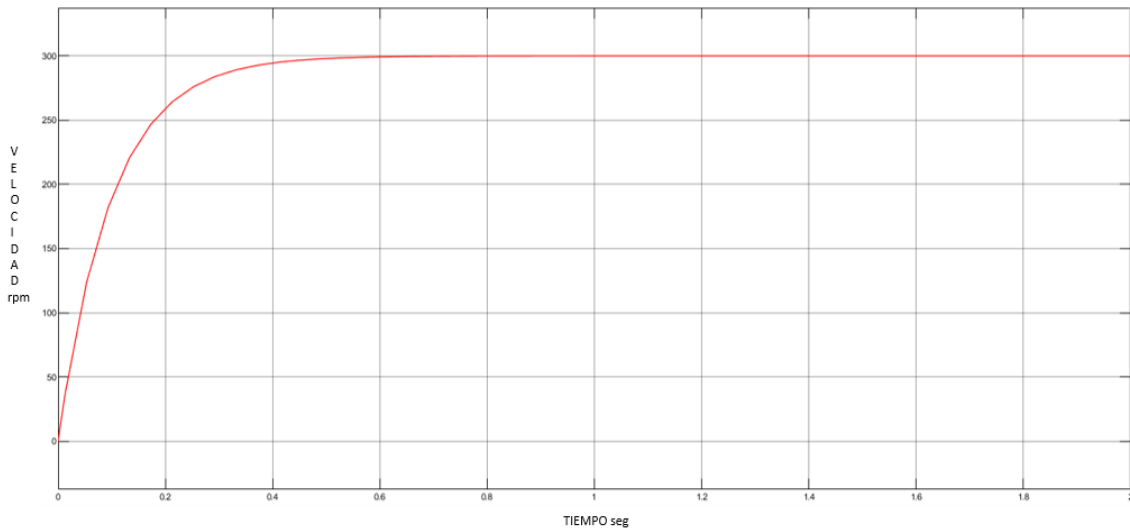
$$T_{max} = T_{k1} = 156.02 \text{ N} \cdot \text{mm} = 1.7 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

Aplicando un factor de seguridad de 3.

$$T_{motor} = 1.7 \times 3 = 5.1 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

### Controlador PI.

Primero se obtuvo la respuesta al escalón del motor a utilizar, se obtuvo la siguiente salida.



Cuya función de transferencia se ve de la siguiente manera.

$$\frac{250}{s + 10}$$

Para obtener la planta del sistema se debe agregar un integrador, de esta forma se obtiene la posición angular del eje en revoluciones. Finalmente se tiene que agregar una ganancia que asocie las revoluciones del motor con el movimiento de la placa tope. De tal manera que la función de transferencia de la planta queda como sigue.

$$\frac{100}{60s(s + 10)}$$

Para sintonizar el controlador se utilizará el método de lugar geométrico de las raíces.

Se tomarán los valores de coeficiente de amortiguamiento ( $\zeta$ ) de 0.9, y un tiempo de asentamiento ( $t_s$ ) de 2.

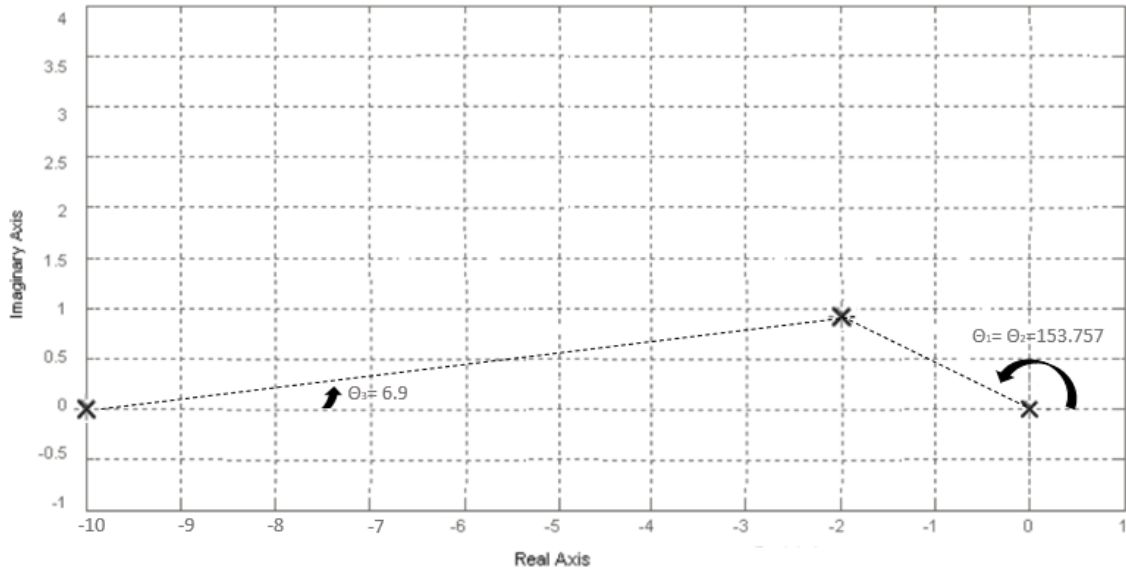
$$\omega_n = \frac{4}{t_s \zeta} = \frac{4}{2(0.9)} = 2.22$$

Los polos deseados están en:

$$\sigma = \zeta \cdot \omega_n = 0.9 \cdot 2.22 = 2$$

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} = 2.22 \sqrt{1 - 0.9^2} = 0.968$$

Los polos y ceros, así como los ángulos se observan en la siguiente figura.



Sumando los ángulos.

$$\theta_z - (153.757 + 153.757 + 6.9) = \pm(2k + 1)180$$

$$\theta_z = 314.414 - 180 = 134.414$$

$$\tan(134.414) = \frac{0.968}{d}$$

$$d = -0.95$$

$$z = d + \sigma = -0.95 + 2 = 1.05$$

Por lo que:

$$|Gc(s)G(s)| = Kc \left| \frac{100(s + 1.05)}{s(60s)(s + 10)} \right|_{s=-2+j0.968} = 1$$

$$Kc = 17.544$$

Ya que:

$$\frac{Kc}{s}(s + z) \rightarrow Kc + \frac{KcZ}{s}$$

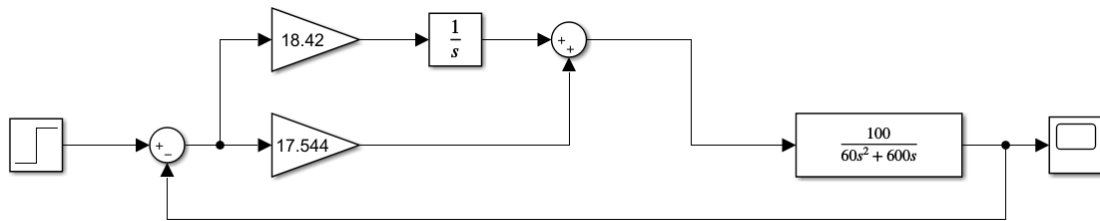
Entonces:

$$17.544 + \frac{17.544(1.05)}{s}$$

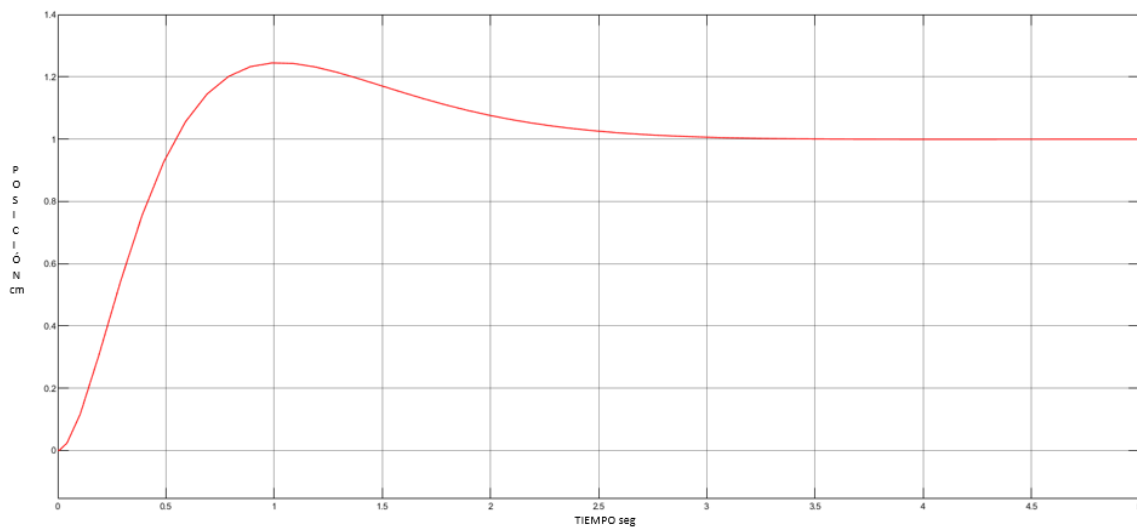
Por lo que se obtiene que la ganancia del control proporcional será de 17.544, mientras que la ganancia del control integral será de 18.42.



Se simula el sistema de la siguiente manera:




Y se obtiene la siguiente respuesta:




Se observa que el tiempo de asentamiento sobrepasa un poco el deseado, sin embargo, sigue siendo muy apropiado para el sistema.

Anexo 5. Información para selección de componentes.

**JQC-3FF SUBMINIATURE HIGH POWER RELAY**



File No.:R50034671



File No.:E133481



File No.:CQC02001001953



**Features**

- Extremely low cost
- SPST-NO & SPDT configuration
- Subminiature, standard PCB layout
- Sealed IP67 and Flux proof types available

**CONTACT DATA**

|                                 |                         |                         |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Contact Arrangement             | 1A                      | 1C                      |
| Initial Contact Resistance Max. | 100mΩ (at 1A 6VDC)      |                         |
| Contact Material                | Silver Alloy            |                         |
| Contact Rating (Res. Load)      | 10A 277VAC              | 7A 250VDC<br>10A 277VAC |
| Max. switching voltage          | 277VAC/30VDC            |                         |
| Max. switching current          | 15A                     | 10A                     |
| Max. switching power            | 2770VA 210W             |                         |
| Mechanical life                 | 1 x 10 <sup>7</sup> ops |                         |
| Electrical life                 | 1 x 10 <sup>7</sup> ops |                         |

**COIL DATA**

| Nominal Voltage VDC | Pick-up Voltage VDC | Drop-out Voltage VDC | Max. allowable Voltage VDC(at 25°C) | Coil Resistance Ω |
|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------------|-------------------|
| 5                   | 3.80                | 0.5                  | 6.5                                 | 70 ± 10%          |
| 6                   | 4.50                | 0.6                  | 7.8                                 | 100 ± 10%         |
| 9                   | 6.80                | 0.9                  | 11.7                                | 225 ± 10%         |
| 12                  | 9.00                | 1.2                  | 15.6                                | 400 ± 10%         |
| 18                  | 13.5                | 1.8                  | 23.4                                | 900 ± 10%         |
| 24                  | 18.0                | 2.4                  | 31.2                                | 1600 ± 10%        |
| 48                  | 36.0                | 4.8                  | 62.4                                | 4500 ± 10%        |

**CHARACTERISTICS**

|                                   |                           |                             |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Initial Insulation Resistance     | 100MΩ ,500VDC             |                             |
| Dielectric Strength               | Between coil and contacts | 1500VAC, 1min               |
|                                   | Between open contacts     | 750VAC, 1min                |
| Operate time (at nomi. Volt.)     | Max. 10ms                 |                             |
| Release time (at nomi. Volt.)     | Max. 5ms                  |                             |
| Temperature rise (at nomi. Volt.) | Max. 60°C                 |                             |
| Shock Resistance                  | Functional                | 98 m/s <sup>2</sup> (10g)   |
|                                   | Destructive               | 980 m/s <sup>2</sup> (100g) |
| Vibration Resistance              | 1.5mm, 10 to 55Hz         |                             |
| Humidity                          | 35% to 85%RH              |                             |
| Ambient temperature               | -40°C to +85°C            |                             |
| Termination                       | PCB                       |                             |
| Unit weight                       | Approx. 10g               |                             |
| Construction                      | Sealed IP67 & Flux proof  |                             |

**SAFETY APPROVAL RATINGS**

| UL  | 1 Form C | 10A 277 VAC<br>10A 120VAC<br>1/2 HP 125/250VAC                           |
|-----|----------|--|
| UL  | 1 Form A | 10A 277VAC<br>TV-5 120VAC<br>15A 125VAC<br>120VAC 125VAC<br>1/2hp,125VAC |
|     | 1 Form C | 8A 250VAC<br>12A 125VAC cos phi=1<br>5A 250VAC cos phi=1                 |
| TÜV | 1 Form A | 10A 277VAC<br>12A 125VAC cos phi=1<br>5A 250VAC cos phi=1                |

**COIL**

|            |                      |
|------------|----------------------|
| Coil power | 0.36W@48VDC : 0.51W+ |
|------------|----------------------|

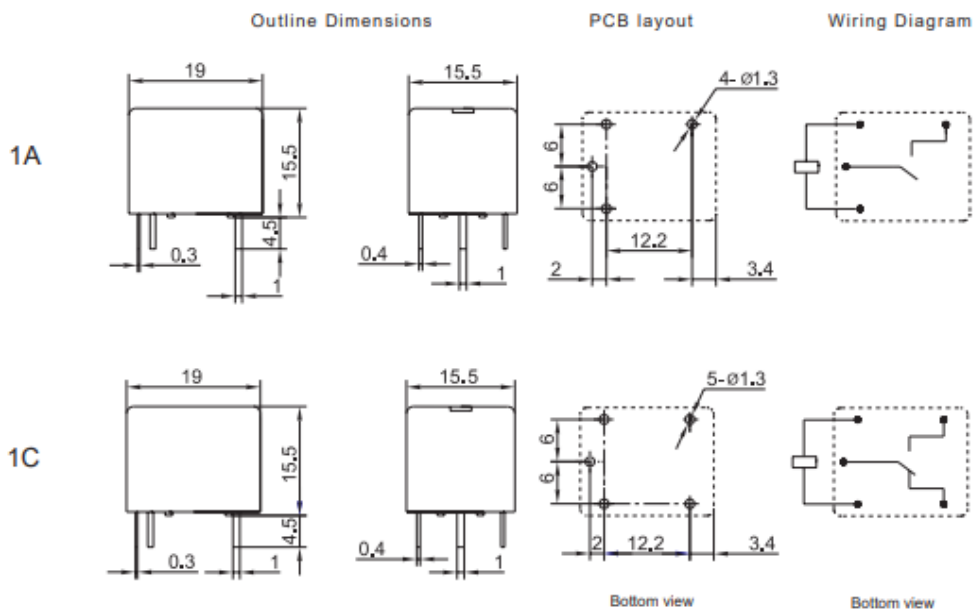
General Purpose Power Relays JQC-3FF

Figura 1. Hoja de datos del relevador JQC-3FF-S-Z.

