

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIEROS ELECTRÓNICOS**

**TEMA:  
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LUCES LED INTELIGENTES PARA  
LOS FAROS DEL AUTOMÓVIL CHEVROLET AVEO**

**AUTORES:  
GUILLERMO ARTURO ORTIZ BETANCOURT  
RICARDO ISRAEL ROMERO PAZMIÑO**

**TUTOR:  
ANÍBAL ROBERTO PÉREZ CHECA**

**Quito, febrero del 2018**

## Cesión de derechos de autor

Nosotros Guillermo Arturo Ortiz Betancourt, con documento de identificación número 2100245634 y Ricardo Israel Romero Pazmiño, con documento de identificación número 1719989897, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LUCES LED INTELIGENTES PARA LOS FAROS DEL CHEVROLET AVEO”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Electrónicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.


En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....

Nombre: Guillermo Ortiz

Cédula: 2100245634



.....

Nombre: Ricardo Romero

Cédula: 1719989897

Fecha: Quito, febrero del 2018

### **Declaratoria de coautoría del docente tutor**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LUCES LED INTELIGENTES PARA LOS FAROS DEL CHEVROLET AVEO, realizado por Guillermo Arturo Ortiz Betancourt y Ricardo Israel Romero Pazmiño, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, febrero del 2018



.....

Aníbal Roberto Pérez Checa

Cédula de identidad: 1711423440

## ÍNDICE

Cesión de derechos de autor .....	I
Declaratoria de coautoría del docente tutor .....	II
ÍNDICE .....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
RESUMEN .....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
Antecedentes .....	2
Objetivos .....	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
CAPÍTULO 1 .....	3
MARCO TEÓRICO .....	3
1.1 Iluminación en los vehículos .....	3
1.2 Visión humana en la conducción .....	4
1.2.1 Visión Nocturna.....	4
1.2.2 Encandilamiento .....	4
1.3 Visión artificial.....	5
1.3.1 Cámaras .....	6
1.3.2 Cámara Lineal.....	7
1.3.3 Segmentación y matiz de Imágenes.....	8
1.3.4 Cálculo de centroide en Imágenes.....	10
1.4 Comunicación de cámaras .....	11

1.5 Diodo led SMD .....	11
1.6 Tarjetas de desarrollo .....	12
CAPÍTULO 2 .....	13
DISEÑO .....	13
2.1 Algoritmo de adquisición de imagen y comunicación .....	13
Raspberry Pi cámara .....	14
Cámara OV7670 .....	14
2.2 Distribución de Diodos LED's .....	16
2.3 Diseño de soporte para cámara Pixy .....	17
2.4 Elección de procesador .....	18
2.5 Bases para los diodos LEDs y amplificación de la luz .....	22
2.6 Diseño de circuitos de control y potencia.....	22
2.7 Diseño para reducción de calor en los faros.....	28
2.8 Flujograma de programación.....	29
2.8.1 Accionamiento del sistema.....	30
2.8.2 Visión Artificial .....	31
2.8.3 Procesamiento en Arduino nano (cámara).....	32
2.8.4 Procesamiento en Arduino en cada Faro.....	33
CAPÍTULO 3 .....	35
3.1 Modificación del faro original .....	35
3.2 Acople de sistema de refrigeración de los faros.....	36
3.3 Circuito de polarización de luces altas y bajas.....	37
3.4 Conexión completa de faro Smart .....	38
3.5 Instalación del compartimiento de la cámara en el vehículo .....	39
CAPÍTULO 4 .....	40

4.1 Análisis de resultados cuando la persona se encuentra conduciendo el auto sin la matriz Smart.....	40
4.2 Análisis de resultados cuando las personas conducen el auto con la matriz Smart....	42
CONCLUSIONES.....	46
REFERENCIAS.....	48
ANEXO 1.....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Diagrama de bloques de la adquisición, procesamiento y almacenamiento de la visión artificial.....	6
Figura 1. 2 Distribución lineal de un pixel y cámara lineal modelo 2048 .....	8
Figura 2. 1 Vistas del contenedor de la cámara .....	17
Figura 2. 2 Vistas de la agarradera.....	18
Figura 2. 3 Bases para diodos LED's en faro del Chevrolet Aveo. ....	22
Figura 2. 4 Circuito de control para los faros. ....	23
Figura 2. 5 Circuito de control para faros en 3D. ....	23
Figura 2. 6 Circuito de potencia para faro.....	26
Figura 2. 7 Circuito de potencia en 3D. ....	26
Figura 2. 8 Circuito de control y alimentación para cámara PIXY.....	28
Figura 2. 9 Circuito de control y alimentación para cámara PIXY en 3D.....	28
Figura 2. 10 Diseño de tapa para ventilador. ....	29
Figura 2. 11 Lógica del accionamiento de la visión artificial.....	30
Figura 2. 12 Diagrama de flujo de visión artificial. ....	31
Figura 2. 13 Trama de datos de la cámara PIXY CMUCAM5.....	32
Figura 2. 14 Diagrama de flujo de procesamiento Arduino.....	32
Figura 2. 15 Diagrama de flujo del faro izquierdo.....	33
Figura 2. 16 Diagrama de flujo del faro derecho. ....	34
Figura 3. 1 Faro Original Chevrolet AVEO.....	35
Figura 3. 2 Faro modificado.....	36
Figura 3. 3 Extractor de aire del faro izquierdo. ....	37
Figura 3. 4 Diodos para alimentación de las luces bajas.....	38
Figura 3. 5 Controlador para las luces altas y bajas. ....	38
Figura 3. 6 Caja y soporte para la cámara y su controlador.....	39
Figura 4. 1 Tabulación de datos de las primeras cuatro preguntas. ....	40
Figura 4. 2 Tabulación de datos, distancia y cantidad de luz.....	41
Figura 4. 3 Tabulación de datos, color de luz. ....	41

Figura 4. 4 Tabulación de datos, iluminación altas y bajas. ....	42
Figura 4. 5 Tabulación de datos, velocidad de accionamiento. ....	43
Figura 4. 6 Tabulación de datos, fallos del sistema. ....	43
Figura 4. 7 Tabulación de datos, exigencia a ANT, costo. ....	44
Figura 4. 8 Promedio total de las encuestas. ....	45



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Comparación de cámaras para visión artificial. ....	14
Tabla 2. 2 Tipos de comunicación y envío de datos. ....	15
Tabla 2. 3 Comparación de Tarjetas programables.....	19
Tabla 2. 4 Comparación entre tipos de tarjetas Arduino.....	21

## **RESUMEN**

La luz LED está cambiando la manera de obtener una mejor iluminación en la noche con alto índice de eficiencia energética, siguiendo este concepto se utilizó una matriz led con lupas o concentradores de luz acoplados en los faros de un Chevrolet AVEO, con esta configuración se puede generar mayor concentración de luz mejorando la agudeza visual para el conductor. Este proyecto permitirá evitar el encandilamiento en los conductores que se encuentran en dirección contraria a este sistema de faros Smart, un sistema automatizado que usa la visión artificial por medio de una cámara como principal herramienta, que permite detectar la luz del otro vehículo y posicionarlo de tal manera que mediante programación en la tarjeta ARDUINO vaya reduciendo paulatinamente la intensidad de la luz. Además por medio de encuestas se obtuvo una aceptación del sistema con un 83.88 % a favor y un 16.12% en contra por varios factores, tales como el costo de implementación o la cantidad de luz que emiten los faros entre otros, gracias a estos datos se pudo analizar que el diseño tiene una gran acogida por brindar una mejor iluminación en la calzada para el conductor en la noche evitando el encandilamiento o deslumbramiento ocular, sin infringir las leyes o normas ya establecidas por la Agencia Nacional de Transito (ANT).

## **ABSTRACT**

The LED light is changing the way to get better lighting at night with high energy Efficiency index, following this concept we used a LED matrix with magnifiers or light concentrators coupled in the headlights of a Chevrolet AVEO, with this configuration It can generate greater light concentration by improving the visual acuity for the driver. This project will allow to avoid the glare in the drivers that are in the opposite direction to this system of headlights Smart, an automated system that uses the artificial vision by means of a camera as the main tool, that allows to detect the light of the other vehicle and to position it in such a way that by programming on the ARDUINO card it gradually reduces the Light intensity. In addition, by means of surveys, an acceptance of the system was obtained with a 83.88% in favor and a 16.12% against by several factors, such as the cost of implementation or the amount of light emitted by the Lighthouses among others, thanks to this data it was possible to analyze that the design has a great reception for providing better lighting in the roadway for the driver at night avoiding the glare or eye glare, without breaking the laws or norms already Established by the National Transit Agency (ANT).

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo se subdivide en varios capítulos en los cuales se van detallando de manera clara y puntual cada una de las actividades tomadas para el desarrollo del proyecto que tiene como finalidad reducir el encandilamiento de los conductores que transitan por la carretera en la noche. Para lograr con este objetivo en el Capítulo 1 se presenta toda la sustentación teórica tal como la iluminación actual de los vehículos, la visión humana en la conducción, la visión nocturna, el encandilamiento, la visión artificial, el diodo LED SMD, comunicación de las cámaras, entre otros. Todos estos temas permiten tener datos precisos de la cantidad de luz adecuada para la conducción nocturna en carretera, y a su vez para no provocar el encandilamiento en otros conductores, así mismo tener información necesaria para el correcto uso y aplicación de la visión artificial en el diseño del proyecto. Una vez obtenida la investigación suficiente para el proyecto, en el Capítulo 2 se muestra cómo se aplica lo aprendido en el capítulo anterior como los bosquejos de las bases para los diodos LED, los materiales implementados en las baquelitas de control y de potencia, la transmisión de datos que se utiliza para la comunicación entre la cámara que es la herramienta principal de la visión artificial con los faros del auto, a sí mismo se muestra la lógica de la programación por medio de diagramas de flujo que se traducirán para programar en la plataforma Arduino que ayuda con la interpretación de los datos obtenidos por la cámara como la localización del haz de luz de los vehículos que se encuentran frente a ella. En el Capítulo 3 se mostrará al proyecto por partes y armado completamente, en esta sección se detalla la modificación del faro del Chevrolet Aveo, la implementación del ventilador, la sujeción de las bases de los leds con las lupas, entre otros temas. Finalmente se muestra en el Capítulo 4 estadísticas y porcentajes de las encuestas realizadas a diferentes personas para obtener una idea clara de la aceptación del proyecto.

## **Antecedentes**

Aproximadamente al mes se registran 90 accidentes a nivel nacional por la mala condición de la vía y configuración de la iluminación según la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), esto se debe a que por el encandilamiento de conductores que no realizan el cambio de luces respectivo al cruce de otro vehículo causa poca visión de la vía y por ende pérdida de pista, choques y volcamientos.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

- Controlar la luminosidad en una matriz de LEDs ubicada en los faros del Chevrolet Aveo, para evitar el encandilamiento de los conductores que se encuentren en carretera.

### **Objetivos Específicos**

- Elaborar un marco teórico referente a la visión humana y los efectos que se pueden producir por el encandilamiento, para tener sustentación en el diseño.
- Estudiar el sistema de iluminación del vehículo para definir las condiciones de diseño eléctrico y electrónico.
- Diseñar un sistema que controle un faro modificado del vehículo para que de forma autónoma controle los niveles de luz y evite el encandilamiento.
- Implementar el sistema propuesto en el automóvil Chevrolet Aveo para realizar las respectivas pruebas de campo.
- Validar las pruebas de campo mediante encuestas para obtener índices de efectividad del sistema.

# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

En la actualidad se producen accidentes por el deslumbramiento o encandilamiento de los conductores de vehículos a motor, en este apartado se define el marco teórico para el desarrollo de este proyecto, el mismo que intenta solucionar parcialmente este problema, con información que involucra temas como la visión humana y artificial, así mismo con la forma de generación de luz blanca en base de semiconductores.

### 1.1 Iluminación en los vehículos

El sistema de iluminación de un automóvil es fundamental porque permite ver y ser vistos. Aunque no se sepa comúnmente es un sistema más de seguridad y no solo un conjunto de luces que permiten conducir por la noche.