**ORDERING INFORMATION**

|                               |  |  |  |  |  |
|-------------------------------|--|--|--|--|--|
| <b>JQC-3FF / 012 1H S T F</b> |  |  |  |  |  |
| <b>Type</b>                   |  |  |  |  |  |
| <b>Coil voltage</b>           | 5, 6, 9, 12, 18, 24, 48VDC               |  |  |  |  |
| <b>Contact arrangement</b>    | 1H:1 Form A (SPST-NO) 1Z:1 Form C (SPDT) |  |  |  |  |
| <b>Structure</b>              | S: Sealed IP67 Nil: Flux proof           |  |  |  |  |
| <b>Contact Material</b>       | T: AgSnO <sub>2</sub> Nil: AgCdo         |  |  |  |  |
| <b>Insulation System</b>      | F: Class F 155°C Nil: Class B 130°C      |  |  |  |  |

**OUTLINE DIMENSIONS, WIRING DIAGRAM AND PC BOARD LAYOUT**



**CHARACTERISTICS CURVE**

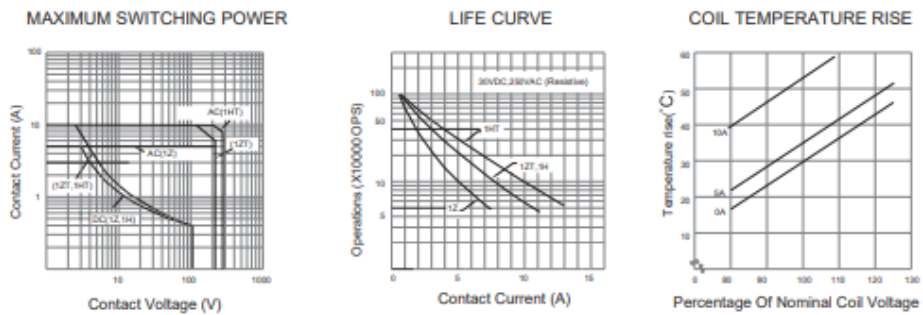


Figura 2. Hoja de datos del relevador JQC-3FF-S-Z.

# TECHNICAL DATA

# MQ-3 GAS SENSOR

## FEATURES

- \* High sensitivity to alcohol and small sensitivity to Benzine .
- \* Fast response and High sensitivity
- \* Stable and long life
- \* Simple drive circuit

## APPLICATION

They are suitable for alcohol checker, Breathalyser.

## SPECIFICATIONS

### A. Standard work condition

| Symbol         | Parameter name      | Technical condition | Remarks  |
|----------------|---------------------|---------------------|----------|
| V <sub>c</sub> | Circuit voltage     | 5V±0.1              | AC OR DC |
| V <sub>H</sub> | Heating voltage     | 5V±0.1              | ACOR DC  |
| R <sub>L</sub> | Load resistance     | 200KΩ               |          |
| R <sub>H</sub> | Heater resistance   | 33Ω ± 5%            | Room Tem |
| P <sub>H</sub> | Heating consumption | less than 750mw     |          |

### B. Environment condition

| Symbol         | Parameter name       | Technical condition  | Remarks |
|----------------|----------------------|--|---------|
| Tao            | Using Tem            | -10°C-50°C   |         |
| Tas            | Storage Tem          | -20°C-70°C   |         |
| R <sub>H</sub> | Related humidity     | less than 95%Rh  |         |
| O <sub>2</sub> | Oxygen concentration | 21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity |         |

### C. Sensitivity characteristic

| Symbol                       | Parameter name                       | Technical parameter                               | Remarks   |
|------------------------------|--------------------------------------|---|---|
| R <sub>s</sub>               | Sensing Resistance                   | 1MΩ - 8 MΩ<br>(0.4mg/L alcohol )                  | Detecting concentration scope:<br>0.05mg/L—10mg/L Alcohol |
| α<br>(0.4/1 mg/L)            | Concentration slope rate             | ≤0.6  |   |
| Standard detecting condition | Temp: 20°C ± 2°C<br>Humidity: 65%±5% | V <sub>c</sub> :5V±0.1<br>V <sub>H</sub> : 5V±0.1 |   |
| Preheat time                 | Over 24 hour                         |   |   |

### D. Structure and configuration, basic measuring circuit

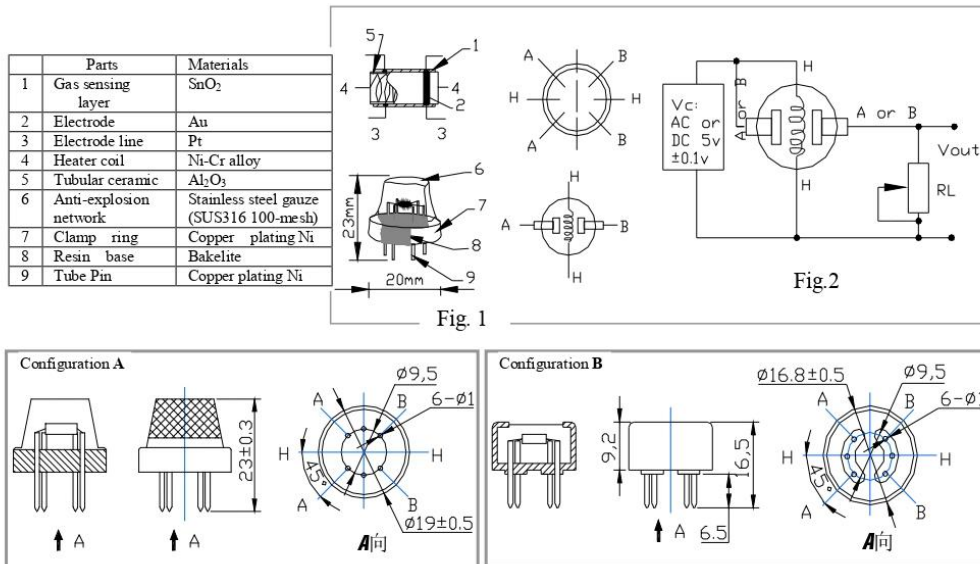


Figura 3. Hoja de datos sensor MQ-3.

Structure and configuration of MQ-3 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro  $Al_2O_3$  ceramic tube, Tin Dioxide ( $SnO_2$ ) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-3 have 6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

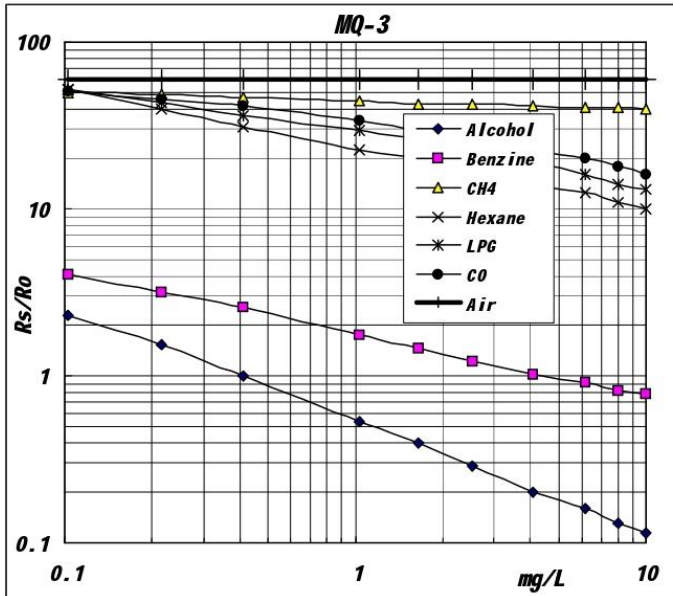


Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-3

Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-3 for several gases.

in their: Temp: 20°C,  
Humidity: 65%,  
O<sub>2</sub> concentration 21%  
RL=200k Ω

Ro: sensor resistance at 0.4mg/L of Alcohol in the clean air.

Rs: sensor resistance at various concentrations of gases.

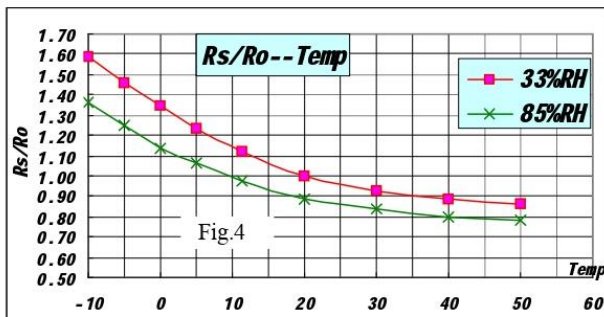


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-3 on temperature and humidity.

Ro: sensor resistance at 0.4mg/L of Alcohol in air at 33%RH and 20 °C

Rs: sensor resistance at 0.4mg/L of Alcohol at different temperatures and humidities.

**SENSIVITY ADJUSTMENT**

Resistance value of MQ-3 is difference to various kinds and various concentration gases. So,When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 0.4mg/L ( approximately 200ppm ) of Alcohol concentration in air and use value of Load resistance that ( $R_L$ ) about 200 KΩ (100KΩ to 470 KΩ).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.

## Unidad de soporte

### Tipos de unidades con soporte y diámetros exteriores aplicables del eje

| Diámetro interior de la unidad con soporte de lateral fijo (mm) | Diámetro interior de la unidad con soporte lateral (mm) | Descripción del modelo aplicable de la unidad con soporte de lateral fijo | Descripción del modelo aplicable de la unidad con soporte lateral | Tipo BNK con extremos de eje sin acabado (Descripción del modelo aplicable) | Formas recomendadas de los extremos de eje (diámetro exterior aplicable de eje $\phi D$ ) |                                     |
|---|---|---|---|---|---|-------------------------------------|
|   |   |   |   |   | Extremo de eje H (mm)   | Extremo de eje J (mm)               |
| 4   | —   | EK 4<br>FK 4  | —   | BNK0401<br>BNK0501  | $\phi 6$  | —                                   |
| 5   | —   | EK 5<br>FK 5  | —   | BNK0601   | $\phi 8$  | —                                   |
| 6   | 6   | EK 6<br>FK 6  | EF 6<br>FF 6  | BNK0801<br>BNK0802<br>BNK0810   | $\phi 8$<br>$\phi 10$   | —                                   |
| 8   | 6   | EK 8<br>FK 8  | EF 8<br>FF 6  | BNK1002   | $\phi 12$   | —                                   |
| 10  | 8   | EK 10<br>FK 10<br>BK 10   | EF 10<br>FF 10<br>BF 10   | BNK1004<br>BNK1010<br>BNK1202<br>BNK1205<br>BNK1208                         | $\phi 14$<br>$\phi 15$  | $\phi 14$<br>$\phi 15$              |
| 12  | 10  | EK 12<br>FK 12<br>BK 12   | EF 12<br>FF 12<br>BF 12   | BNK1402<br>BNK1404<br>BNK1408<br>BNK1510<br>BNK1520<br>BNK1616              | $\phi 16$<br>$\phi 18$  | $\phi 16$<br>$\phi 18$              |
| 15  | 15  | EK 15<br>FK 15  | EF 15<br>FF 15  | BNK2010<br>BNK2020  | $\phi 20$<br>$\phi 25$  | —                                   |
|   |   | BK 15   | BF 15   | —   | —   | $\phi 20$                           |
| 17  | 17  | BK 17   | BF 17   | —   | —   | $\phi 25$                           |
| 20  | 20  | EK 20<br>FK 20  | EF 20<br>FF 20  | BNK2520   | $\phi 28$<br>$\phi 30$<br>$\phi 32$   | —                                   |
|   |   | BK 20   | BF 20   | —   | —   | $\phi 28$<br>$\phi 30$<br>$\phi 32$ |
| 25  | 25  | FK 25   | FF 25   | —   | $\phi 36$   | —                                   |
|   |   | BK 25   | BF 25   | —   | —   | $\phi 36$                           |
| 30  | 30  | FK 30   | FF 30   | —   | $\phi 40$   | $\phi 40$                           |
|   |   | BK 30   | BF 30   | —   |   |                                     |
| 35  | 35  | BK 35   | BF 35   | —   | —   | $\phi 45$                           |
| 40  | 40  | BK 40   | BF 40   | —   | —   | $\phi 50$<br>$\phi 55$              |

Nota1) Las unidades con soporte en esta tabla sólo son relevantes para aquellos modelos de husillos de bolas con formas recomendadas de extremos de eje H, J y K indicadas en **A15-308**.

Nota2) Para las formas recomendadas de extremos de eje H, J y K, consulte las páginas **A15-324** a **A15-329**.

Accesorios del husillo de bolas

**THK A15-303**

Figura 5. Manual THK.

## Carga axial admisible

### [Carga de pandeo en el eje del husillo]

Con el husillo de bolas, es necesario seleccionar un eje de husillo para que no se pandee al aplicar la máxima carga de compresión en la dirección axial.

Fig.5 en **B15-39** muestra la relación entre el diámetro del eje del husillo y la carga de pandeo. Si desea determinar una carga de pandeo a través de un cálculo, puede obtenerse a partir de la ecuación (5) que se muestra a continuación. Tenga en cuenta que en esta ecuación, se multiplica un factor de seguridad de 0,5 con el resultado.

$$P_1 = \frac{\eta_1 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{l_a^2} \quad 0,5 = \eta_2 \frac{d_1^4}{l_a^2} \quad 10^4 \quad \dots\dots\dots(5)$$

- $P_1$  : Carga de pandeo (N)  
 $l_a$  : Distancia entre dos superficies de montaje (mm)  
 $E$  : Módulo de Young ( $2,06 \times 10^5$  N/mm<sup>2</sup>)  
 $I$  : Momento geométrico mínimo de inercia del eje (mm<sup>4</sup>)

$$I = \frac{\pi}{64} d_1^4 \quad d_1: \text{diámetro menor de rosca del eje de husillo (mm)}$$

$\eta_1, \eta_2$ =Factor de acuerdo con el método de montaje

|                    |               |              |
|--------------------|---------------|--------------|
| Fijo - libre       | $\eta_1=0,25$ | $\eta_2=1,3$ |
| Fijo - con soporte | $\eta_1=2$    | $\eta_2=10$  |
| Fijo - fijo        | $\eta_1=4$    | $\eta_2=20$  |

### [Carga de compresión de tracción admisible sobre el eje del husillo]

Si se aplica una carga axial al husillo de bolas, no sólo debe tener en cuenta la carga de pandeo sino también la carga de compresión de tracción admisible en relación con el esfuerzo de deformación sobre el eje del husillo.

La carga de compresión de tracción admisible se obtiene a partir de la ecuación (6).

$$P_2 = \sigma \frac{\pi}{4} d_1^2 = 116d_1^2 \quad \dots\dots\dots(6)$$

- $P_2$  : Carga de compresión de tracción admisible (N)  
 $\sigma$  : Esfuerzo de compresión de tracción admisible (147 MPa)  
 $d_1$  : Diámetro menor de la rosca del eje del husillo (mm)

## Procedimiento de selección

### Selección de un código de modelo

#### Factor de seguridad estático

La capacidad de carga estática básica ( $C_{0a}$ ) suele equivaler a la carga axial admisible de un husillo de bolas. Dependiendo de las condiciones, se debe tener en cuenta el siguiente factor de seguridad estático en comparación con la carga calculada. Cuando el husillo de bolas se encuentra en movimiento o inmóvil, puede aplicarse una fuerza externa inesperada a través de una inercia causada por el impacto, o por la puesta en marcha y el apagado.

$$F_{a_{max}} = \frac{C_{0a}}{f_s} \dots\dots\dots(29)$$

$F_{a_{max}}$  : Carga axial permitida (kN)

$C_{0a}$  : Capacidad de carga estática básica (kN)

$f_s$  : Factor de seguridad estático (consulte Tabla1)

Tabla1 Factor de seguridad estático ( $f_s$ )

| Máquina que utiliza el sistema LM | Condiciones de carga     | Límite más bajo de $f_s$ |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Maquinaria industrial general     | Sin vibración ni impacto | 1,0 a 3,5                |
|                                   | Con vibración o impacto  | 2,0 a 5,0                |
| Máquina-herramienta               | Sin vibración ni impacto | 1,0 a 4,0                |
|                                   | Con vibración o impacto  | 2,5 a 7,0                |

\*La capacidad de carga estática básica ( $C_{0a}$ ) es una carga estática con una dirección y una magnitud constantes en las que la suma de la deformación permanente del elemento giratorio y la de la ranura en el área de contacto bajo el esfuerzo máximo equivale a 0,0001 veces el diámetro del elemento basculante. Con el husillo de bolas, se define como carga axial. (Los valores específicos de cada modelo husillo de bolas se indican en las tablas de especificación del correspondiente código de modelo.)

#### [Margen de seguridad de carga admisible (modelos HBN y SBKH)]

El modelo HBN de husillo de bolas de carga elevada y el modelo SBKH de husillo de bolas de carga y velocidad elevadas, en comparación con husillos de bolas anteriores, están diseñados para lograr una vida útil más prolongada bajo condiciones de carga elevada, y para la carga axial se debe considerar la carga admisible  $F_p$ . La carga admisible  $F_p$  indica la máxima carga axial que puede recibir el husillo de bolas de carga elevada, y este límite no debe superarse.

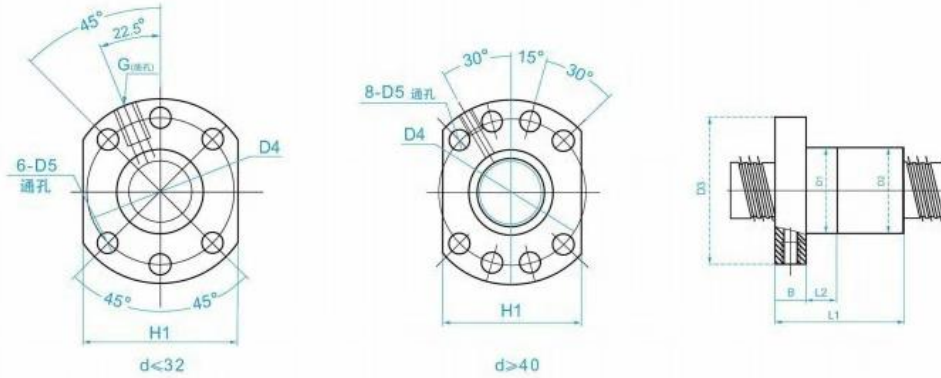
$$\frac{F_p}{F_a} > 1 \dots\dots\dots(30)$$

$F_p$  : Carga axial admisible (kN)

$F_a$  : Carga axial aplicada (kN)



滚珠丝杠单螺母尺寸表

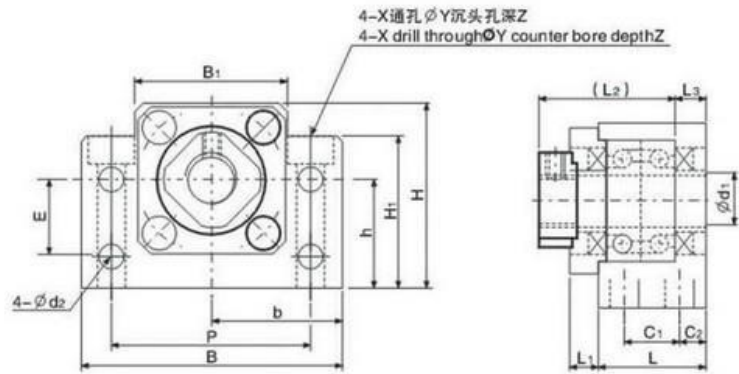


单位(Unit):mm

| 规格型号       | 公称直径 | 公称导程 | 钢球直径  | 法兰型式 | 循环圈数  | 螺母安装连接尺寸 |   |     |     |      |     |    |    |      |     | 额定载荷(KN) |        |
|------------|------|------|-------|------|-------|----------|---|-----|-----|------|-----|----|----|------|-----|----------|--------|
|            |      |      |       |      |       | D1(g6)   | D <sub>2</sub> <sup>0</sup> <sub>-0.015</sub> | D3  | D4  | D5   | L1  | L2 | B  | G    | H1  | 动载荷Ca    | 静载荷Coa |
| SFU 1204-3 | 12   | 4    | 2.381 | d<32 | 3     | 22       | 21.5  | 42  | 32  | 4.8  | 35  | 10 | 8  | M6   | 30  | 4        | 6.7    |
| SFU 1604-3 | 16   | 4    | 2.381 | d<32 | 3     | 28       | \   | 48  | 38  | 5.5  | 36  | \  | 10 | M6   | 40  | 4.35     | 9.2    |
| SFU 1605-3 | 16   | 5    | 3.175 | d<32 | 3     | 28       | 27.8  | 48  | 38  | 5.5  | 42  | 10 | 10 | M6   | 40  | 7.65     | 13.2   |
| SFU 1610-2 | 16   | 10   | 2.778 | d<32 | 2(双头) | 28       | 27.8  | 48  | 38  | 5.5  | 42  | 10 | 10 | M6   | 40  | 7.36     | 12.75  |
| SFU 2005-3 | 20   | 5    | 3.175 | d<32 | 3     | 36       | 35.8  | 58  | 47  | 6.7  | 42  | 10 | 10 | M6   | 44  | 8.6      | 17.1   |
| SFU 2010-2 | 20   | 10   | 3.175 | d<32 | 2(双头) | 36       | 35.8  | 58  | 47  | 6.7  | 42  | 10 | 10 | M5   | 40  | 8.35     | 16.8   |
| SFU 2010-3 | 20   | 10   | 3.175 | d<32 | 3(双头) | 36       | 35.8  | 58  | 47  | 6.7  | 52  | 10 | 10 | M5   | 40  | 8.35     | 16.8   |
| SFU 2504-3 | 25   | 4    | 2.381 | d<32 | 3     | 40       | \   | 62  | 51  | 6.6  | 40  | \  | 10 | M6   | 48  | 9.1      | 26.5   |
| SFU 2505-3 | 25   | 5    | 3.175 | d<32 | 3     | 40       | 39.5  | 62  | 51  | 6.6  | 42  | 10 | 10 | M6   | 48  | 9.8      | 23     |
| SFU 2510-3 | 25   | 10   | 4.763 | d<32 | 3     | 40       | 39.5  | 62  | 51  | 6.8  | 85  | 16 | 15 | M6   | 48  | 8.7      | 20.5   |
| SFU 3205-3 | 32   | 5    | 3.175 | d<32 | 5     | 50       | 49.5  | 80  | 65  | 9    | 55  | 10 | 12 | M6   | 62  | 16.9     | 51     |
| SFU 3210-3 | 32   | 10   | 6.35  | d<32 | 3     | 50       | 49.5  | 80  | 65  | 9    | 74  | 16 | 12 | M8X1 | 62  | 26.1     | 53.1   |
| SFU 4005-5 | 40   | 5    | 3.175 | d>40 | 5     | 63       | 62.5  | 93  | 78  | 9    | 55  | 10 | 14 | M6   | 70  | 19       | 66.2   |
| SFU 4010-3 | 40   | 10   | 6.35  | d>40 | 3     | 63       | 62.5  | 93  | 78  | 9    | 71  | 16 | 14 | M8X1 | 70  | 30.1     | 71     |
| SFU 4020-2 | 40   | 20   | 6.35  | d>40 | 2(双头) | 63       | 62.5  | 93  | 78  | 9    | 94  | 20 | 14 | M8X1 | 70  | 40.3     | 98.4   |
| SFU 4020-3 | 40   | 20   | 6.35  | d>40 | 3(双头) | 63       | 62.5  | 93  | 78  | 9    | 144 | 20 | 14 | M8X1 | 70  | 40.3     | 98.4   |
| SFU 5010-4 | 50   | 10   | 6.35  | d>40 | 4     | 75       | 74.5  | 110 | 93  | 11   | 95  | 16 | 16 | M8X1 | 85  | 53.1     | 155    |
| SFU 6310-5 | 63   | 10   | 6.35  | d>40 | 5     | 90       | \   | 125 | 108 | 11   | 97  | \  | 18 | M8X1 | 95  | 60.7     | 206    |
| SFU 8010-5 | 80   | 10   | 6.35  | d>40 | 5     | 105      | \   | 145 | 125 | 13.5 | 101 | \  | 20 | M8X1 | 110 | 66.6     | 265    |

Figura 8.

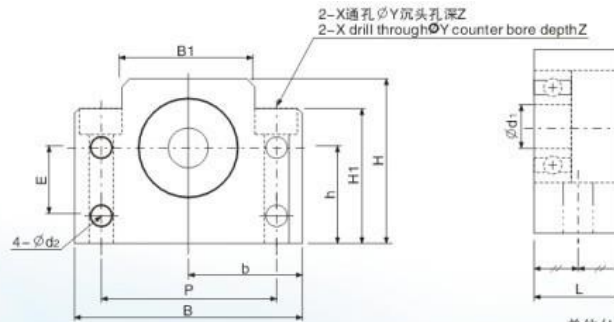
## BK 丝杆支撑座 固定端 Fixed Side



单位(Unit):mm

| 公称型号<br>Model No. | $d_1$ | L  | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $C_1$ | $C_2$ | B   | H   | $b^{+0.02}$ | $h^{+0.02}$ | $B_1$ | $H_1$ | E  | P   | $d_2$ | X   | Y    | Z    |
|-------------------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-------------|-------------|-------|-------|----|-----|-------|-----|------|------|
| BK 10             | 10    | 25 | 5     | 29    | 5     | 13    | 6     | 60  | 39  | 30          | 22          | 34    | 32.5  | 15 | 46  | 5.5   | 6.6 | 10.8 | 5    |
| BK 12             | 12    | 25 | 5     | 29    | 5     | 13    | 6     | 60  | 43  | 30          | 25          | 34    | 32.5  | 18 | 46  | 5.5   | 6.6 | 10.8 | 1.5  |
| BK 15             | 15    | 27 | 6     | 32    | 6     | 15    | 6     | 70  | 48  | 35          | 28          | 40    | 38    | 18 | 54  | 5.5   | 6.6 | 11   | 6.5  |
| BK 17             | 17    | 35 | 9     | 44    | 7     | 19    | 8     | 86  | 64  | 43          | 39          | 50    | 55    | 28 | 68  | 6.6   | 9   | 14   | 8.5  |
| BK 20             | 20    | 35 | 8     | 43    | 8     | 19    | 8     | 88  | 60  | 44          | 34          | 52    | 50    | 22 | 70  | 6.6   | 9   | 14   | 8.5  |
| BK 25             | 25    | 42 | 12    | 54    | 9     | 22    | 10    | 106 | 80  | 53          | 48          | 64    | 70    | 33 | 85  | 9     | 11  | 17.5 | 11   |
| BK 30             | 30    | 45 | 14    | 61    | 9     | 23    | 11    | 128 | 89  | 64          | 51          | 76    | 78    | 33 | 102 | 11    | 14  | 20   | 13   |
| BK 35             | 35    | 50 | 14    | 67    | 12    | 26    | 12    | 140 | 96  | 70          | 52          | 88    | 79    | 35 | 114 | 11    | 14  | 20   | 13   |
| BK 40             | 40    | 61 | 18    | 76    | 15    | 33    | 14    | 160 | 110 | 80          | 60          | 100   | 90    | 37 | 130 | 14    | 18  | 26   | 17.5 |

## BF 支持端 Floated Side



单位(Unit):mm

| 公称型号<br>Model No. | $d_1$ | L  | B   | H   | $b^{+0.02}$ | $h^{+0.02}$ | $B_1$ | $H_1$ | E  | P   | $d_2$ | X   | Y    | Z    |
|-------------------|-------|----|-----|-----|-------------|-------------|-------|-------|----|-----|-------|-----|------|------|
| BF 10             | 8     | 20 | 60  | 39  | 30          | 22          | 34    | 32.5  | 15 | 46  | 5.5   | 6.6 | 10.8 | 5    |
| BF 12             | 10    | 20 | 60  | 43  | 30          | 25          | 34    | 32.5  | 18 | 46  | 5.5   | 6.6 | 10.8 | 1.5  |
| BF 15             | 15    | 20 | 70  | 48  | 35          | 28          | 40    | 38    | 18 | 54  | 5.5   | 6.6 | 11   | 6.5  |
| BF 17             | 17    | 23 | 86  | 64  | 43          | 39          | 50    | 55    | 28 | 68  | 6.6   | 9   | 14   | 8.5  |
| BF 20             | 20    | 26 | 88  | 60  | 44          | 34          | 52    | 50    | 22 | 70  | 6.6   | 9   | 14   | 8.5  |
| BF 25             | 25    | 30 | 106 | 80  | 53          | 48          | 64    | 70    | 33 | 85  | 9     | 11  | 17.5 | 11   |
| BF 30             | 30    | 32 | 128 | 89  | 64          | 51          | 76    | 78    | 33 | 102 | 11    | 14  | 20   | 13   |
| BF 35             | 35    | 32 | 140 | 96  | 70          | 52          | 88    | 79    | 35 | 114 | 11    | 14  | 20   | 13   |
| BF 40             | 40    | 37 | 160 | 110 | 80          | 60          | 100   | 90    | 37 | 130 | 14    | 18  | 26   | 17.5 |

Figura 9.

**Anexo 6. Planos de piezas.**

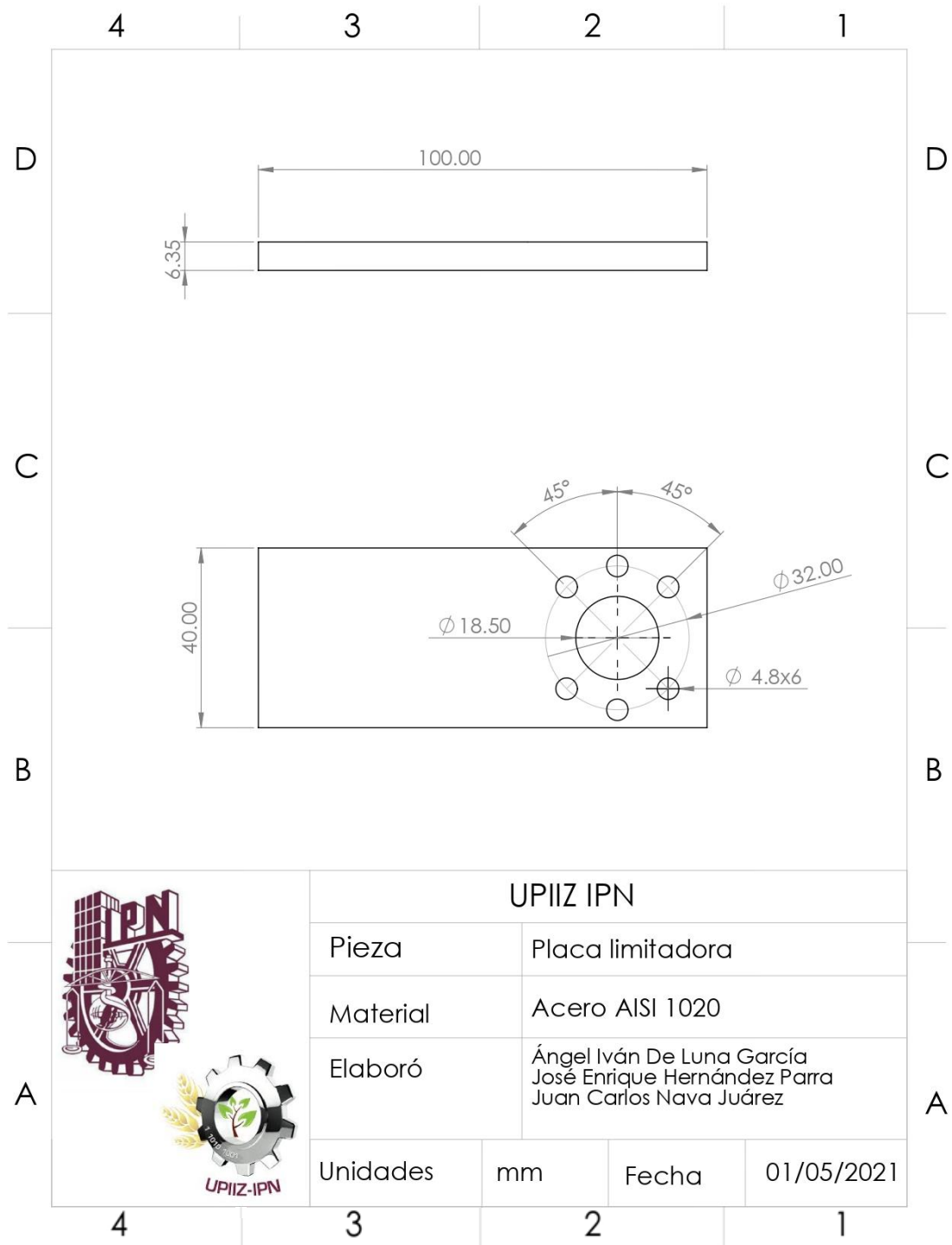


Figura 1. Placa limitadora.