Existen varios tipos de faros o emisores de luz que son instalados en los vehículos de alta y baja gama, en total son 4 diferentes ejemplares tales como:

- **Incandescentes:** En estos faros al pasar una corriente eléctrica por un filamento metálico genera calor y a su vez luz, este filamento está encerrado en una ampolla de vidrio al vacío.
- **Halógenas:** En este tipo de faros el principio es el mismo al de los incandescentes solo que en lugar de vacío se rellena la ampolla con gas halógeno.
- **Xenón:** En este caso ya no se utiliza un filamento metálico sino dos electrodos, cuando la corriente llega a uno de estos elementos generan un arco eléctrico que desprende gran cantidad de luz blanca.
- **LED:** Consiste básicamente en un material semiconductor encapsulado en una diminuta lente de plástico que permite emitir luz blanca. (XATAKA, 2011)

## **1.2 Visión humana en la conducción**

Cuando se conduce por la carretera el 90% de la información obtenida del entorno es por medio de la vista, es importante tener una visión con iluminación constante de luz blanca que pueda identificar el entorno ya que al momento de conducir se obliga a quien conduce a adaptarse a cambios de velocidad y de luminosidad.

Para conducir se necesita una visión de calidad, es decir se debe tener un equilibrio entre el campo de visión y la agudeza visual, es esencial que ésta sea perfecta, y sobre todo que no existan problemas de tipo oftalmológico, pues el tiempo de reacción debe ser el menor posible cuando detecta un objeto que obstaculice el movimiento del vehículo para evitar una colisión.

Las personas que poseen ojos claros son más sensibles a la luz, debido a que la cantidad de melanina en su iris es menor, es así que las personas que tienen ojos azules tienen mayores problemas con la luz difusa intraocular, esto podría ocasionar deslumbramientos en situaciones diarias como la conducción nocturna con más frecuencia que en otras personas que tienen diferente color de ojos. (CEA, 2017)

### **1.2.1 Visión Nocturna**

La visión nocturna es un riesgo de conducción ya que en la noche la agudeza visual se reduce en un 70% y el sentido de profundidad es 7 veces menor, dado que se reduce la capacidad para detectar objetos y la distancia entre el vehículo y varios objetos. Este riesgo es mayor cuando las personas pasan los 50 años de edad, esto se debe a que en la noche los faros o farolas afectan en mayor cantidad a medida que envejece el ojo. Conducir en la noche elimina gran parte de los contrastes que provoca el rebote de la luz en los objetos. (CEA, 2017)

### **1.2.2 Encandilamiento**

El encandilamiento es una sensación visual causada por la luz excesivamente brillante y expuesta. Puede ser incapacitante o ser incómodo al momento de conducir, debido a que provoca dolor en el iris de los ojos del conductor, además se vuelve difícil de ver los objetos que se hallan en el entorno, en especial mientras se conduce el vehículo en la noche.

El encandilamiento se reduce cuando la luz no se encuentra expuesta directamente ante esto una solución viable para evitar la exposición al excesivo brillante de los faros a

los conductores las luces deben estar orientadas hacia abajo apuntando directamente a la calzada.

Cuando se conduce con luces intensas es recomendable bajar la potencia luminosa, ya que la luz emite el faro no está dirigido hacia la carretera más bien apunta hacia el frente y arriba provocando que en el entorno los objetos adquieran un alto brillo y contraste incluyendo a los autos que se encuentran en frente. (Glare, 2010)

### 1.3 Visión artificial

La visión artificial está ligada con la inteligencia artificial ya que mediante imágenes digitales se puede adquirir, analizar y procesar cualquier tipo de información tales como: color, tamaño, distancia, forma, etc.

La visión artificial se compone de varios procesos que realizan el análisis de imágenes tales como:

- Captación de imágenes.
- Memorización de información.
- Procesamiento.
- Interpretación de resultados.

Para obtener la captación de la información de una imagen se lo puede realizar mediante 6 métodos:

- **Digital:** Es la función obtenida tras el resultado de la medida o muestreos en intervalos de tiempo espaciados regularmente, siendo el valor de dicha función un número positivo y entero.
- **Píxel:** Una imagen digital se considera como una cuadrícula. Cada elemento de esta cuadrícula se la conoce como píxel.
- **Nivel de grises:** Cuando una imagen es digitalizada, la intensidad del brillo en la escena original correspondiente a cada punto es cuantificada, dando lugar a un número denominado “Nivel de gris”
- **Imagen binaria:** Es aquella que sólo tiene dos niveles de color: negro y blanco. Cada pixel se convierte en negro o blanco en función del llamado nivel binario o UMBRAL.
- **Escena:** Es un área de memoria donde se guardan todos los parámetros referentes a la inspección de un objeto en particular.



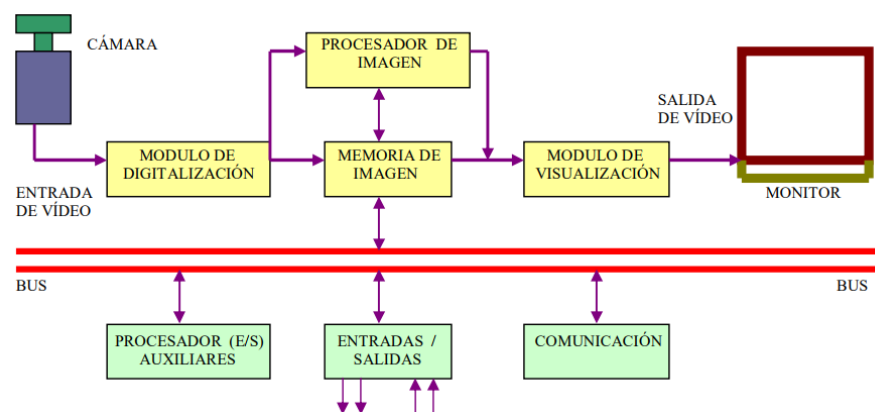
- **Window (ventada de medida):** Es el área específica de la imagen recogida que se quiere inspeccionar.

Cada uno de estos métodos tiene sus pros y sus contras, cada uno de ellos obtiene características diferentes de la imagen, los cuales pueden ser utilizados mediante programación para realizar una tarea específica.

En la siguiente Figura 1.1 se detalla cómo funciona la visión artificial en diagrama de bloques. (Etitudela, 2017)

### Diagrama de bloques

Figura1. 1Diagrama de bloques de la adquisición, procesamiento y almacenamiento de la visión artificial.



Fuente: (Etitudela, 2017)

#### 1.3.1 Cámaras

Su función principal es capturar la imagen proyectada en el sensor CCD (Charge Coupled Device), mediante vías ópticas, para luego transferirla a un sistema electrónico.

Un dispositivo de carga acoplada o con sus siglas en inglés (CCD) es un circuito integrado que contiene un número determinado de condensadores entrelazados o acoplados. Bajo el control de un circuito interno, cada condensador puede transferir su carga eléctrica a uno o varios de los condensadores que estén a su lado en el circuito

impreso provocando de esta manera obtener la imagen gracias a la suma de todas las cargas eléctricas captadas. La capacidad de resolución o detalle de la imagen depende del número de células fotoeléctricas del CCD. Este número se expresa en píxeles, a mayor número de píxeles, mayor nitidez en relación con el tamaño.

Las cámaras que se utilizan para la visión artificial requieren de una serie de características que permitan el control del disparo de la cámara para capturar piezas que pasan por delante de ella en la posición requerida. Son cámaras más sofisticadas que las normales ya que pueden captar en su totalidad características específicas como: tiempos de respuesta, velocidad de obturación, sensibilidad, etc.

Se clasifican en función de:

La tecnología del elemento sensor.

- Cámaras tubo. Se basan en el uso de un material fotosensible que capta la imagen, siendo leída por un haz de electrones.
- Cámaras de estado sólido. Se basan en el uso de materiales semiconductores fotosensibles, en su lectura no es necesario un barrido electrónico.

La disposición física.

- Cámaras lineales. Se basan en un sensor CCD lineal.
- Cámaras matriciales. Se basan en un sensor CCD matricial, lo que permite el análisis de imágenes bidimensionales.

Hay una cámara específica para cada aplicación las cuales obtienen distintos parámetros que pueden controlarse o utilizarse en una acción puntual, estas cámaras son creadas para capturar: color, monocromo, alta definición, alta sensibilidad, alta velocidad, infrarrojas, etc. (Etitudela, 2017)

### **1.3.2 Cámara Lineal**

Las cámaras lineales construyen las imágenes, línea por línea realizando un barrido del objeto junto con un desplazamiento longitudinal. Este tipo de cámaras utilizan sensores que tienen entre los 512 y 8192 pixels, con una longitud lo más corta posible y gran calidad de imagen. Lo que se logra al construir imágenes de alta calidad a partir de líneas individuales, requiere de una alta precisión. Su uso está extendida también

para la inspección de objetos de longitud indeterminada, tipo telas, papel, vidrio, planchas de metal, etc.

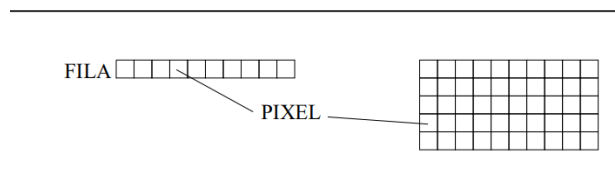
### Características técnicas:

- **Número de elementos del sensor.** Esto define la calidad de imagen ya que a mayor número de elementos (pixels) mayor tamaño de la óptica.
- **Velocidad.** Son los números de pixels capaces de ser leídos por unidad de tiempo. En las cámaras lineales es un valor más alto que en las matriciales llegando a velocidades superiores a los 200 Mhz.

En la Figura 1.2 se muestra como está distribuido en forma lineal los píxeles y a su vez se muestra una cámara lineal de 2048. (Etitudela, 2017)

### Cámara lineal

Figura1. 2 Distribución lineal de un pixel y cámara lineal modelo 2048



Fuente: (Etitudela, 2017)

### 1.3.3 Segmentación y matiz de Imágenes

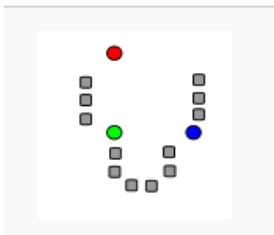
La segmentación en la visión artificial es un proceso el cual divide a una imagen digital específica en varias partes diferentes conocido como (grupos píxeles) u objetos. El principal objetivo es cambiar la representación de una imagen o simplificarla en otra más significativa para que sea fácil de analizarla.

También se considera como un proceso de etiquetado en cada uno de los píxeles subdivididos de tal forma que todos compartan ciertas características visibles similares como pueden ser el color, la intensidad o la textura.

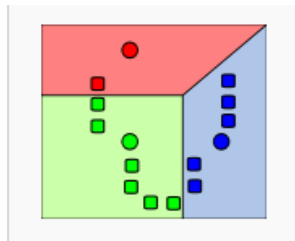
Los algoritmos de la segmentación son dos principales.

- **Discontinuidades de nivel de gris:** Consiste en segmentar la imagen a partir de cambios que sufra en los niveles de gris entre los píxeles las técnicas que se usan para ese método son detección de líneas, de bordes y puntos aislados.
- **Similitud de niveles de gris:** Las divisiones de la imagen se hacen agrupando los píxeles que tienen unas características similares y sus técnicas son la umbralización, crecimiento de regiones, etc.

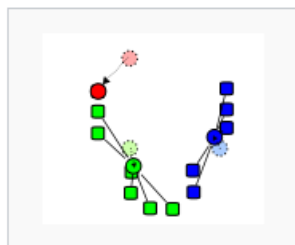
### Demostración del algoritmo estándar



Se seleccionan  $k$  puntos de la imagen, 3 en este caso (los mostrados en color.)



Se crean  $k$  clusters a partir de los puntos anteriores.



El centro de gravedad de cada una de los grupos  $k$  se convierte en el nuevo medio.