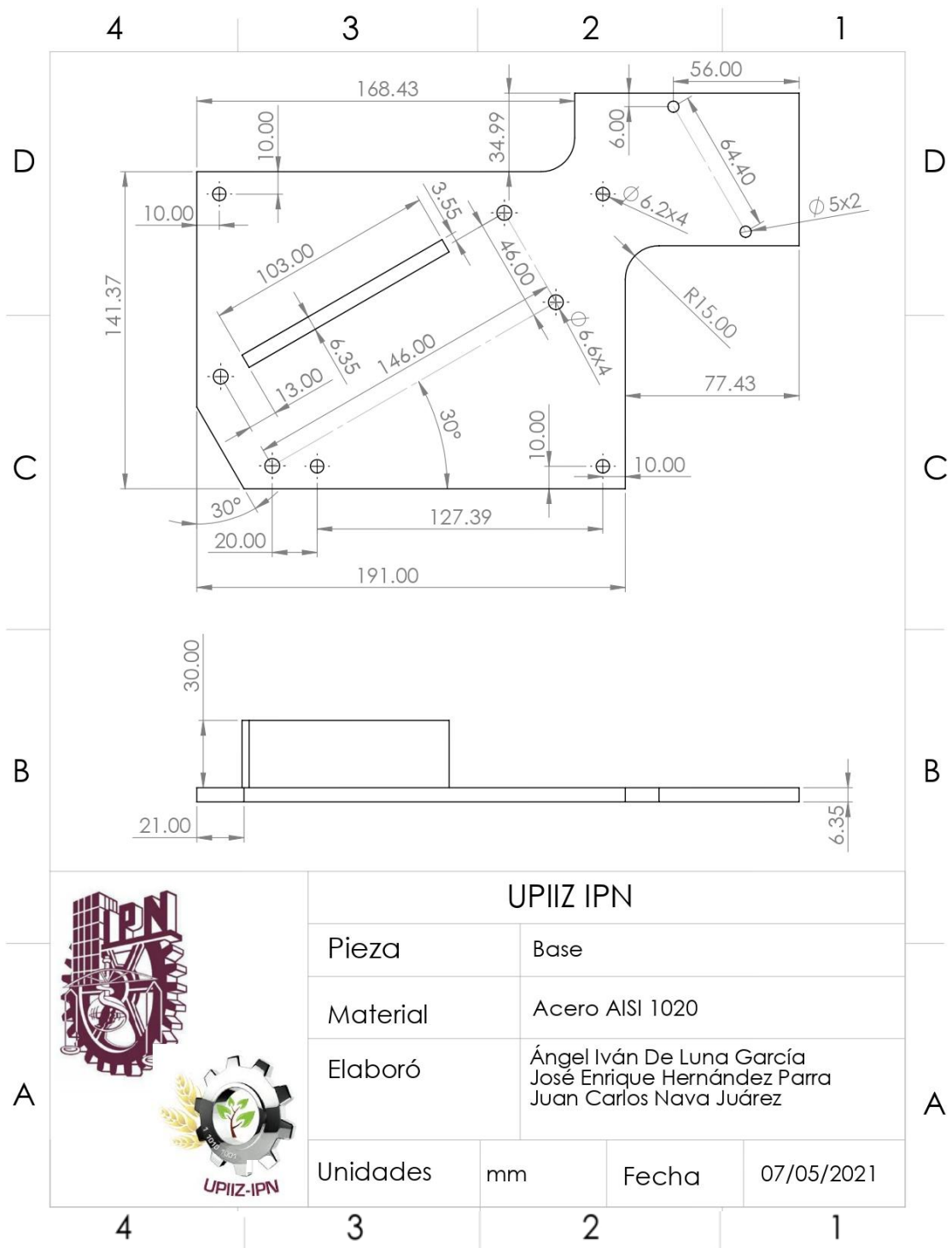


Figura 2. Base.

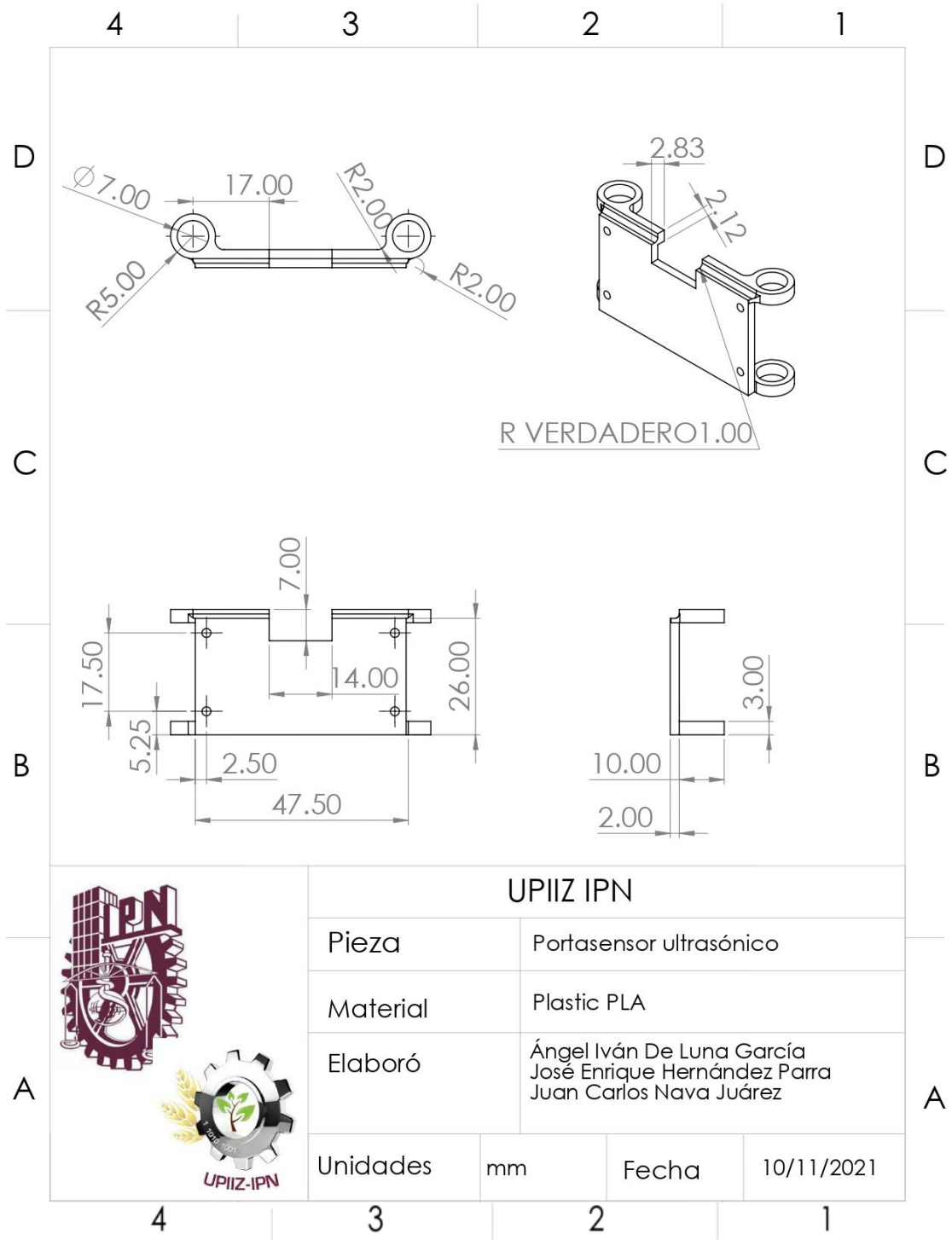


Figura 3. Portasensor ultrasónico.

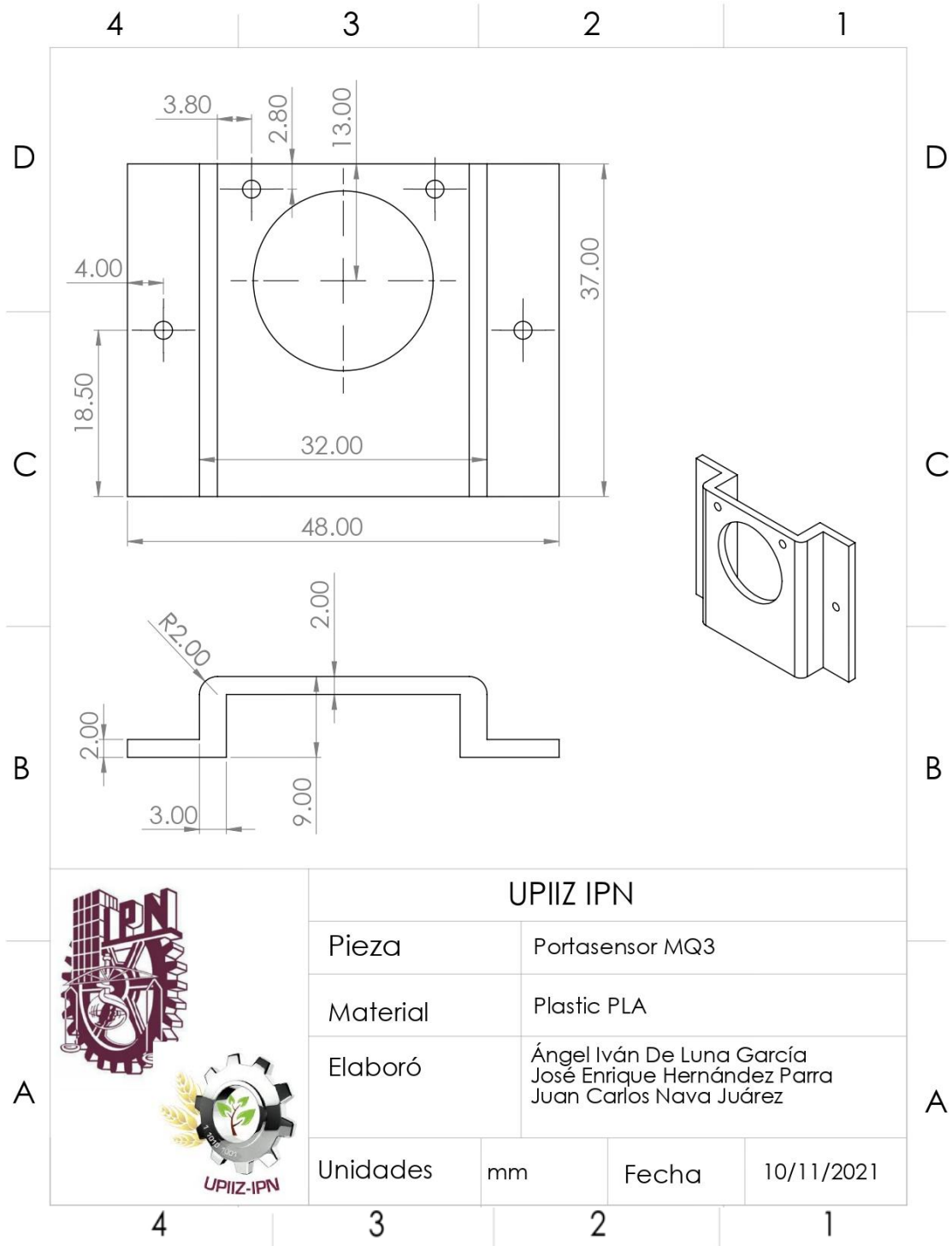


Figura 4. Portasensor MQ3.

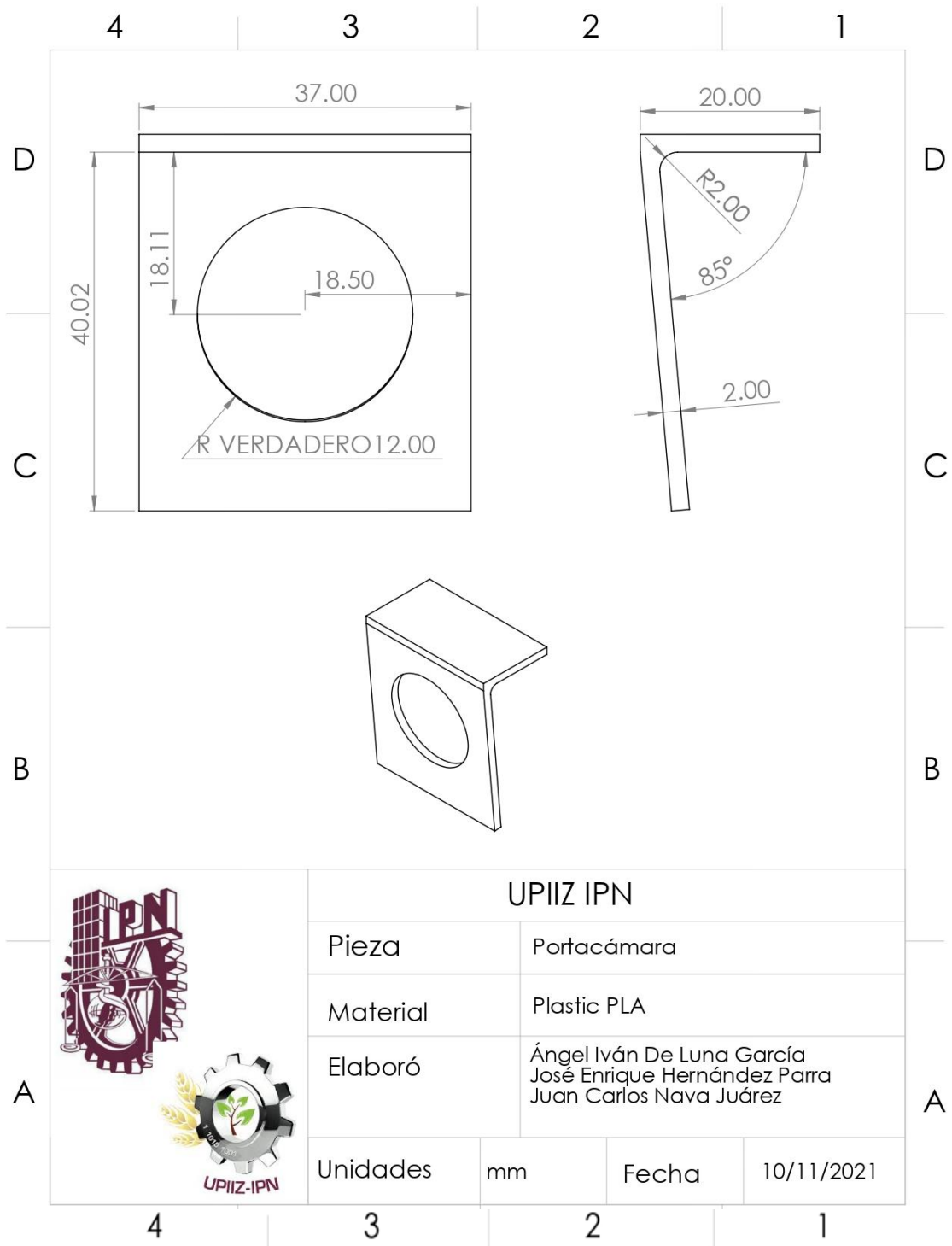


Figura 5. Portacámara.