Los pasos 2 y 3 se repiten hasta que se alcance la convergencia. (Gtocoma, 2012)

### 1.3.4 Cálculo de centroide en Imágenes

Existen diferentes conceptos sobre el centroide que se utilizan en la ingeniería como el centro de masa, el centro de presión y el centro de gravedad. Todos son similares ya que poseen coordenadas y además son puntos, pero se diferencian por lo que representan. Existen dos métodos para el cálculo de los centroides en las figuras los cuales son:

- Centroide por integración.
- Centroide por Matriz.

Para el cálculo del centroide por integración de una figura es necesario que la forma de la misma se la pueda representar mediante una función matemática. Es precisamente la mayor desventaja de esta técnica debido a que no siempre es posible obtener la función de las figuras. Matemáticamente, las funciones son arreglos de coordenadas que están relacionadas mediante una expresión, la cual es denominada función matemática.

Las funciones más empleadas son aquellas que definen líneas rectas de pendiente cero, pendiente positiva, negativa, parábolas cuadráticas, cúbicas, etc. Generalmente son funciones de tipo geométrica lo que facilita los cálculos.

Para el cálculo del centroide mediante una matriz para figuras las cuales no se pueden representar mediante una función matemática se emplea la técnica matriz centroidal. Una matriz es una tabla donde se ordena la información básica que caracteriza una figura. Para ello la figura se divide en elementos simples que coincidan con las figuras comunes. de esta forma cualquier figura se puede aproximar a un conjunto de elementos que al sumar sus áreas se aproximen a la figura requerida. (Herrera, 2014)

## **1.4 Comunicación de cámaras**

Para la transferencia o comunicación de imágenes a un ordenador o a una memoria se tienen varios métodos tales como:

1. **Conexión Directa (USB):** Con la conexión directa se puede trasladar de la memoria interna de la cámara a un ordenador o laptop gracias al cable USB con una velocidad de transferencias alta.
2. **Bluetooth:** La comunicación de forma indirecta tiene una velocidad menor a la transferencia directa por que utiliza una vía vulnerable a ruidos o que se puede interrumpir con objetos de gran masa entre el emisor y el receptor.
3. **Bus de Datos:** Este tipo de transferencia utiliza únicamente cámaras especiales que tienen puerto ICSP que permite el envío de las imágenes a tiempo real siendo la comunicación más rápida.

Es importante tomar en cuenta la velocidad de captación de imágenes si se va a realizar visión artificial, ya que en muchos de los casos como procesos industriales la rapidez con la que se obtiene las imágenes debe ser en lo posible a tiempo real.

## **1.5 Diodo led SMD**

Los diodos LED de tipo SMD son emisores de luz no necesariamente blanca, pues también puede emitir luz amarilla, azul, roja, etc. Esto se logra gracias a una película que lo recubre en el diodo y a su vez del material empleado en su fabricación obteniendo el color que se necesite. El diodo LED es un dispositivo semiconductor que emite luz únicamente cuando la corriente eléctrica atraviesa por él. Se lo utiliza en la actualidad para sustituir al foco común incandescente y también a las lámparas fluorescentes por el bajo consumo de energía y por su poca liberación de calor.

Algunas de sus características son:

- Alto brillo
- Amplio rango de colores
- Soportan por soldadura por ola

Uno de defectos de este tipo de luz blanca es que la calzada es de color negra y por ende la luz que emite el diodo no rebota, más bien la absorbe. (Superficial, 2017)

## 1.6 Tarjetas de desarrollo

Las tarjetas de desarrollo son placas que permiten ser programadas para realizar una tarea específica, dependiendo de su marca y precio, poseen microprocesadores que almacenan y procesan información a altas velocidades. Todas las que se encuentran en el mercado tienen características que satisfacen las necesidades de los usuarios, a continuación, se presentan 8 tipos diferentes de marcas y modelos lanzadas en el 2017.

1. **Placa de libertad:** Es una placa de desarrollo de bajo costo para la familia de MCU Kinetis. Posee software compatible y abierto con Arduino.
2. **FONA 808.** Incluye tecnología celular que le permite rastreo de ubicación, voz, texto, SMS y datos.
3. **Synergy S7.** Es una plataforma de desarrollo integrada desde donde puede acceder a funciones MCU detalladas.
4. **NRF52-DK.** Está diseñada para Bluetooth Smart, ANT y aplicaciones inalámbricas de 2.4 GHz.
5. **Thunderboard React.** Permite recopilar datos de sensores a fin de hacer pruebas fácilmente y crear prototipos de aplicaciones de IoT.
6. **Placa DECA.** Puede diseñarse con FPGA MAX no volátiles, inmediatas e interactuar con amplia gama de sensores.
7. **Joule 570X de Intel.** Tiene un CPU de cuatro núcleos, tiene un reloj base de 1.7GHz.
8. **BeagleBone Black.** Ésta versión proporciona abundante potencia de procesamiento para la mayoría de las necesidades de computación.

## **CAPÍTULO 2**

### **DISEÑO**

Este proyecto conlleva varias etapas de diseño para solucionar el problema planteado, en este capítulo se detalla el proceso que pasó este trabajo de titulación tanto en su Hardware como en su Software, en donde se incluye los algoritmos para la adquisición, análisis y procesamiento de datos, el modelado en Solid Work de las piezas impresas en 3D, diseños electrónicos, la modificación del faro del Chevrolet Aveo, así como, los materiales utilizados en las etapas de control y de potencia.

#### **2.1 Algoritmo de adquisición de imagen y comunicación**

En el mercado tecnológico existen varias marcas y modelos de cámaras capaces de servir como herramienta a la visión artificial que permiten captar almacenar e incluso procesar la información deseada sea de fotogramas o en forma de video que son fotografías consecutivas con repetición instantánea con lo que se da una sensación de movimiento, cada una de estas cámaras son utilizadas en diferentes campos de la industria que utilizan este método de visión artificial para controlar procesos complejos en donde se necesite de precisión y toma de decisiones inmediatas, para el proyecto se analizaron tres tipos de cámaras que permita captar en forma de video y fotogramas la posición de la luz que emiten los faros que se encuentren frente a estas distintas marcas y modelos las características y ventajas o desventajas se detallan en la Tabla 2.1:



Tabla 2. 1 Comparación de cámaras para visión artificial.

	<b>Raspberry Pi cámara</b>	<b>Cámara OV7670</b>	<b>PIXY CMUcam5</b>
Resolución.	5 Megapíxeles (2592 x 1944).	VGA (640 x 480).	1 Megapíxel (1280 x 800).
Fotogramas por segundo	30 ~ 60	30	50
Puertos de comunicación.	Interface CSI (Camera Serial Interface).	I2C.	SPI, I2C, UART, USB.
Controlador.	Raspberry Pi.	Arduino, Raspberry Pi.	Arduino, Raspberry Pi, BeagleBone Black.
Reconocimiento de imagen.	No.	No.	Sí.
Voltaje de operación.	3V.	2.5V ~ 3V.	5V.

Tabla de características entre cámaras para visión artificial.

- **Resolución:** La resolución que posee la cámara PIXY CMU CAM5 es de 1 megapíxel que se vuelve suficiente para la captación de la luz de los vehículos que se encuentre frente a ella.
- **Fotogramas por segundo:** La cantidad que puede realizar fotogramas la cámara PIXY CMU CAM5 son los necesarios para que no se sature en una vía con gran afluencia de autos.
- **Reconocimiento de imagen:** Es importante tener reconocimiento de imágenes para poder implementar visión artificial y un manejo correcto mediante programación.

Por todas las características mencionadas la cámara PYXY CMU CAM 5 se llegó a determinar que es la más idónea para la implementación del proyecto, ya que cumple con todo lo requerido para la adquisición procesamiento y almacenamiento de la luz emitida por los autos en la vía.

Para el envío de la información proporcionada por esta herramienta hacia un microcontrolador se utilizó la comunicación SPI, puesto que al estar los dos elementos cerca este método es el más viable ya que la transferencia de los bits se realiza con una frecuencia alta evitando así lecturas erróneas causadas por ruido u otros factores. Para la comunicación de los datos obtenidos desde el Arduino sincronizado con la cámara hacía los faros del Chevrolet Aveo se tomó en cuenta varias opciones tales como se muestra en la Tabla 2.2:

Tabla 2. 2 Tipos de comunicación y envío de datos.

	<b>Bluetooth HC-055</b>	<b>Radio Frecuencia</b>	<b>Cableado RS232</b>
Distancia de transmisión.	18 metros	300 metros	15 metros
Velocidad.	9600 ~ 115200 (bits/segundo)	2400 (bits/segundo)	20K ~ 64K (bits/segundo)
Frecuencia Modulada.	2.4GHz.	433MHz.	-
Voltaje de operación.	3.3V ~ 6V.	5V ~ 12V.	-6V ~ +6.
Tipo de red.	Punto a punto.	Multipunto	Multipunto

Tabla de comparación entre tipos de comunicación.

- **Distancia:** La comunicación por radio frecuencia tiene un gran alcance lo cual permitirá asegurar el envío y recepción de los datos.

- **Velocidad:** Por el tamaño reducido de la trama que será enviada la velocidad no debe ser tan alta por lo tanto los 2400 bits/segundo son los suficientes para el proyecto.
- **Tipo de red:** Al tener la capacidad de multipunto se puede comunicar un maestro con varios esclavos diferenciándolos mediante programación con un identificador en su trama.

Cada una de estas opciones fue considerada para la comunicación de los tres elementos que se encuentran involucrados, pero la comunicación por medio de radio frecuencia fue la más la apropiada para adaptarse a las necesidades del proyecto tanto por su velocidad de transmisión y recepción como las dimensiones que poseen los elementos electrónicos (transmisor y receptor). La comunicación por bluetooth no se la encontró viable ya que se necesitaba de un maestro y dos esclavos pero este método tan solo permitía comunicar un maestro con un esclavo. La comunicación por cable no se la adaptó por su costo de instalación.

## 2.2 Distribución de Diodos LED's

Los diodos LED's que se implementarán en el proyecto son los semiconductores de potencia con tecnología de montaje superficial o (SMD) los cuales tienen las siguientes características técnicas.

1. **Voltaje:** 12V
2. **Corriente:** 0.97A
3. **Potencia:** 10W.

Se consideró el uso de estos diodos LED porque tienen una gran emisión de luz blanca y un ángulo de apertura de 120 grados esto quiere decir que en todo este rango la luz es expulsada hacia el exterior o en este proyecto hacia la calzada y la calle.

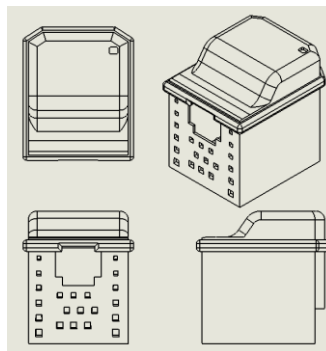
La distribución de los diodos LED's en los faros modificados del Chevrolet Aveo es en paralelo 2 para la función de altas y dos para bajas en cada una de las farolas teniendo un total de 8 LED's, se pensó colocarlos así para mantener el voltaje en cada uno de los semiconductores asegurando que la luz que emiten sea de alto brillo. Al distribuirlos de esta manera la corriente se dividirá por lo que a la fuente en este caso del automóvil se la exigirá un total de 6 Amperios.

Idealmente se necesitaría una cantidad total de 8 Amperios para que todos los diodos LED's funcionen a su máxima capacidad pero mediante la modificación del ancho de pulso se reduce el brillo que emiten provocando así que la corriente sea menor, esto también permite que el tiempo de vida de los semiconductores sea mayor y a su vez se reduce considerablemente la emisión de calor por parte de estos elementos electrónicos.

### 2.3 Diseño de soporte para cámara Pixy

Para el diseño del contenedor de la cámara y el microcontrolador se muestra en la Figura 2.1. Se puede apreciar cada una de las vistas tanto frontal como lateral realizado en el programa SolidWorks.

Figura 2. 1 Vistas del contenedor de la cámara



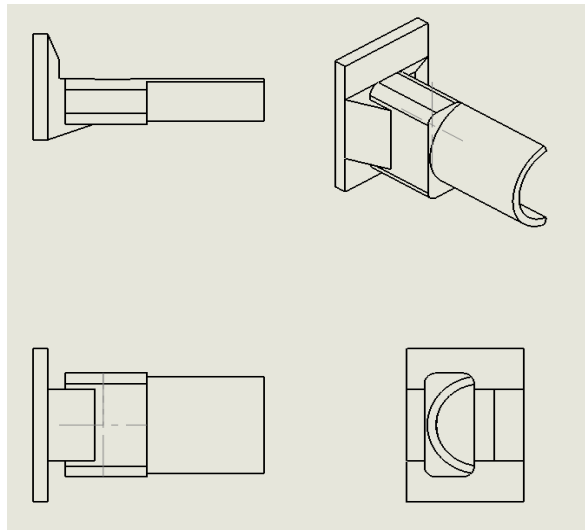
a) Vista trasera b) Vista diagonal c) Vista frontal d) Vista derecha

Autor: Ortiz Arturo, Romero Ricardo

Se puede notar en los literales a, b, c y d de la Figura 2.1 que el diseño de este contenedor tiene varias características como las medidas exactas de la cámara para evitar movimientos bruscos o innecesarios, cuenta también con un compartimento para el circuito del controlador y alimentación, así mismo tiene una abertura que permite conectar el cable de programación del microcontrolador. Posee unas 25 aberturas por donde transita un flujo de aire evitando así que el microprocesador de la cámara se sobrecaliente.

En la siguiente Figura 2.2 se muestra el diseño de una agarradera que encaja en la parte trasera del contenedor con el fin de sujetar al parabrisas por medio de succión.

Figura 2. 2 Vistas de la agarradera.



a) Vista izquierda b) Vista inferior c) Vista superior d) Vista frontal

Autor: Ortiz Arturo, Romero Ricardo.

## 2.4 Elección de procesador

Al contar con la ayuda de la cámara PIXY CMU CAM5 se presentó el problema del no saber con qué tipo de placa trabajar, debido a que ésta herramienta es compatible con diferentes marcas como: Arduino, Raspberry, Beaglebone, entre otros.

La más apta de estas marcas para este proyecto fue ARDUINO, ya que posee características útiles para el desarrollo de software como de hardware. Es importante mencionar que uno de los factores que ayudó a la elección de esta marca es el costo, a comparación con Raspberry y Beaglebone el precio de la placa Arduino es menor.

En la Tabla 2.3 se muestra las características de Arduino, Raspberry y Beaglebone en la cual se puede apreciar con mayor facilidad el porqué de la selección de la placa.

Tabla 2. 3 Comparación de Tarjetas programables.

	<b>ARDUINO UNO</b>	<b>RASPBERRY MODELO B</b>	<b>BEAGLEBONE REV A5</b>
<b>Precio</b>	30\$	35\$	89\$
<b>Dimensiones</b>	7.6 x 1.9 x 6.4 cm	8.6 x 5.4 x 1.7 cm	3.4 X 2.1 cm
<b>Memoria RAM</b>	0.002MB	256MB	256MB
<b>Velocidad de reloj</b>	16 MHz	700 MHz	700MHz
<b>Red</b>	Ninguno	10/100EthernetRJ45	10/100EthernetRJ45
<b>Multitarea</b>	No	Si	Si
<b>Voltaje de entrada</b>	7 a 12V	5V	5V
<b>Memoria Flash</b>	32KB	Tarjeta SD (2 a 16GB)	4GB (micro SD)
<b>USB</b>	N/A	2 USB 2.0	1 USB 2.0
<b>UART</b>	1	1	5
<b>Modulación por ancho de pulso  (PWM).</b>	6	0	8

Tabla de comparación de características entre placas, Fuente: (Arduino, 2013)

La modulación por ancho de pulsos (PWM) de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica, ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.

Para la elección de la tarjeta que se va a utilizar en el proyecto se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

- **Dimensiones:** Es importante que las dimensiones de la tarjeta sean pequeñas como es el caso del Arduino Nano y el Arduino Micro, debido a que en el proyecto el espacio es reducido.
- **Precio:** El bajo precio para adquirir la tarjeta de programación Arduino fue una de las principales características que ayudaron en su elección, ya que, el proyecto está pensado para ser instalado en vehículos de gama media y baja.
- **PWM:** La tarjeta Arduino posee pines que se los puede controlar mediante programación su PWM, es importante que la tarjeta tenga esta característica porque será utilizada para la activación y desactivación de los diodos LED.

Dentro de la familia Arduino se eligió a la tarjeta NANO, ya que su tamaño reducido permite garantizar su uso en un espacio limitado tanto en los faros como en el compartimiento de la cámara, hay que destacar que al tener un tamaño menor solo pierde ciertas características en su hardware, es decir, a comparación con la tarjeta UNO o MEGA el número de pines es menor pero suficientes para el proyecto. En la Tabla 2.4 se muestra las características y comparación entre los Arduinos Nano, Uno y Mega.

El software de Arduino al ser de código abierto y libre se vuelve muy útil para realizar la programación del proyecto, al tener esta característica se puede obtener de manera gratuita ciertas librerías para manejar apropiadamente tanto la comunicación SPI como la de radio frecuencia.

Tabla 2. 4 Comparación entre tipos de tarjetas Arduino.

<b>ARDUINO</b>	<b>NANO</b>	<b>UNO</b>	<b>MEGA</b>
<b>Familia</b>	ATmega328	Atmega328	Atmega2560
<b>Memoria SRAM</b>	2KB	2KB	8KB
<b>Memoria Flash</b>	32KB	32KB	256KB
<b>Memoria EEPROM</b>	1KB	1KB	1KB
<b>Reloj</b>	16MHz	16MHz	16MHz
<b>UART</b>	1	1	4
<b>PWM</b>	6	6	14
<b>Entradas y salidas digitales</b>	14	14	50
<b>Entradas y salidas análogas</b>	8	6	16
<b>Voltaje</b>	5V	5V	5V
<b>USB Serial</b>	FTDI FT232RL	Atmega16U2	Atmega16U2

Tabla comparativa de características entre tipos de tarjetas, Fuente: (Agarwal, 2016)

- **Memoria Flash:** Al manejar tramas pequeñas la memoria no debe ser muy grande por lo tanto el Arduino Nano se adapta a las necesidades del proyecto.
- **PWM:** Los 6 pines programables para PWM que tiene el Arduino Nano son suficientes para el control de la iluminación de los diodos LED que serán instalados en los faros del Chevrolet Aveo.
- **Entradas y salidas digitales:** El Arduino Nano posee 14 entradas y salidas digitales las que son suficientes para tener la información del switcheo y señales externas que se tengan que programar.

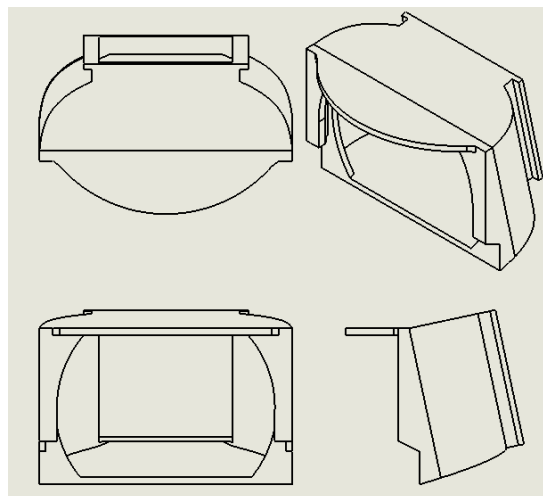


## 2.5 Bases para los diodos LEDs y amplificación de la luz

El diseño que se encuentra en la Figura 2.3 es uno de los más importantes ya que sujeta a los diodos LED en una base anclada al faro del Chevrolet Aveo, así mismo cuenta con un espacio en el cual serán ubicadas lupas especiales que ayudan con la concentración de la luz emitida por el semiconductor para ser dirigida a un punto focal específico en la calzada, también se puede observar que estas bases fueron hechas para retener a los disipadores que van a estar unidos a los emisores de luz esto es muy importante colocar para reducir las altas temperaturas que emite el elemento electrónico.

Las bases fueron diseñadas para instalar las luces altas y medias de forma inversa, esto quiere decir, que las luces intensas están colocadas en la parte inferior y las medias se encuentran ubicadas encima de ellas, se lo pensó así para direccionar de mejor manera la luz ya que se requiere el punto focal de las luces medias en la calzada y a su vez tener un punto focal más profundo y amplio con la luz que emiten las luces intensas.

Figura 2. 3 Bases para diodos LED's en faro del Chevrolet Aveo.



a) Vista frontal b) Vista lateral c) Vista Superior d) Vista inferior.

Autores: Arturo Ortiz, Ricardo Romero.

## 2.6 Diseño de circuitos de control y potencia.

Para el diseño de los circuitos impresos (PCB's) tanto de alimentación, de control y de potencia se tomó en cuenta varios conceptos electrónicos como leyes de OHM, voltajes de referencia, protección a altas potencias, switch de protección, entre otros. Para el circuito de control de los faros que se muestra en la Figura 2.4 y Figura 2.5 los



Así mismo en la Figura 2.6 y Figura 2.7 se observa el diseño de los circuitos de potencia que se colocarán en los faros que constan de un Arduino Nano para cada faro, resistencias de  $330\Omega$ , regulador DC-DC de 1A, y opto acopladores que ayudarán a separar la parte de control con la de potencia, así mismo se muestra la parte de potencia que básicamente consta de MOSFET's IRF830 de 4.5 Amperios para la activación de los diodos LED's, se tomó en cuenta esa cantidad de amperaje por el alto consumo de corriente que tiene los emisores de luz.

Para determinar el valor de las resistencias que se encuentra conectado desde el Arduino hacia los opto acopladores se debe considerar la caída de voltaje que tiene el diodo interno que es de 1.2V y que se debe encontrar dentro del rango de corriente entre 4mA y 60mA por lo tanto tenemos la suma de los voltajes en la Ecuación (2.1).

$$V = V_{in} - V_d \quad \text{Ec.(2.1)}$$

$$V = 5V - 1.2V$$

$$V = 3.8V$$

Este valor es el voltaje que caerá en la resistencia que se debe hallar. Para aplicar la ley de Ohm se asume el valor de corriente que será de 18mA por lo tanto se reemplazará estos datos en la Ecuación (2.2).

$$V = I \cdot R \quad \text{Ec.(2.2)}$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{3.8V}{18mA}$$

$$R = 211.11\Omega \approx 220\Omega$$

La resistencia comercial que más se aproxima al valor obtenido es  $220\Omega$ . Para comprobar si se encuentra dentro del rango la corriente se aplica nuevamente la Ecuación (2.2) y se despeja la I.

$$V = I \cdot R$$

$$I = \frac{3.8V}{220\Omega}$$

$$I = 17,27mA$$

La resistencia de  $4.7K\Omega$  que se encuentra conectada al MOSFET IRF530 se las determinó mediante la variación de voltaje entre  $V_{in}$  de 12V y el voltaje mínimo para

su activación de 10.3V. Utilizando nuevamente la Ecuación (2.1) se obtiene el voltaje con el que se encontrará la corriente de activación aplicando la ley de Ohm de la Ecuación (2.2).

$$V = V_{in} - V_d$$

$$V = 12V - 10.3V$$

$$V = 1.7V$$

$$V = I \cdot R$$

$$I = \frac{1,7V}{4.7K\Omega}$$

$$I = 0.36mA$$

Es importante mencionar que el MOSFET tiene un comportamiento similar a la carga y descarga de un capacitor por lo que a mayor resistencia menor el tiempo de activación y desactivación.

Para determinar el valor de la corriente del regulador de voltaje (Buck) DC-DC de 1A se debe tomar en cuenta los siguientes datos.