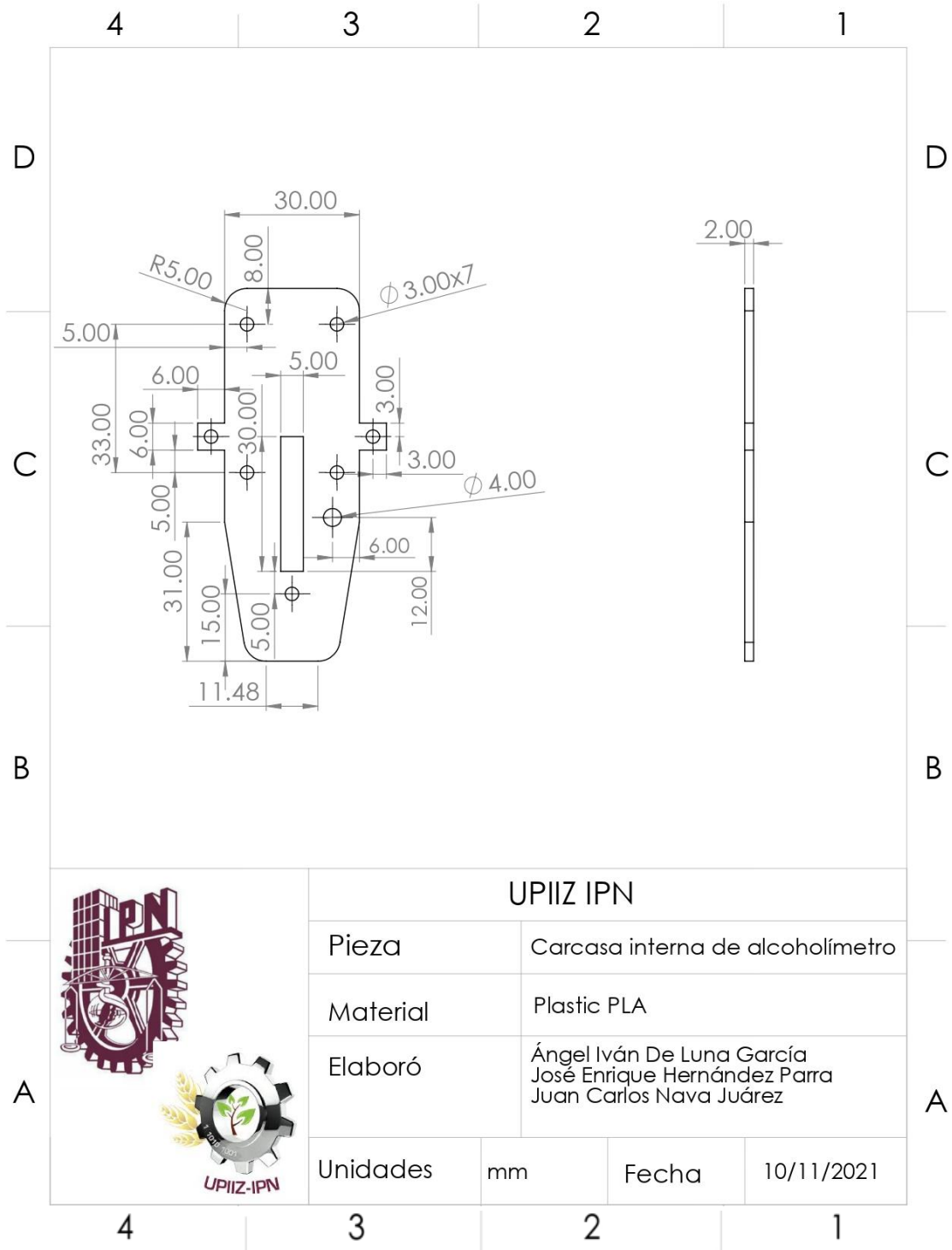


Figura 6. Carcasa interna de alcoholímetro.



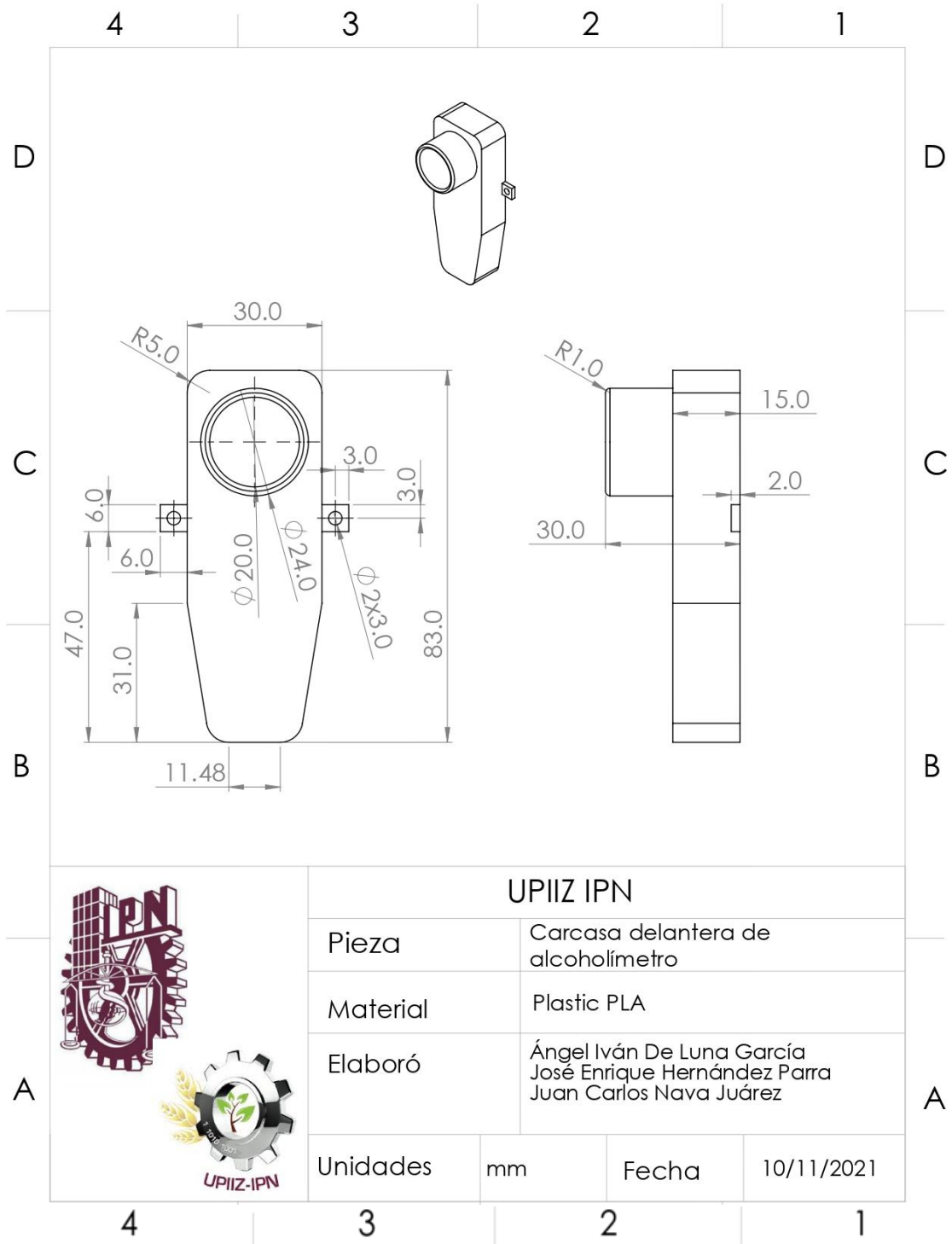


Figura 7. Carcasa delantera de alcoholímetro.

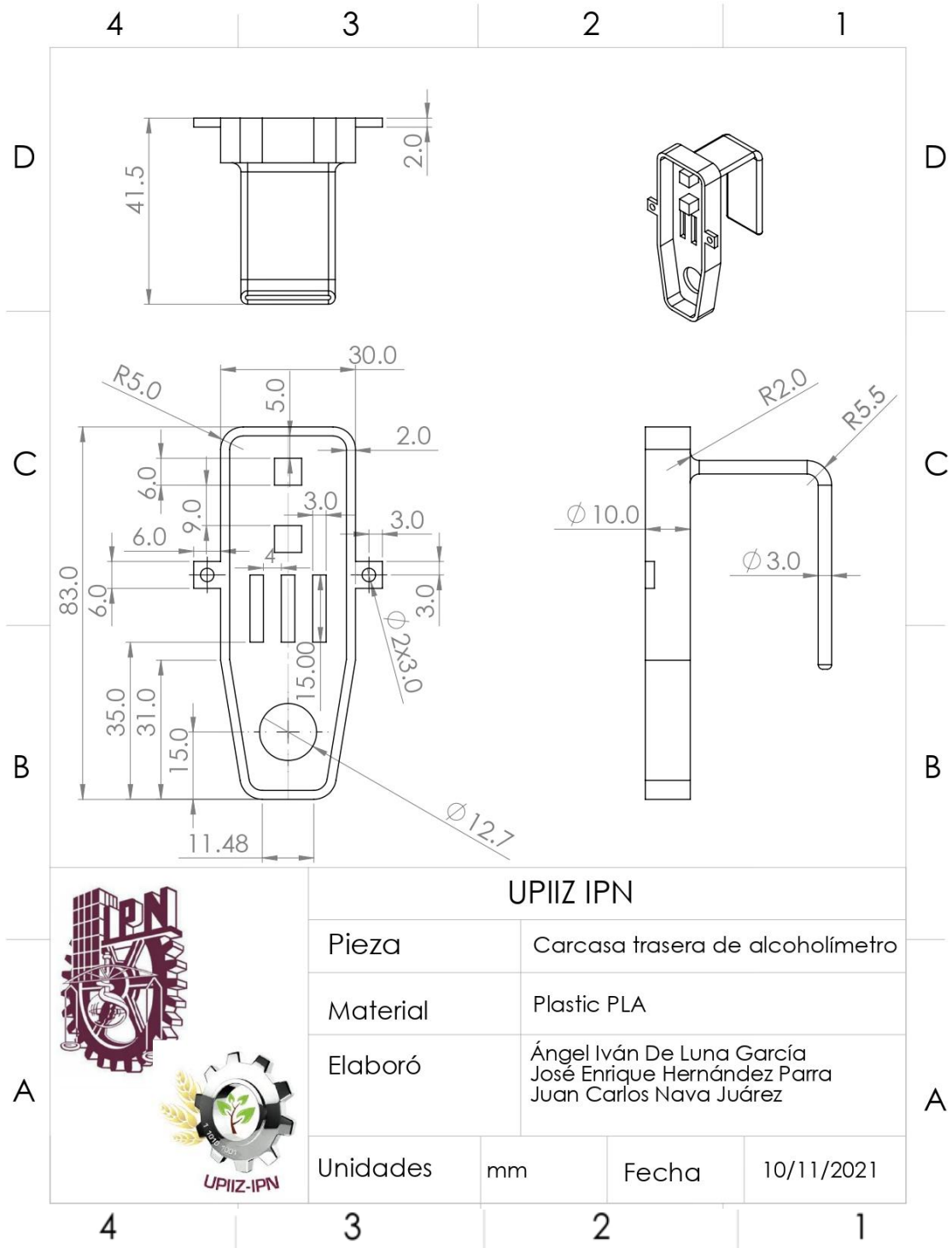


Figura 8. Carcasa trasera de alcoholímetro.

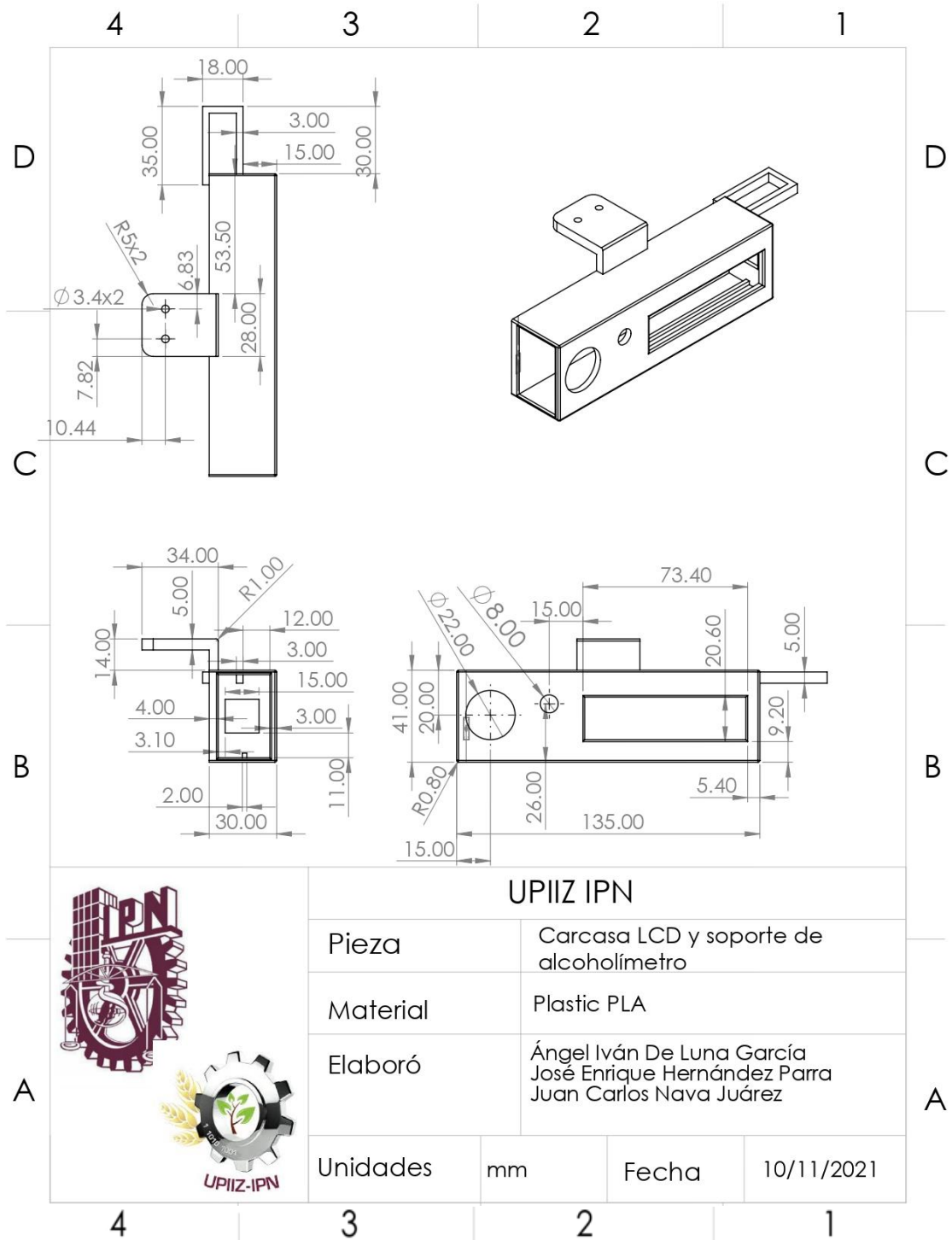


Figura 9. Carcasa LCD y soporte de alcoholímetro.

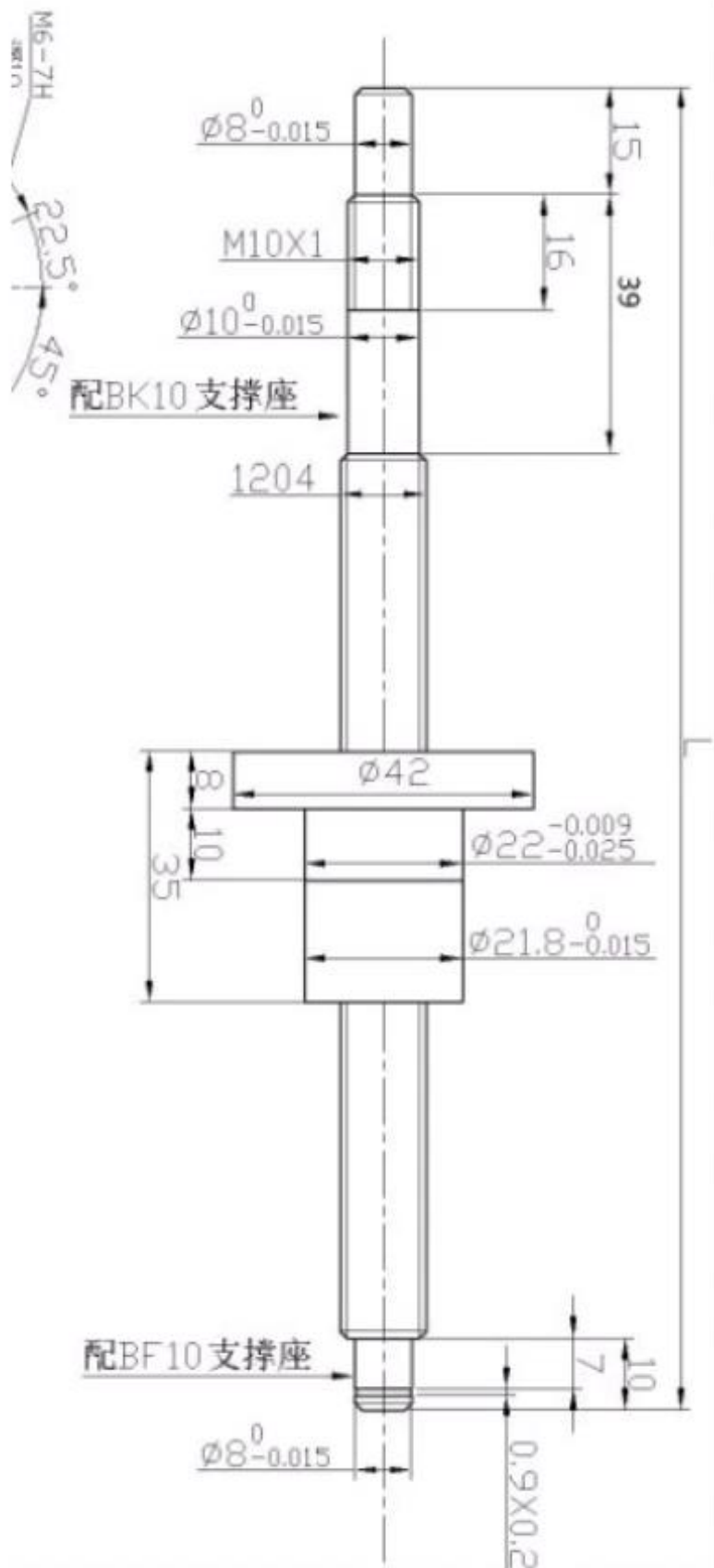


Figura 10. Husillo.

## Anexo 7. Costos estimados.

Tabla 1. Tabla de costos.

| No | Nombre                                  | Marca            | Canti-<br>dad | Proveedor      | Precio<br>unitario            | Precio    |
|----|---|------------------|---------------|----------------|-------------------------------|-----------|
| 1  | Relevador JQC-3FF-S-Z.                  | Tresd print tech | 1             | Mercado libre  | \$36+\$99 <sup>1</sup>        | \$135     |
| 2  | Raspberry Pi 4 modelo B.                | Raspberry Pi     | 1             | Mercado libre  | \$1499                        | \$1499    |
| 3  | Cámara imx219                           | Keenso           | 1             | Amazon         | \$699                         | \$699     |
| 4  | Sensor MQ-3                             | Rantec           | 3             | Mercado libre  | \$60+\$99 <sup>1</sup>        | \$279     |
| 5  | Husillo de bolas SFU 1204.              | Venstpow         | 1             | AliExpres<br>s | \$725+<br>\$321 <sup>1</sup>  | \$1046    |
| 6  | Tuerca SFU 1204                         | Venstpow         | 1             |                |                               |           |
| 7  | Soporte BK10                            | Venstpow         | 1             |                |                               |           |
| 8  | Soporte BF10                            | Venstpow         | 1             |                |                               |           |
| 9  | Cople 8x6.32                            | Venstpow         | 1             |                |                               |           |
| 10 | Motorreductor 12V                       | Laniakea         | 1             | Laniakea       | \$329+<br>\$118 <sup>1</sup>  | \$447     |
| 11 | Sensor ultrasónico                      | Sharp            | 1             | Mercado libre  | \$145+<br>\$99 <sup>1</sup>   | \$132     |
| 12 | Módulo GSM SIM800L                      | Tech Electronics | 1             | Mercado libre  | \$114+<br>\$99 <sup>1</sup>   | \$113     |
| 13 | Módulo LM2596                           | Arduino SLP      | 1             | Mercado libre  | \$42+\$99 <sup>1</sup>        | \$141     |
| 14 | Puente H Drv8871                        | Haitronic        | 1             | Mercado libre  | \$140+<br>\$99 <sup>1</sup>   | \$239     |
| 15 | Interfaz usuario (Pantalla LCD y boton) | Hitachi          | 1             | Mercado libre  | \$97.84+\$<br>12 <sup>1</sup> | \$109.84  |
| 16 | Tornillo M4x20 + tuerca M4              | -                | 4             | Arcashop       | \$6                           | \$24      |
| 17 | Tornillo M5x16 + tuerca M5              | -                | 2             | Arcashop       | \$6.50                        | \$13      |
| 18 | Tornillo M5x50 + tuerca M5              | -                | 6             | Arcashop       | \$12                          | \$72      |
| 19 | Tornillo M6X30 + tuerca M6              | -                | 4             | Arcashop       | \$8 +<br>\$121 <sup>1</sup>   | \$153     |
| 20 | Regulador de voltaje Lm7805             | S&T              | 2             | Mercado libre  | \$23 +<br>\$12 <sup>1</sup>   | \$58      |
|    |   |                  |               |                | Total                         | \$5209.84 |

<sup>1</sup> Costo extra por envío.

## Anexo 8. Código implementado.

### Código del proyecto

```
1 #Lcd
2 import drivers
3 #Lectura
4 import spidev
5 from MCP3008 import MCP3008
6 #PI
7 from gpiozero import Robot, DigitalInputDevice
8 #Librerias importantes
9 import RPi.GPIO as GPIO
10 import serial
11 import time, sys
12 import datetime
13 from time import sleep
14 #Vision
15 import cv2
16 import mediapipe as mp
17 import imutils
18 import os
19 #Encoder
20 from Encoder import Encoder
```

```
22 #Declaraciones
23 GPIO.setwarnings(False)
24 GPIO.cleanup()
25 GPIO.setmode(GPIO.BCM)
26 relay=21
27 #GPIO.setup(relay,GPIO.OUT)
28 spi = spidev.SpiDev()
29 spi.open(0,0)
30 display = drivers.Lcd()
31 Tr=23
32 Ec=24
33 GPIO.setup(Tr,GPIO.OUT)
34 GPIO.setup(Ec,GPIO.IN)
35 e=0
36 e1=0
37 Kp=17.544
38 Ki=18.42
39 S= Robot((13,19),(22,12))
40 df=0
41 S.value=(df,0)
42 encoder=Encoder(27,18)
43 sw=17
44 GPIO.setup(sw,GPIO.IN)
45 valenc=2
46 prueba=0
47 entrar=0
48 conductor=2
49 alc=[]
50 t1=0
51 t2=0
```

```

52 t3=0
53 t4=0
54 t5=0
55 alco=20
56 GPIO.setup(alco,GPIO.IN) #Alcoholimetro
57 prome=0
58 pru=0
59 d=0
60 Sp=2
61
62 #Funcion lectura analogica
63 adc = MCP3008()
64 def alcohol(pin):
65     value = adc.read( channel = pin )
66     print("alcohol={}".format(value))
67     if value==0:
68         a1=0.2
69     else:
70         vol=value*(3.3/1023)
71         Rs=1000*((5-vol)/vol)
72         a1=0.4146*pow(Rs/3545,-1.5)
73     return a1
74 amb1i=alcohol(1)
75 amb2i=alcohol(2)
76 amb1f=0
77 amb2f=0

```

```

78 #Funcion para mandar mensaje
79 def mensaje():
80     SERIAL_PORT = "/dev/ttyS0"
81     ser = serial.Serial(SERIAL_PORT, baudrate = 9600, timeout = 5)
82     ser.write('AT+CMGF=1\r'.encode('utf-8'))
83     time.sleep(3)
84     ser.write('AT+CMGS="+524371004487"\r'.encode('utf-8'))
85     time.sleep(3)
86     print ("Mandando mensaje")
87     ser.write('Conductor en estado de ebriedad'.encode('utf-8'))
88     ser.write(bytes(chr(26),'ascii'))
89     #ser.write('\x1A')
90     ser.read(ser.inWaiting())
91     time.sleep(5)
92     ser.close()

```

```

94 #Funcion para leer sensor ultrasonico
95 def ultra():
96
97     GPIO.output(Tr,False)
98     time.sleep(0.3)
99
100    GPIO.output(Tr,True)
101    time.sleep(0.00001)
102    GPIO.output(Tr,False)
103    inicio=time.time()
104
105    while GPIO.input(Ec)==0:
106        inicio=time.time()
107
108    while GPIO.input(Ec)==1:
109        final=time.time()
110
111    t_trans=final-inicio
112    d=t_trans*34000
113    d=d/2
114    print("d={}".format(int(d)))
115    return d

```

```

117 #Funcion para control PI
118 def PI(d,Sp,df,e,e1):
119     e=Sp-int(d)
120     df+= (e*Kp)+(e1*Ki)
121     df= max(min(1,df),0)
122     if e>=0:
123         S.value=(df,0)
124     if e<0:
125         S.value=(df-1,0)
126     e1+=e
127 #Funcion para encoder
128 def estado():
129     if encoder.getValue()>1:
130         encoder.value=0
131     if encoder.getValue()<0:
132         encoder.value=1

```

```

133 #Funcion para velocidad del carro
134 def velocidad():
135     value1=adc.read( channel = 3 )
136     vol=value1*(3.3/1023)
137     vell=(vol+0.3679)/0.0262
138     vell=int(vell)
139     display lcd_display_extended_string("Vel= {}".format(vell)+" adc={}".format(value1), 2)
140     #Ecuacion de para obtener velocidad
141     if vell<=60:
142         Sp=3
143     elif vell>60 and vell<=80:
144         Sp=5
145     else:
146         Sp=9
147     return Sp
148
149 def velosimu():
150     vell=encoder.getValue()
151     vell=int(vell)
152     display lcd_display_extended_string("Vel= {}".format(vell), 2)
153     if vell<=60:
154         Sp=3
155     elif (vell>60 and vell<=80):
156         Sp=5
157     else:
158         Sp=9
159     print("Sp, adentro={}".format(Sp))
160     return Sp

```

```

161 #Declarar vision
162 #Importar nombres
163 direccion= '/home/pi/Desktop/Proyecto/Datos'
164 etiquetas=os.listdir(direccion)
165 print("Nombres: ",etiquetas)
166
167 #llamar al modelo entrenado
168 modelo2=cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()
169 #Leer el modelo
170 modelo2.read('ModeloEntrenado_2.xml')
171
172 #Detector
173 detector= mp.solutions.face_detection #Detector
174 cont=0
175
176 #Realizar la captura
177 cap= cv2.VideoCapture(0)
178 print('Inicia programa')
179
180 #Indica realizar prueba
181 display lcd_backlight(1)
182 display lcd_display_string("Alcoholimetro", 1)
183 time.sleep(1)
184 display lcd_display_string("Realizar prueba", 2)
185 time.sleep(2)
186 display lcd_clear()

```



```

187 #Inicializar parametros
188 with detector.FaceDetection(min_detection_confidence=0.75) as rostros:
189     #Programa general
190     while True:
191         #Prueba de sensores
192         if prueba==0:
193             if adc.read( channel = 0 )==0 or adc.read( channel = 1 )==0 or adc.read( channel = 2 )==0 :
194                 display lcd_display_string("Falla sensor", 1)
195                 time.sleep(1)
196                 prueba=0
197
198         #Prueba de mecanismo
199         if ultra()>2:
200             PI(ultra(),3,df,e,e1)
201             prueba=0
202         else:
203             prueba=1
204
205
206     #Alcoholimetro
207     if prueba==1:
208         GPIO.cleanup(relay)
209         #Realizar video captura
210         ret,frame=cap.read()
211         #Dando vuelta a la imagen
212         frame= cv2.flip(frame,1)
213         #Correccion de color
214         rgb=cv2.cvtColor(frame,cv2.COLOR_BGR2RGB)
215         #Detectar rostro
216         resultado=rostros.process(rgb)
217
218     #Contador de rostros
219     i=0
220     #Seleccion de opcion de conductor
221     if valenc==2:
222         display lcd_display_string("Iniciar prueba", 1)
223         ensw=GPIO.input(sw)
224         if ensw==0:
225             display lcd_clear()
226             valenc=1
227             entrar=1
228         #Filtro de seguridad
229         if entrar==1:
230             if resultado.detections is not None:
231                 for rostro in resultado.detections:
232                     #dibujo.draw_detection(frame,rostro,dibujo.DrawingSpec(color=(255,255,0)))
233
234                     #Extraccion de info
235                     al,an,c=frame.shape
236                     x=rostro.location_data.relative_bounding_box.xmin
237                     y=rostro.location_data.relative_bounding_box.ymin
238                     ancho=rostro.location_data.relative_bounding_box.width
239                     alto=rostro.location_data.relative_bounding_box.height
240
241                     #Conversion pixeles
242                     xi,yi=int(x*an),int(y*al)
243                     ancho,alto=int(ancho*an),int(alto*al)
244
245                     xf=xi+ancho
246                     yf=yi+alto
247
248     #Contador de rostros
249     i=i+1
250     #extraccion de pixeles
251     cara=frame[yi:yf,xi:xf]
252
253     #Redimensionar foto
254     cara=cv2.resize(cara,(150,150),interpolation=cv2.INTER_CUBIC)
255     cara=cv2.cvtColor(cara,cv2.COLOR_RGB2GRAY)
256
257     #Mostrar los resultados en pantalla
258     if valenc==1: #Otro
259         prediccion2=modelo2.predict(cara)
260         cv2.putText(frame,'{}'.format(prediccion2),(xf+10,yi-5),1,0.8,(255,255,0),1,cv2.LINE_AA)
261         if prediccion2[1]<100:#Se detecta cara
262             if prediccion2[0]==0:
263                 cv2.putText(frame,'{}'.format(etiquetas[0]),(xi,yi-5),1,0.8,(255,0,0),1,cv2.LINE_AA)
264                 cv2.rectangle(frame,(xi,yi),(xf,yf),(0,255,0),2)
265                 conductor=1
266             else:
267                 cv2.putText(frame,'Sin alcoholimetro',(xi,yi-5),1,0.8,(255,0,0),1,cv2.LINE_AA)
268                 cv2.rectangle(frame,(xi,yi),(xf,yf),(255,0,0),2)
269                 conductor=0
270
271     #Mostrar fotografias
272     cv2.imshow('Alcoholimetro',frame)

```

```

272 #Mostrar los resultados en pantalla
273 if valenc==1: #Otro conductor que no este en la base de datos
274     if i==1:
275         display.lcd_clear()
276         display.lcd_display_string("Soplar", 2)
277         if conductor==1 and GPIO.input(alco)==1: #and placa de alcoholimetro==1
278             t2=time.time()-t1
279             display.lcd_display_extended_string("Tiempo= {}".format(t2), 1)
280             alc.append(alcohol(0))
281             if t2>=1:
282                 cap.release()
283                 cv2.destroyAllWindows("Alcoholimetro")
284                 display.lcd_clear()
285                 suma=0
286                 for valor in alc:
287                     suma=suma+valor
288                 prome=suma/len(alc)
289                 if prome >= 0.4:
290                     prueba=3
291                 else:
292                     prueba=2
293             elif conductor==0:
294                 t1=time.time()
295     else:
296         display.lcd_display_string("Salir del area", 2)