- El voltaje de 5V y una corriente de 19mA ( $I_a$ ) valores para que Arduino Nano trabaje.
- La corriente de salida de los pines con PWM es de 22.7mA al trabajar con 3 de ellos aumenta a 68.2mA ( $I_{pwm}$ )
- La corriente que requiere el receptor de radio frecuencia es de 5.5mA ( $I_{rf}$ )

Por lo tanto al sumar todas las corrientes en la Ecuación (2.3).

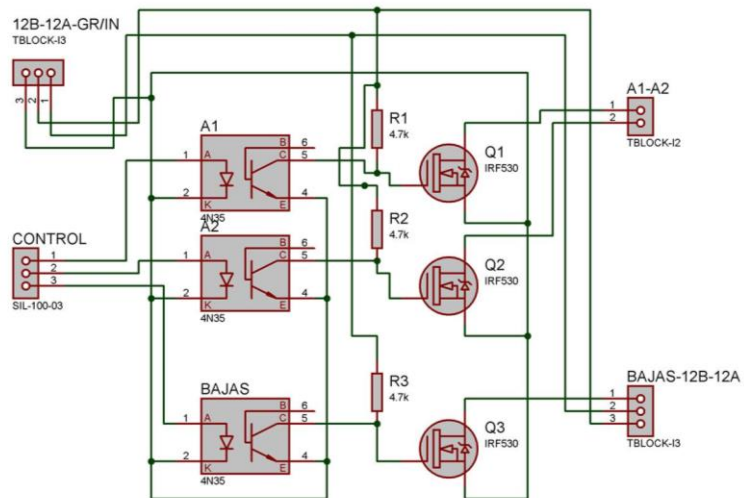
$$I_t = I_a + I_{pwm} + I_{rf} \quad \text{Ec.(2.3)}$$

$$I_t = 19mA + 68.2mA + 5.5mA$$

$$I_t = 92.7mA$$

Con esta cantidad total requerida por el circuito es más que suficiente el regulador de 1A.

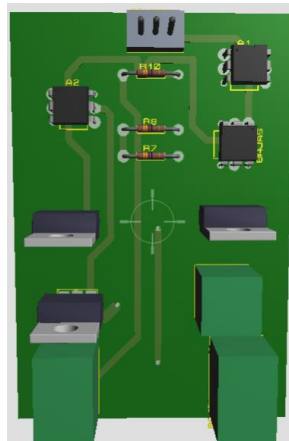
Figura 2. 6 Circuito de potencia para faro.



Circuito realizado en Proteus ISIS para el accionamiento de los faros del Chevrolet Aveo,

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

Figura 2. 7 Circuito de potencia en 3D.



Circuito realizado en Proteus ARES para el accionamiento de los faros del Chevrolet Aveo,

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

Finalmente en las Figuras 2.8 y 2.9 se puede observar los diseños de los PCB en Proteus ISIS y ARES para el circuito que estará controlando y alimentando a la tarjeta programable y a la cámara PIXY CMU CAM5. Los materiales que se utilizaron para los circuitos impresos son: Bornera para la polarización de los 12V de entrada junto con un diodo de silicio 1N4001 que permitirá impedir el paso de corrientes de retorno

y así evitar corto circuitos, un Buck DC-DC para mantener el voltaje de entrada hacia el Arduino Nano eliminando picos de voltaje y corriente que puedan averiar a la tarjeta programable un transmisor de radio frecuencia etiquetado como J1 y finalmente una resistencia de  $330\Omega$  que reduce el paso de corriente para la alimentación del transmisor al ser una conexión directa se debe tomar en cuenta la cantidad de intensidad de corriente que como máximo debe ser  $40mA$  para alimentar al transmisor, se puede obtener este valor con la ley de Ohm de la Ecuación (2.2).

$$V = I \cdot R$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{12V}{40mA}$$

$$R = 300\Omega \approx 330\Omega$$

Al tener un resultado de  $300\Omega$  se utilizará la resistencia comercial más próxima a este valor que es de  $330\Omega$ .

Para determinar el valor de la corriente del regulador de voltaje (Buck) DC-DC de 1A se debe tomar en cuenta los siguientes datos.

- El voltaje de 5V y una corriente de  $19mA$  ( $I_a$ ) valores que necesita Arduino Nano para trabajar.
- La corriente que requiere la cámara PIXY CMU CAM5 es de  $140mA$  ( $I_{pixy}$ ).
- La corriente que requiere el transmisor de radio frecuencia es de  $5.5mA$  ( $I_{rf}$ ).

Por lo tanto al sumar todas las corrientes en la Ecuación (2.4)

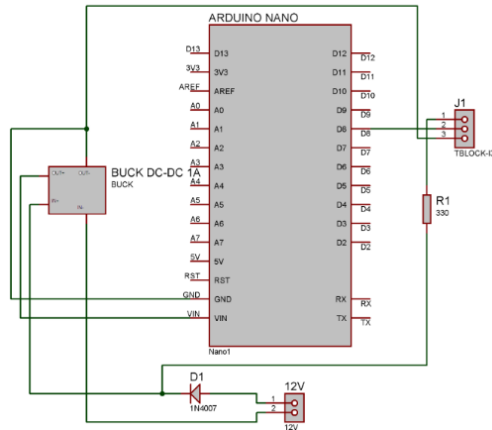
$$I_t = I_a + I_{pixy} + I_{rf} \tag{Ec.(2.4)}$$

$$I_t = 19mA + 140mA + 5.5mA$$

$$I_t = 164.5mA$$

El valor más próximo es de 1A que se vuelve suficiente para la corriente requerida.

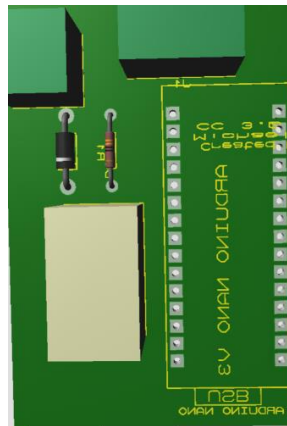
Figura 2. 8 Circuito de control y alimentación para cámara PIXY.



Circuito realizado en Proteus ISIS para la adquisición de datos y control de cámara PIXY.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

Figura 2. 9 Circuito de control y alimentación para cámara PIXY en 3D.



Circuito realizado en Proteus ARES para la adquisición de datos y control de cámara PIXY.

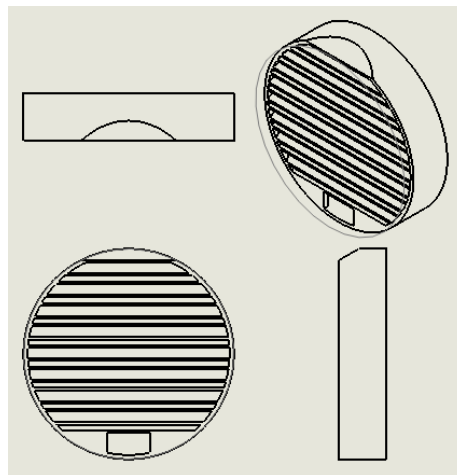
Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

## 2.7 Diseño para reducción de calor en los faros

Uno de los principales problemas que presentó el proyecto es la alta concentración de calor dentro del faro, esto se produce por la cantidad de diodos LED y un ambiente cerrado de los disipadores de calor, es importante tomar en cuenta que los disipadores cumplen su función cuando tienen una corriente de aire circulando por sus aspas evitando así que la temperatura se concentre, pero a la vez se descubrió un limitante que los faros deben estar sellados herméticamente ya que el ingreso de agua u otros líquidos pueden ser perjudiciales para los circuitos instalados internamente.

Para la solución de este problema se tomaron en cuenta varias opciones una de ellas era realizando aberturas en la parte inferior de los faros, pero no era muy viable porque el agua puede ingresar al pasar por charcos en la calzada. Otra de las opciones era colocar una sola abertura con una manguera que pasaba desde el frente del auto hacia los faros, se solucionaba el ingreso de agua, pero por costos de instalación de las mangueras y la poca estética fue descartada esta idea. Finalmente se pensó en utilizar un extractor de aire para la absorción del calor que generaba los disipadores, pero el ingreso del agua volvía como principal complicación, para eliminar este inconveniente se diseñó en Solid Work un protector para el ventilador que posee un ángulo de 30 grados de inclinación para evitar por completo que el agua entre. Esto se lo puede observar de mejor manera en la Figura. 2.10

Figura 2. 10 Diseño de tapa para ventilador.



Tapa o sellador acoplado en el ventilador de succión de aire caliente. a) Vista Frontal b) Vista lateral  
c) Vista superior d) Vista inferior.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

## 2.8 Flujograma de programación

Una vez desarrollado el diseño del Hardware también es necesario crear los flujogramas para entender el funcionamiento del circuito, es decir, la lógica que tendrá la programación en cada una de las tarjetas programables y en la comunicación desde la cámara hacia el Arduino así mismo como en la adquisición y procesamiento de los datos que se enviarán vía radio frecuencia. A continuación, se muestra los diagramas de flujo.



### 2.8.1 Accionamiento del sistema

Figura 2. 11 Lógica del accionamiento de la visión artificial.

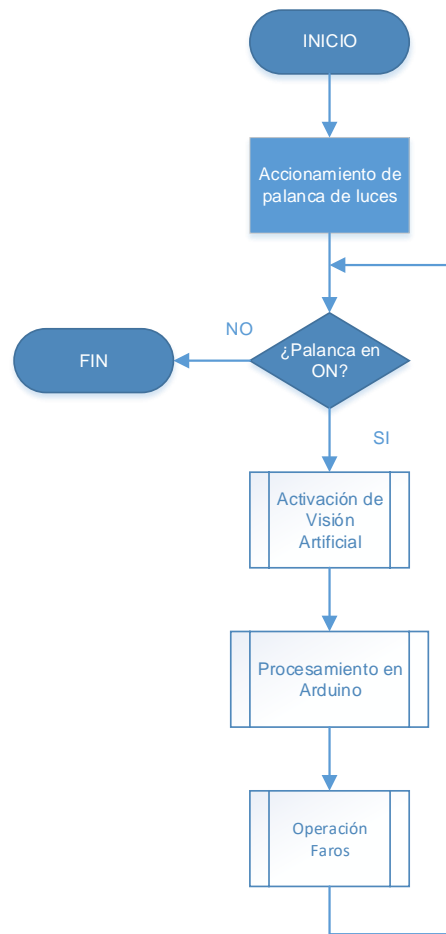


Diagrama de flujo de la activación del proceso de visión artificial.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

La lógica que tiene el diagrama de flujo de la Figura 2.11, inicia con el accionamiento de la palanca de encendido de las luces guías que trae el vehículo en su versión original, el cual activará la parte de control del sistema de visión artificial y de cada faro, el accionamiento de las luces de carretera tanto bajas como altas, no tuvo que ser modificado, al activar las luces bajas, sólo inicia las mismas a la máxima luminosidad para tener una iluminación constante, mientras que al encender las luces altas, entra el control mediante visión artificial y las luces bajas permanecen encendidas igualmente.

## 2.8.2 Visión Artificial

Figura 2. 12 Diagrama de flujo de visión artificial.