```

```

298 #Paso la prueba
299 if prueba==2:
300     if t5==2:
301         t5=2
302         display.lcd_backlight(0)
303         GPIO.cleanup(relay)
304         if ((amb1f>amb1i+0.05 or amb2f>amb2i+0.05) or pru==2):#Alcohol en el ambiente
305             pru=2
306             t4=time.time()-t3
307             display.lcd_backlight(1)
308             display.lcd_display_string("Alc en ambiente", 1)
309             time.sleep(0.0001)
310             PI(ultra(),velocidad(),df,e,e1)#Se manda a llamar al mecanismo
311             if t4>=1000 and t4<1100:#10 minutos
312                 #mensaje()
313                 t4=1200
314                 t3=0
315             else:
316                 amb1f=alcohol(1)
317                 amb2f=alcohol(2)
318                 t3=time.time()
319     else:
320         display.lcd_display_string("Apto", 1)
321         GPIO.setup(relay,GPIO.OUT)#Se prende el relay
322         GPIO.output(relay,1)
323         time.sleep(30)
324         t5=2

```

```

326 #No paso la prueba
327 if prueba==3:
328     GPIO.cleanup(relay)#El relay se queda apagado
329     display.lcd_clear()
330     display.lcd_display_string("No paso la prueba", 1)
331     time.sleep(1)
332
333 #Forma de pararlo
334 k=cv2.waitKey(1)
335 if k==27:
336     break

```

## Código obtención de rostros

```
1 #Librerias
2 import cv2
3 import mediapipe as mp
4 import os
5
6 #Creacion de la carpeta de datos
7 nombre='Cond_1_con'
8 direccion= '/home/pi/Desktop/Proyecto/Datos2'
9 carpeta=direccion+'/'+nombre
10 #Filtro
11 if not os.path.exists(carpeta):
12     print("Carpeta creada")
13     os.makedirs(carpeta)
14
15 #Detector
16 detector= mp.solutions.face_detection #Detector
17 dibujo= mp.solutions.drawing_utils #Dibujo
18 cont=600
19 #Realizar la captura
20 cap= cv2.VideoCapture(0)
21 #Inicializar parametros
22 with detector.FaceDetection(min_detection_confidence=0.75) as rostros:
23     while True:
24         #Realizar video captura
25         ret,frame=cap.read()
26         #Dando vuelta a la imagen
27         frame= cv2.flip(frame,1)
28         #Correccion de color
29         rgb=cv2.cvtColor(frame,cv2.COLOR_BGR2RGB)
30
31         #Detectar rostro
32         resultado=rostros.process(rgb)
33         #Filtro de seguridad
34         if resultado.detections is not None:
35             for rostro in resultado.detections:
36                 #dibujo.draw_detection(frame,rostro,dibujo.DrawingSpec(color=(255,255,0)))
37
38                 #Extraccion de info
39                 al,an,c=frame.shape
40                 x=rostro.location_data.relative_bounding_box.xmin
41                 y=rostro.location_data.relative_bounding_box.ymin
42                 ancho=rostro.location_data.relative_bounding_box.width
43                 alto=rostro.location_data.relative_bounding_box.height
44
45                 #Conversion pixeles
46                 xi,yi=int(x*an),int(y*al)
47                 ancho,alto=int(ancho*an),int(alto*al)
48
49                 xf=xi+ancho
50                 yf=yi+alto
51
52                 #extraccion de pixeles
53                 cara=frame[yi:yf,xi:xf]
54
55                 #Redimensionar foto
56                 cara=cv2.resize(cara,(150,150),interpolation=cv2.INTER_CUBIC)
```

```

57         #Guardar fotos del rostro
58         cv2.imwrite(carpeta+"/rotro_{}.jpg".format(cont),cara)
59         cont=cont+1
60     #Mostrar fotogramas
61     cv2.imshow('Alcoholimetro',frame)
62     #Leer teclado
63     k=cv2.waitKey(1)
64     if k==27 or cont>=900:
65         break
66
67 cap.release()
68 cv2.destroyAllWindows()

```

### Código entrenador de modelo

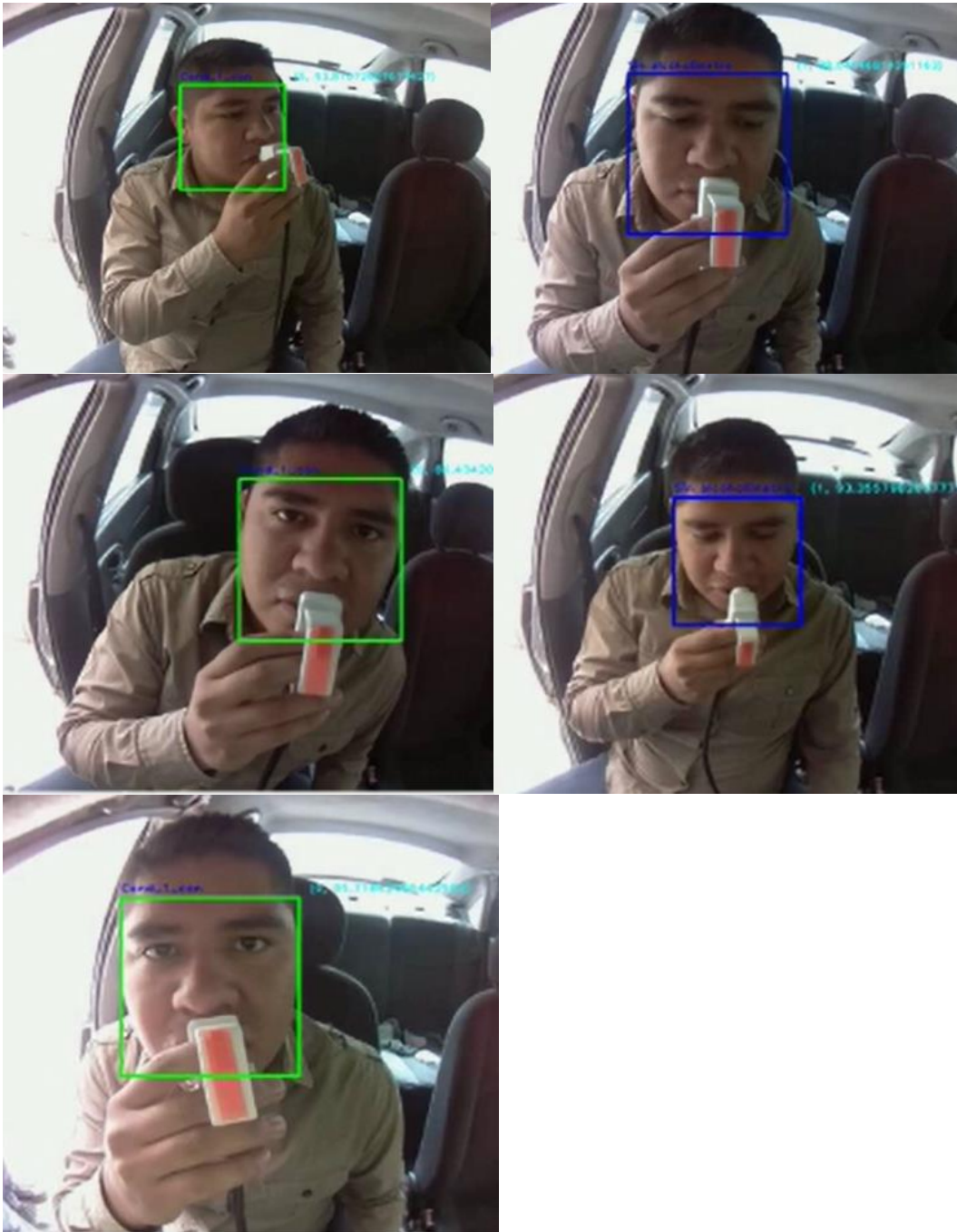
```

1  #libreria
2  import cv2
3  import numpy as np
4  import os
5  #importar fotos
6  direccion= '/home/pi/Desktop/Proyecto/Datos2'
7  lista=os.listdir(direccion)
8
9  etiquetas=[]
10 rostros=[]
11 cont=0
12
13 for nameDir in lista:
14     nombre=direccion+'/'+nameDir #Leer las fotos de rostros
15
16     for fileName in os.listdir(nombre):
17         etiquetas.append(cont)#Asignamos las etiquetas
18         rostros.append(cv2.imread(nombre+'/'+fileName,0))
19
20     cont=cont+1
21
22 #Creando modelo
23 recon=cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()
24 #Entrenando modelo
25 recon.train(rostros,np.array(etiquetas))
26
27 #Guardando modelo
28 recon.write("ModeloEntrenado_2.xml")
29 print("Modelo creado")
30