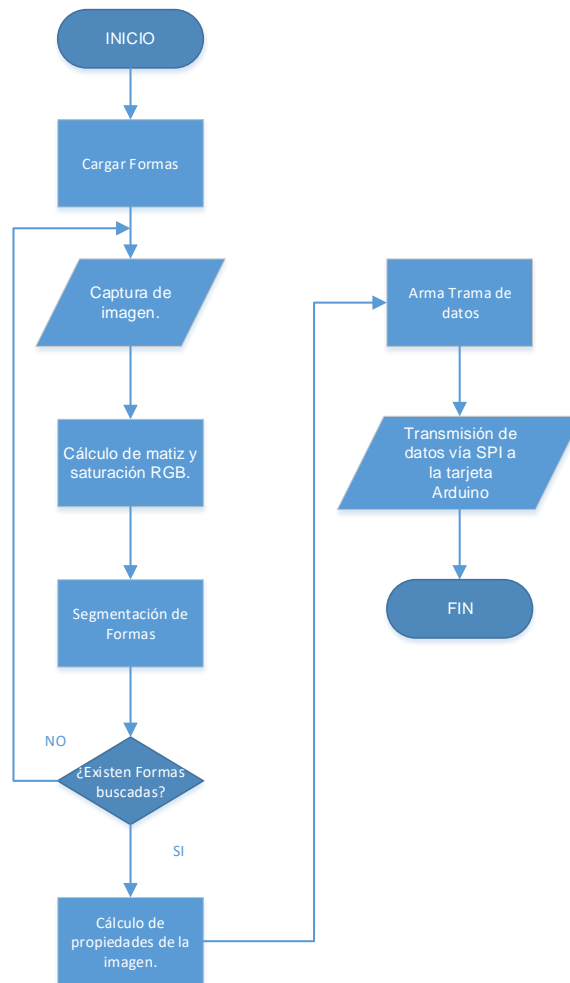


Diagrama de funcionamiento lógico de la visión artificial.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

En la Figura 2.12 el diagrama de flujo de la Visión Artificial que realizará la cámara PIXY CMUCAM5 tiene como inicio la captura de imágenes sucesivas y a cada una de estas se realiza posteriormente un cálculo del matiz y la saturación para definir los valores a ser detectados, consecutivamente se realizan la segmentación de los valores para el reconocimiento de los valores buscados, finalmente crear una trama de datos que contiene las propiedades de la forma como, ubicación X y Y, alto, ancho, tipo de forma y la cantidad de las mismas encontradas, la trama se conforma como se muestra en la Figura 2.13.

Figura 2. 13 Trama de datos de la cámara PIXY CMUCAM5.

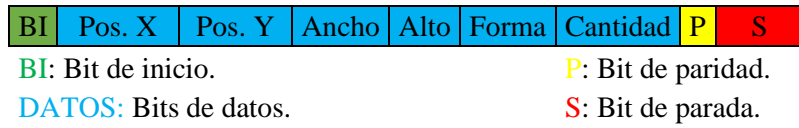
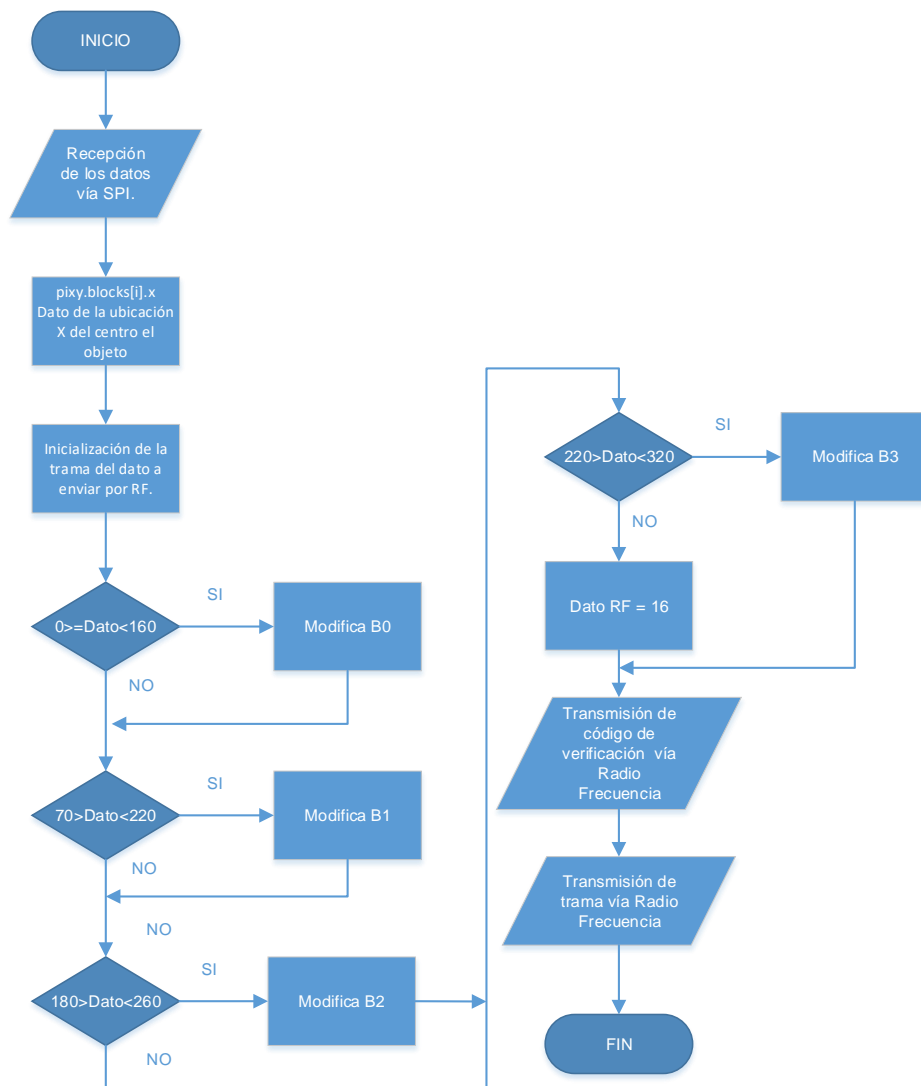


Diagrama de funcionamiento lógico de la visión artificial.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

### 2.8.3 Procesamiento en Arduino nano (cámara)

Figura 2. 14 Diagrama de flujo de procesamiento Arduino.



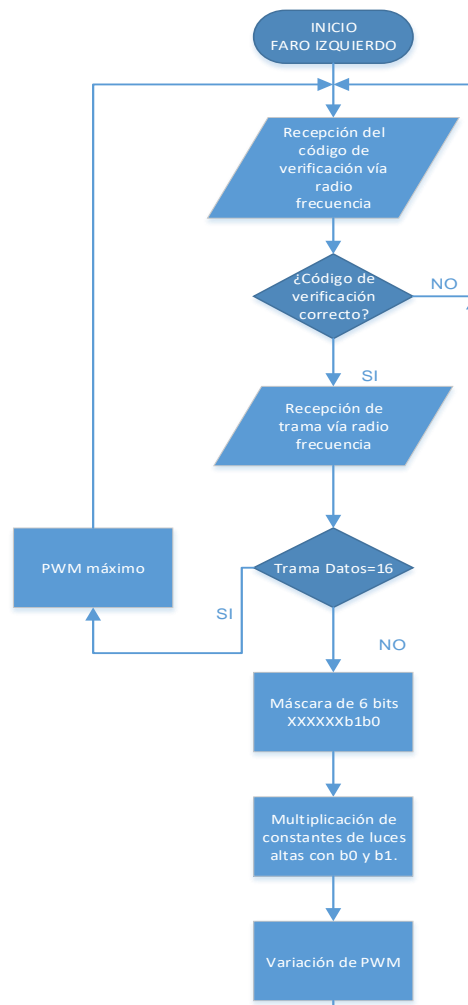
Lógica de funcionamiento del controlador de la cámara de visión artificial.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

La Lógica del Flujograma de la Figura 2.14, inicia con la adquisición de todos los datos que fueron enviados vía SPI, el dato de interés es la posición de la luz detectada en el eje X. Una vez identificado este valor de la posición entrará la condición de rangos en el eje para generar una trama la cual se transmitirá vía radiofrecuencia hacia los receptores que se encuentran en los faros del automóvil. El bit0 y el bit1 son los bits que corresponden al faro izquierdo, mientras que el bit2 y bit3 corresponden al derecho, si el valor del bit es 1 lógico las luces cambian de luces bajas a luces altas mientras que el valor del bit es 0 lógico, las luces cambian de altas a bajas respectivamente.

#### 2.8.4 Procesamiento en Arduino en cada Faro

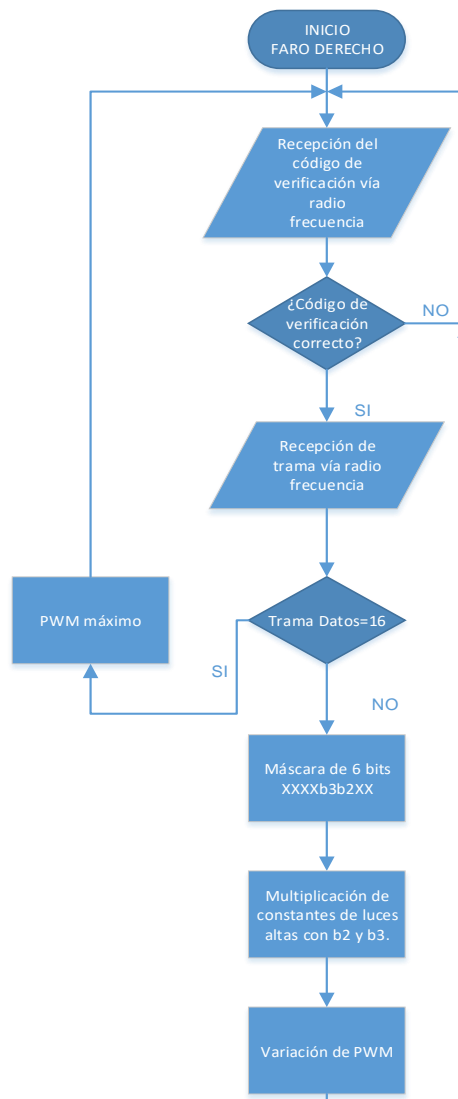
Figura 2. 15 Diagrama de flujo del faro izquierdo.



Lógica de funcionamiento del faro izquierdo.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

Figura 2. 16 Diagrama de flujo del faro derecho.



Lógica de funcionamiento del faro derecho.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

Finalmente, en la Figura 2.15 la lógica que tiene el diagrama de flujo del Arduino en cada uno de los faros del vehículo inicia con la adquisición de los datos proporcionados anteriormente donde se encuentra primero un byte de verificación para evitar posibles lecturas de otros transmisores ya que la frecuencia utilizada es libre y un segundo byte que si es igual a 16, las luces se encienden al máximo y si se encuentra entre los valores de 1 a 15 realiza un enmascaramiento de 6 bits, los bits 0 y 1 corresponden al faro izquierdo mientras que los bits 2 y 3 representan al faro derecho.

## **CAPÍTULO 3**

### **IMPLEMENTACIÓN**

En este capítulo se detalla el proceso de implementación de los faros LEDs, como la modificación del faro original del automóvil AVEO, sistema de alimentación del vehículo para la cámara y sistema de control de cada faro, montaje de ventilación y de la matriz LED, así como también la instalación del soporte de la cámara en el parabrisas.

#### **3.1 Modificación del faro original**

El faro original del automóvil Chevrolet AVEO tiene varias partes que necesitan ser modificadas para realizar su instalación, también se retiraron accesorios innecesarios como el reflector interno del faro y sus sujetadores ya que en este espacio se colocará el nuevo diseño de matriz LED con su respectivo controlador. En la Figura 3.1 se muestra el faro original:

Figura 3. 1 Faro Original Chevrolet AVEO



Vista frontal de faro Derecho.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

Se calentó el contorno del faro a una temperatura aproximada de 60° centígrados, para retirar el protector delantero del faro y tener mayor accesibilidad a su interior,

posteriormente se hizo un corte en la parte trasera del faro, donde se adaptará el ventilador extractor de aire y por donde va a ser ingresada la matriz LED y su controlador. En la Figura 3.2 se identifica el corte en la parte posterior del faro y sus modificaciones.

Figura 3. 2 Faro modificado.



Vista frontal del faro modificado, matriz de LED's 2x2 y tapa posterior.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

### **3.2 Acople de sistema de refrigeración de los faros**

La matriz LED está en una base con ocho grados de abertura para ganar área de iluminación en la calzada, los soportes de los LED's están sujetos a la base del faro con silicona que soporta temperaturas de hasta 320° centígrados, la temperatura máxima a la que está sujeto el faro sin encender y en condiciones de sol y encendido el automóvil es de máximo 50° centígrados, mientras que en las mismas condiciones y encendido los faros, pueden llegar hasta los 70° como máximo, en condiciones normales que son en la noche y encendido los faros da una temperatura máxima de 40° centígrados. En la Figura 3.3 se observa el ventilador extractor de aire del faro.

Figura 3. 3 Extractor de aire del faro izquierdo.



Tapa trasera del faro, modificado para el extractor de aire.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

Se realizaron perforaciones en la parte inferior del faro para la sujeción del controlador de los LED's y para la refrigeración del mismo, permitiendo el ingreso de aire del ambiente, también se instalaron sockets de dos, tres y cuatro servicios, el primero de dos servicios se utilizó para la conexión del extractor de aire, el socket de tres servicios se lo instaló para la alimentación de potencia de los faros LED's donde constan de 12 voltios de corriente continua o DC para luces altas, 12 voltios DC para luces bajas y tierra o GND, finalmente el socket de 4 servicios sirve para la alimentación de la parte de control y ventilación de cada faro al igual que la etapa de adquisición de datos de la cámara. El orden de encendido del faro permite inicializar estas etapas, antes que las luces de carretera ya que las luces guías se encienden primero, energizando estas primeras etapas para posteriormente encender la etapa de potencia donde se energiza los LED's de altas y bajas.

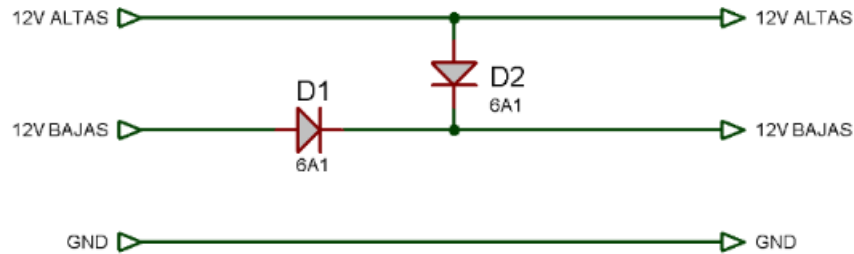
### **3.3 Circuito de polarización de luces altas y bajas**

En el diseño original del vehículo, el cambio de luces de altas a bajas se hacen conmutando el Socket de tres servicios, al momento de estar en luces bajas, el servicio de luces altas esta desconectado y viceversa, en el diseño de la matriz LED se utiliza un par de diodos como se observa en la Figura 3.4, para que al cambiar de luces bajas a altas, las luces medias no queden sin alimentación, evitando el apagado total o



transitorio del cambio de estado al atenuarse la luz de los faros cuando existan cambios de iluminación en la carretera.

Figura 3. 4 Diodos para alimentación de las luces bajas.



Circuito de alimentación para la etapa de potencia.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

### 3.4 Conexión completa de faro Smart

En la Figura 3.5 se observa la ubicación del controlador en la parte posterior de la matriz LED, al igual que las conexiones de alimentación de la etapa de control como también la conexión de un socket de nueve servicios los mismos que sirven para conectar a cada uno de los LED's de manera independiente con la etapa de control, cabe destacar que las luces bajas están en conexión paralela y las luces altas están independientemente.

Figura 3. 5 Controlador para las luces altas y bajas.



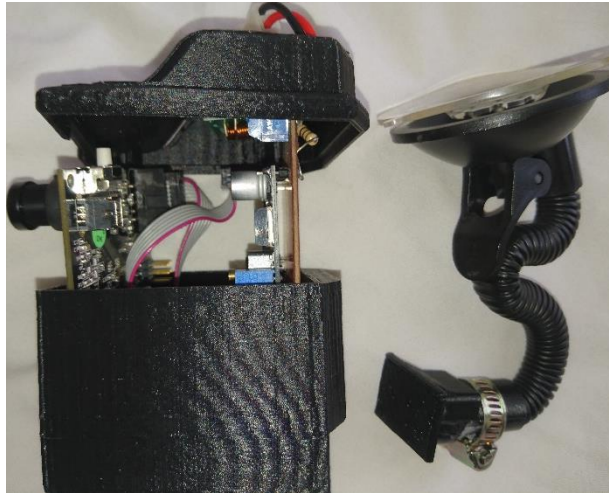
Conexiones de alimentación, control para la matriz LED y sujeción de la etapa de control mediante tornillo.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

### 3.5 Instalación del compartimiento de la cámara en el vehículo

En la Figura 3.6 se muestra la instalación de la cámara en el automóvil, consta de la caja para la cámara, arduino nano, el regulador de voltaje, transmisor de radio frecuencia, así como también el soporte de succión para el parabrisas.

Figura 3. 6 Caja y soporte para la cámara y su controlador.



Conexiones de la cámara con arduino y su soporte para el parabrisas.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

## CAPÍTULO 4

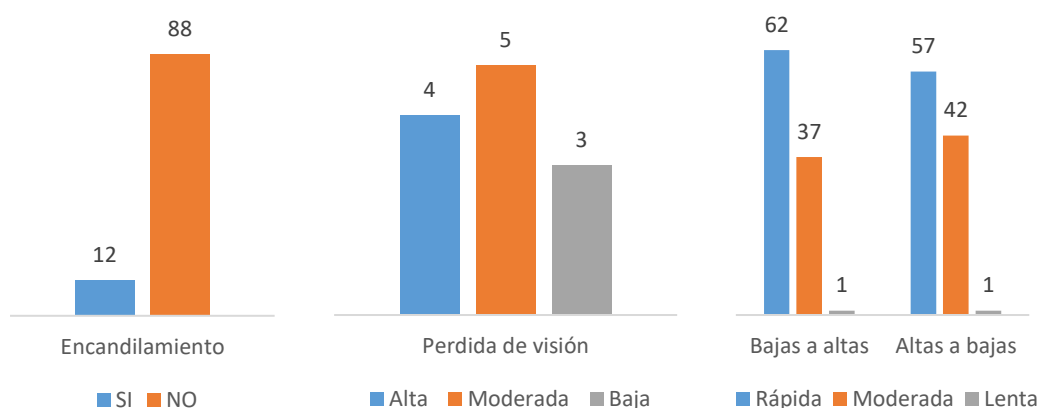
### RESULTADO DE ENCUESTAS

En éste capítulo se analizarán los resultados de cada una de las preguntas que se realizaron en las encuestas a una cantidad de cien personas para validar el proyecto y finalmente comprobar si los objetivos del mismo se cumplieron.

#### 4.1 Análisis de resultados cuando la persona se encuentra conduciendo el auto sin la matriz Smart

En la Figura 4.1 con un total de cien personas encuestadas, los resultados son favorables para el proyecto, con un 88% de aceptación, ya que las luces Smart no encandilan y con un 12% de personas que les encandiló, donde el 4% tiene una alta incidencia de luz, un 5% una apreciación moderada y un 3% con encandilamiento bajo, además el cambio de luces de altas a bajas con un 62% su velocidad fue alta, un 37% moderada finalmente un 1% baja, mientras que el cambio de luces de bajas a altas tienen una apreciación del 57% rápida, otro 42% moderada y un 1% bajo, lo cual indica que su velocidad de accionamiento es buena, evitando el encandilamiento y el deslumbramiento de los conductores involucrados.

Figura 4. 1 Tabulación de datos de las primeras cuatro preguntas.



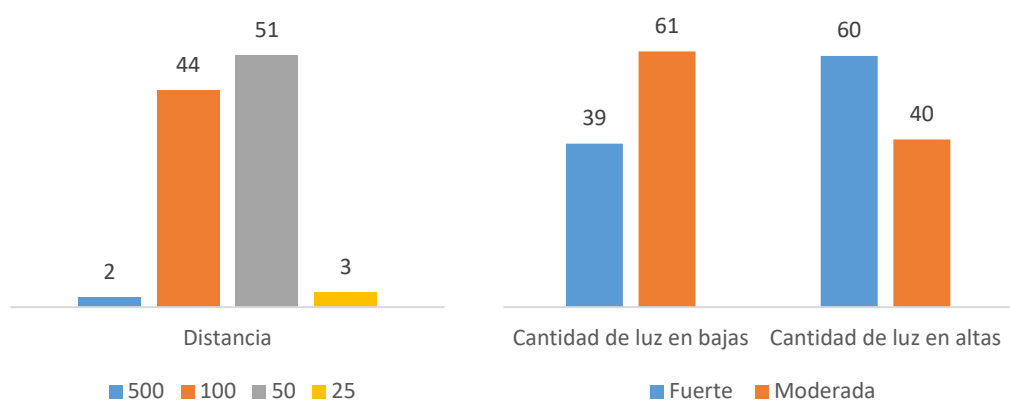
Tabulación de datos de cien personas encuestadas.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

La distancia de accionamiento de las luces led tiene como resultado un 2% que se activaron aproximadamente a 500 metros, mientras que un 44% estima a 100 metros, otro 51% observaron el cambio a 50 metros y finalmente un 3% a escasos 25 metros, los resultados tienen una gran variación por el tipo de carretera donde se realizaron las

pruebas, que en su mayoría se efectuó en una carretera recta de más de 150 metros, mientras que las siguientes variaron como se observa en las respuestas en la Figura 4.2, otro resultado en la cantidad de luz emitida por el faro LED, donde en bajas es un 39% fuerte y otro 61% moderada y en altas un 60% fuertes y otro 40% moderada, lo cual indica una buena iluminación tanto en bajas como en altas, el fácil manejo del sistema Smart tiene un 78% de aprobación, mientras que otro 22% establece que el accionamiento es normal.

Figura 4. 2 Tabulación de datos, distancia y cantidad de luz.

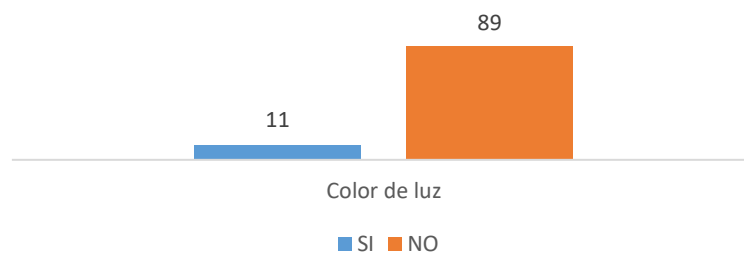


Tabulación de datos de cien personas encuestadas.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

El color de las luces LED tiene una buena aceptación con un 89%, mientras que otro 11% dicen que se necesitaría cambiar de color a la luz y en cuanto a la cantidad de luminosidad un 82% aciertan que no es necesario el aumento de las mismas, mientras que otro 18% considera el aumento de la luz como se muestra en la Figura 4.3.

Figura 4. 3 Tabulación de datos, color de luz.



Tabulación de datos de cien personas encuestadas.

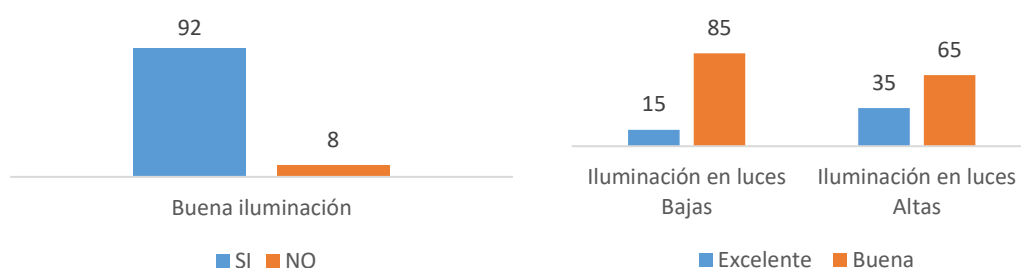
Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

## 4.2 Análisis de resultados cuando las personas conducen el auto con la matriz Smart

Al igual que el análisis citado en el punto 4.1 los resultados de las personas que condujeron el auto con el sistema de la matriz de Led's son prometedores y positivos para el proyecto. A continuación, se muestra el análisis de los resultados obtenidos.