```

## Anexo 9. Análisis y validación de resultados.

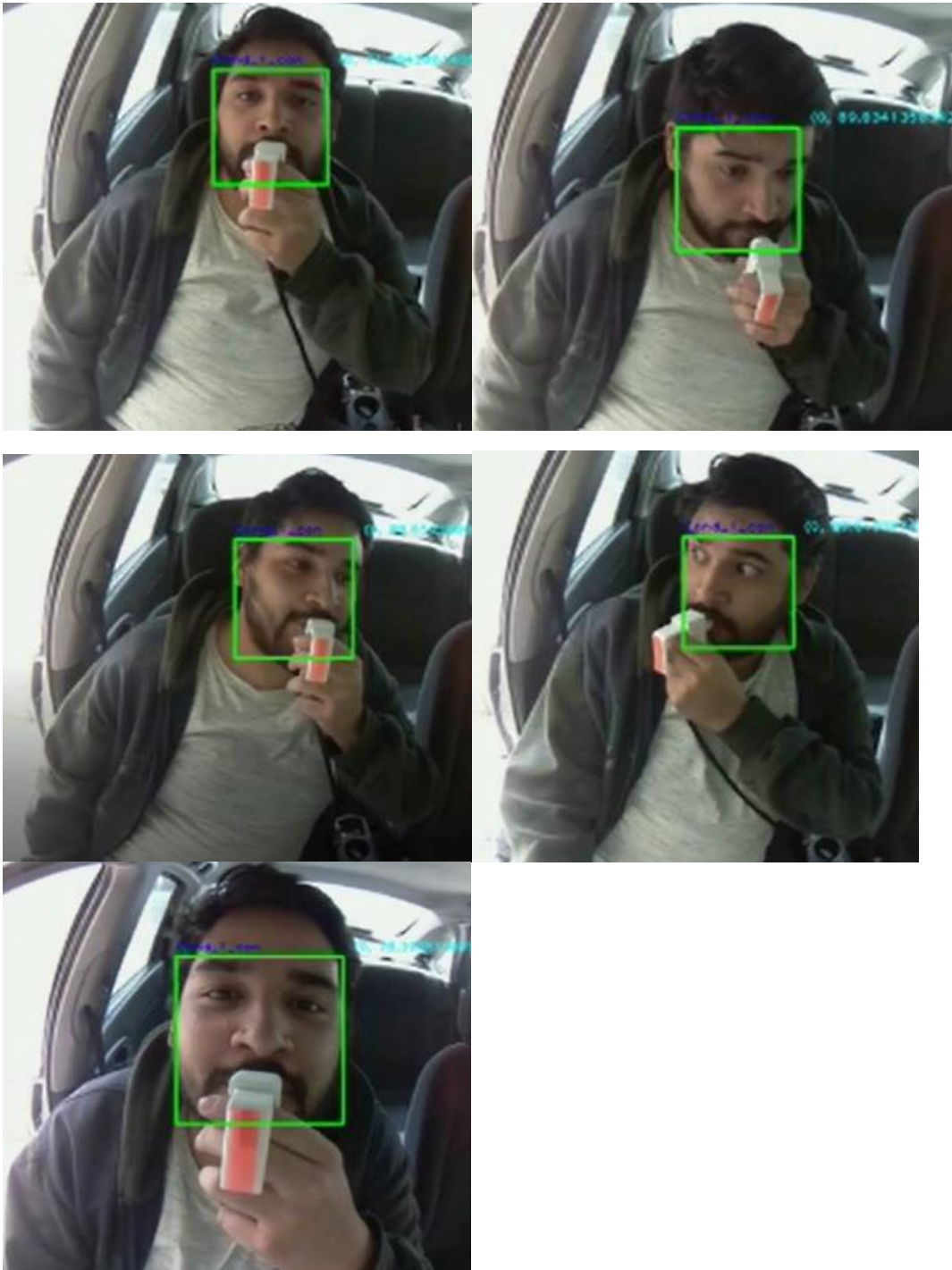
Sujeto 1. 12pm



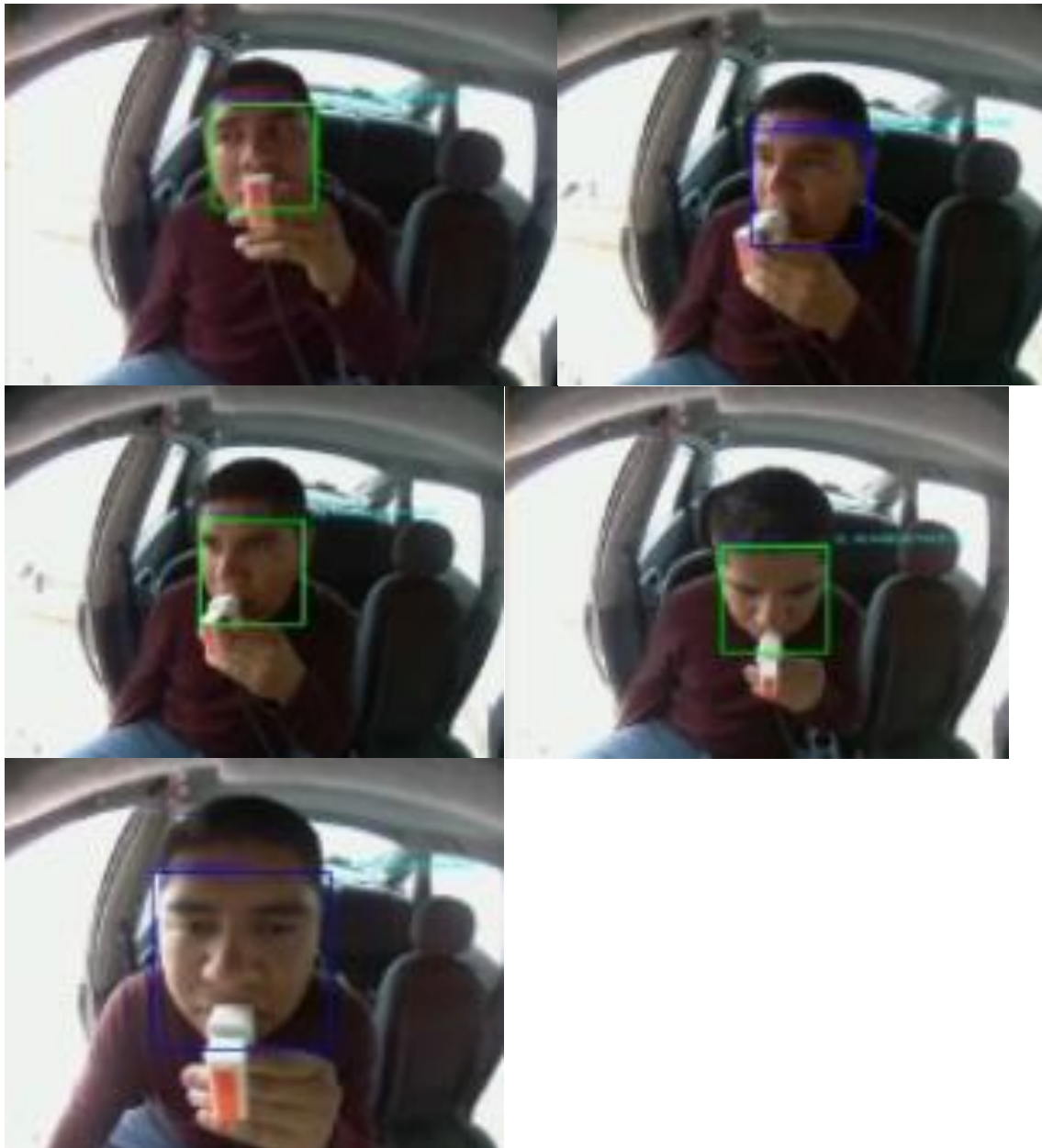
Sujeto 2. 12pm



Sujeto 3. 12pm

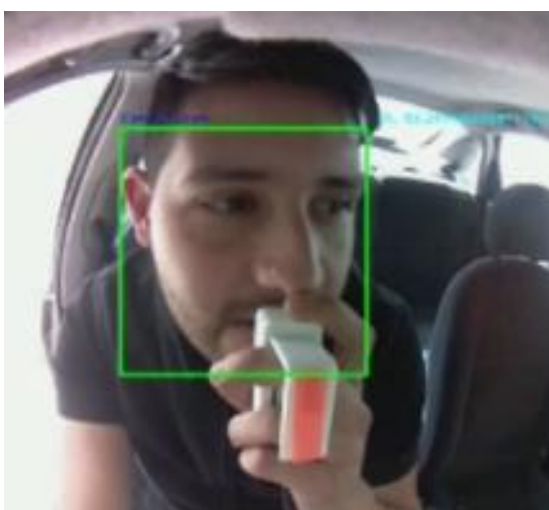
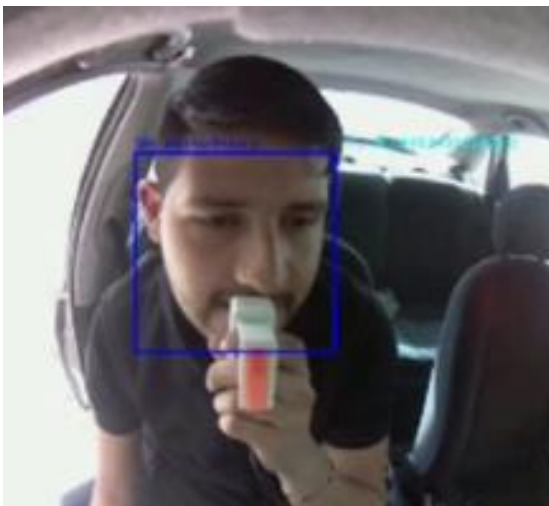
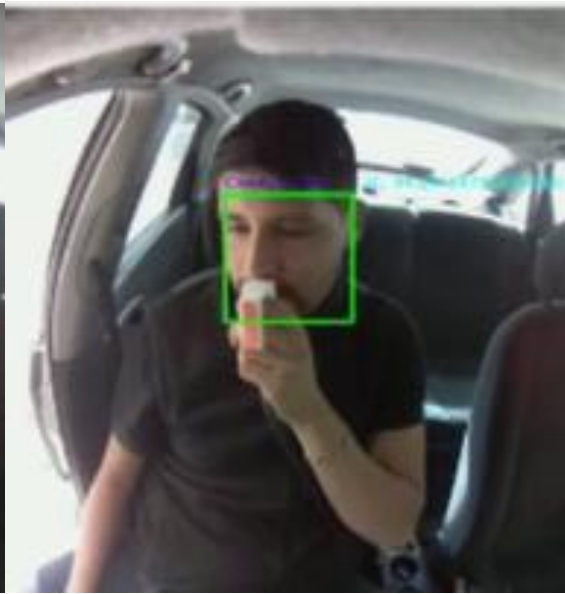
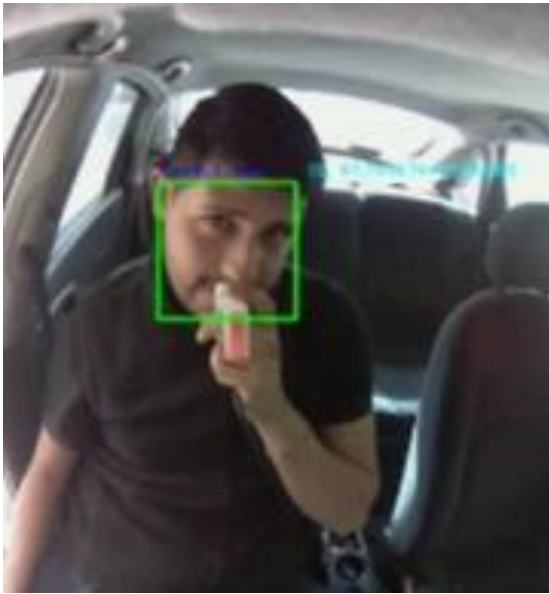


Sujeto 1. 3pm

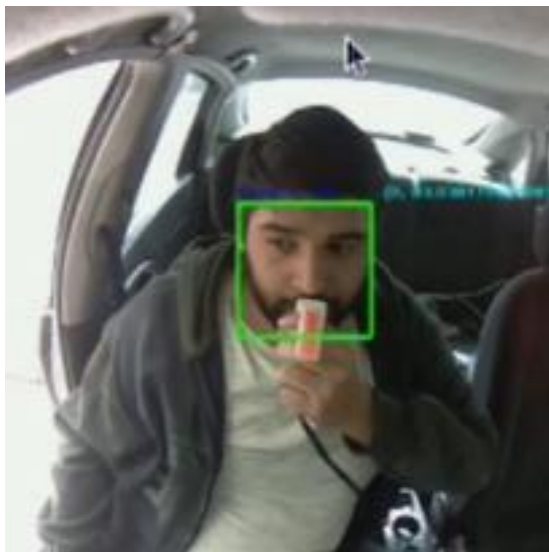
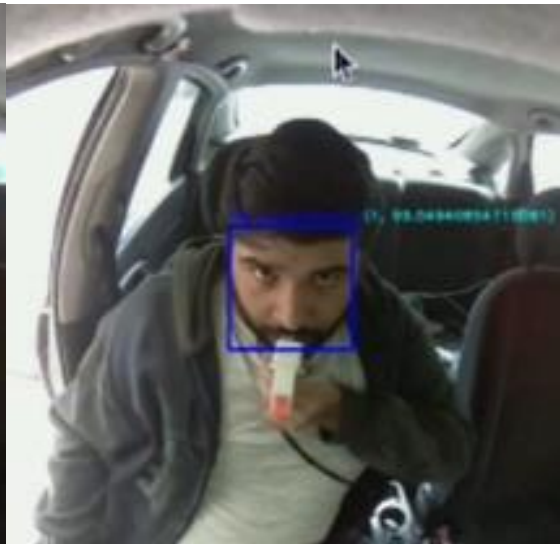
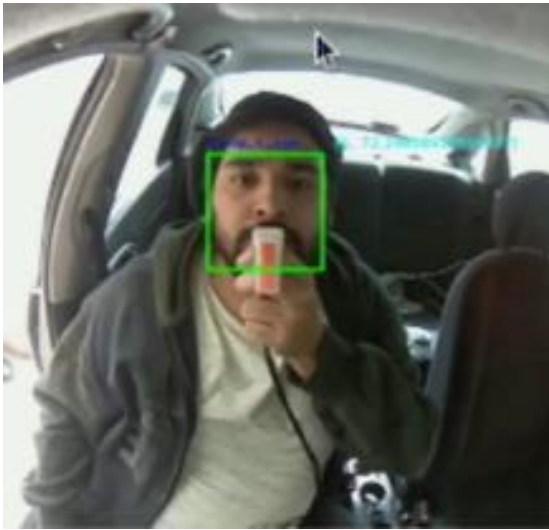




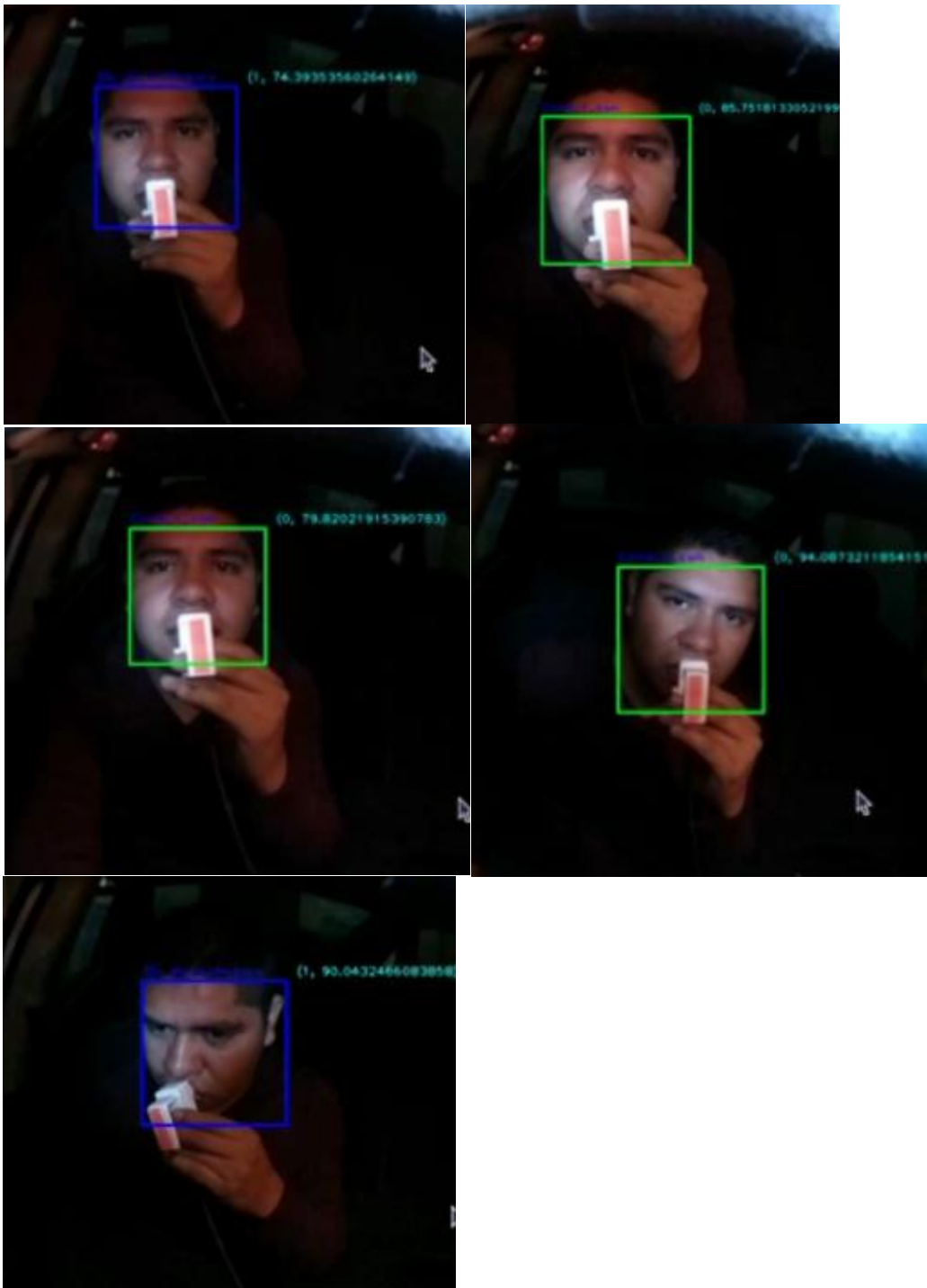
Sujeto 2. 3pm



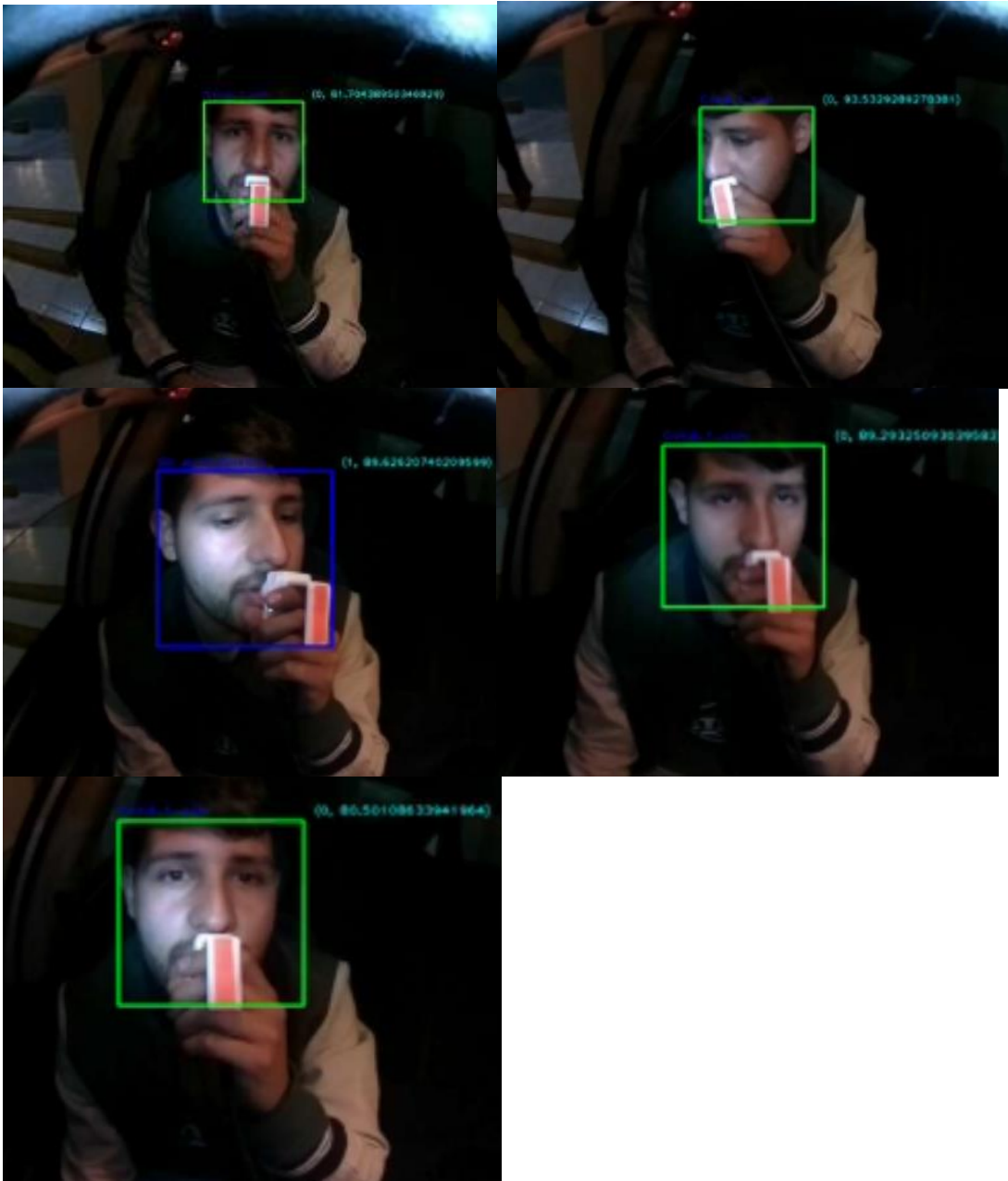
Sujeto 3. 3pm



Sujeto 1. 9pm



Sujeto 2. 9pm.



Sujeto 3. 9pm.