En la Figura 4.4 se puede apreciar que 92 de las personas encuestadas estiman una buena iluminación, así mismo la cantidad de luz que posee en luces bajas se tiene un 15% de apreciación excelente y otro 85% de visión buena, mientras tanto en luces altas se tiene un 35% de excelente iluminación y el otro 65% la califican buena.

Figura 4. 4 Tabulación de datos, iluminación altas y bajas.

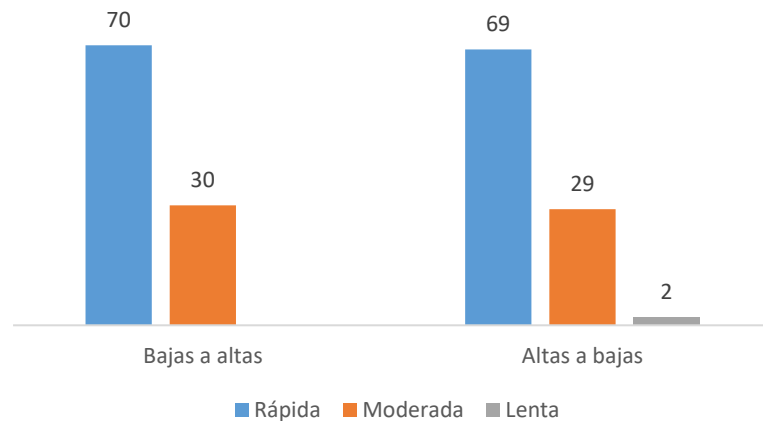


Tabulación de datos de cien personas encuestadas.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

La apreciación de las personas encuestadas al cambio de luces altas a bajas es de un 70% para cambio rápido y un 30% para un cambio moderado, y el cambio de luces altas a bajas es de un 69% rápida, un 29% moderada y un 2% lenta como se muestra en la Figura 4.5

Figura 4. 5 Tabulación de datos, velocidad de accionamiento.

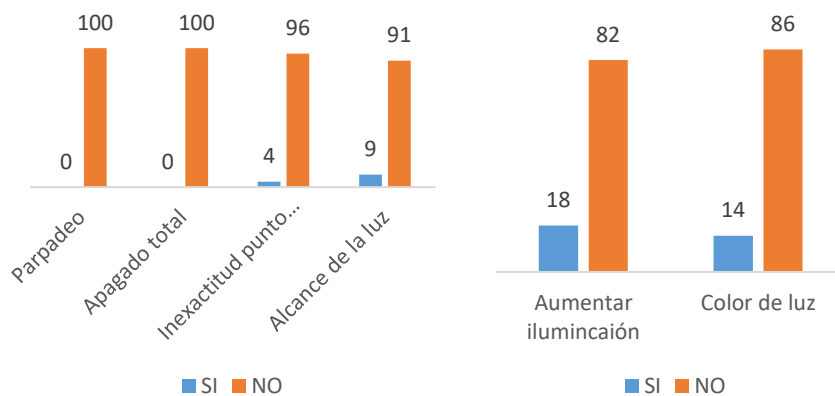


Tabulación de datos de cien personas encuestadas.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

Dentro de las preguntas sobre fallos en el sistema se tiene un promedio del 96.75% como se muestra en la Figura 4.6 que aseguraron que no existen problemas con el proyecto instalado en el automóvil. Al realizar preguntas sobre sugerencias para la modificación del proyecto se tiene un promedio del 84% que aprueban que no necesita mayor cambio en lo ya diseñado e implementado.

Figura 4. 6 Tabulación de datos, fallos del sistema.

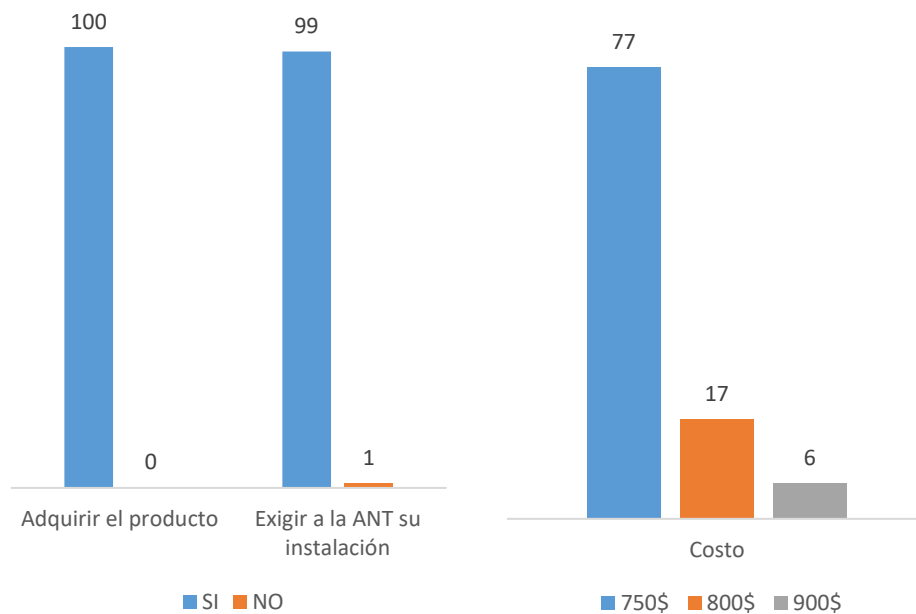


Tabulación de datos de cien personas encuestadas.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

En la Figura 4.7 el 100% de las personas encuestadas están dispuestas a adquirir el producto para ser instalado en su automóvil, pero con una inversión máxima de 750\$ como lo plasmaron 77% personas y así mismo se tiene una gran aceptación para exigir a la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) que el producto sea adquirido para disminuir los accidentes por el encandilamiento de los conductores.

Figura 4. 7 Tabulación de datos, exigencia a ANT, costo.

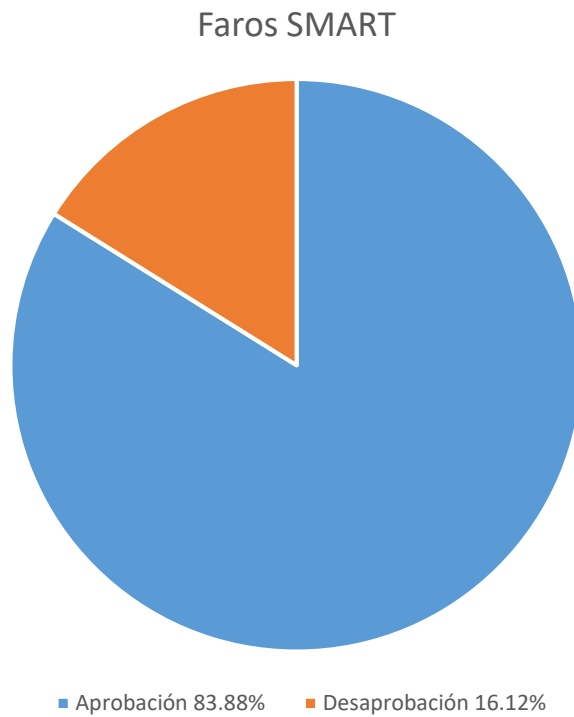


Tabulación de datos de cien personas encuestadas.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

En la Figura 4.8, se muestra un promedio de las respuestas afirmativas y negativas de toda la encuesta tomando en cuenta que las de mayor ponderación son las respuestas positivas y las de menor las respuestas no afirmativas.

Figura 4. 8 Promedio total de las encuestas.



Porcentaje de aprobación del proyecto.

Autores: Romero Ricardo, Ortiz Arturo.

Apresiasi así que el proyecto tiene una aceptación mayoritaria para ser instalado e implementado en la mayoría de automóviles con un promedio del 83,88% y un 16,12% de la desaprobación tomando en cuenta los factores antes mencionados en los análisis de las dos encuestas anteriores.

La tabulación de toda la información mostrada en éste capítulo correspondiente al análisis de las encuestas realizadas se puede observar en el ANEXO 1.



## CONCLUSIONES

Se logró controlar la luminosidad de los faros modificados del Chevrolet Aveo gracias a la programación desarrollada mediante visión artificial, evitando así el encandilamiento de los conductores ya que un 88% de las personas que realizaron las encuestas no sufrieron de este fenómeno visual.

Se elaboró una sustentación teórica logrando así comprender como se comporta la visión humana y los efectos que sufren los ojos al recibir luz directa conocido como encandilamiento, esto permitió buscar y encontrar ángulos en base de ensayo y error ya que ayudaron a disminuir este problema como es el caso de los concentradores de luz y la inclinación de las bases que sostiene a los diodos LED.

Se estudió el sistema de iluminación del automóvil Chevrolet Aveo observando que posee un limitante para la implementación del proyecto ya que al accionar la palanca para el encendido de las luces altas automáticamente es desconectada las luces bajas, mientras que se necesitaba tener activadas las luces bajas y altas para no perder luminosidad, después de un estudio y diseño electrónico se logró activar las luces intensas y medias con una configuración simple de Diodos 6A6 MIC que se muestra en la Figura 3.4.

El sistema que controla los faros mediante visión artificial implementado es adecuado para controlar la luminosidad de la matriz de Led's donde el dato es enviado a cada uno de los faros dependiendo del ambiente y regulando los niveles de intensidad de luz en la carretera evitando el encandilamiento y el deslumbramiento a los conductores involucrados esto se demuestra en la Figura 4.1 que da un porcentaje de aceptación del 88%.

La implementación del proyecto se dio eliminando el concentrador de luz original de cada uno de los faros y cambiándolos por la matriz de Led's, donde se realizaron pruebas para establecer los ángulos de separación de cada uno de éstos para distribuir de manera eficiente la luz disipada por la matriz de Led's y tener una iluminación con múltiple enfoque para aumentar el área iluminada en la carretera, no se modificó ninguna clase de accionamiento extra al original del vehículo y tan sólo se necesitó un cableado adicional para la alimentación del controlador de la cámara, esto está reflejado en el manejo del sistema que con un 78% aprueban un fácil accionamiento y otro 22% asegura que es normal.

Los índices de aceptación del sistema son de un 88% de cien personas que no resultaron encandiladas, donde otro 92% tienen una mejora en la iluminación cuando está conduciendo el auto con la matriz Led's y un 100% estaría de acuerdo en instalarlo en su propio vehículo, al igual el sistema no presenta fallas como parpadeo o apagado total de los faros y su punto focal tiene una aceptación del 96%, con un promedio del total de las encuestas, tiene una aprobación del 83.88% del sistema, dando la calificación buena del proyecto cumpliendo con los objetivos antes planteados.

## REFERENCIAS

- Agarwal, T. (21 de Mayo de 2016). *Quora* . Obtenido de Quora:  
<https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-the-Arduino-Nano-and-the-Arduino-Uno>
- Arduino. (16 de Octubre de 2013). *Aprendiendo Arduino*. Obtenido de  
<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/03/28/arduino-vs-raspberry-pi/>
- CEA. (20 de Febrero de 2017). *CEA Seguridad Vial*. Obtenido de CEA Seguridad Vial:  
<https://www.seguridad-vial.net/conduccion/seguridad-en-la-circulacion/129-la-vision-en-la-conduccion>
- Etitudela. (11 de Octubre de 2017). *Vision Artificial*. Obtenido de Visión Artificial:  
<http://www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf>
- Glare, P. (18 de Enero de 2010). *Poster Glare*. Obtenido de  
[https://www.noao.edu/education/QLTkit/es/Glare\\_Activity\\_and\\_Poster/Poster\\_Glare\\_es.pdf](https://www.noao.edu/education/QLTkit/es/Glare_Activity_and_Poster/Poster_Glare_es.pdf)
- Gtocomas. (18 de Junio de 2012). *alojamientos*. Obtenido de alojamientos:  
<http://alojamientos.us.es/gtocomas/pid/tema4.pdf>
- Herrera, L. (18 de Noviembre de 2014). *Centroides de figuras planas*. Obtenido de  
<http://larryherreracentroide.blogspot.com/>
- Nave, O. (13 de Octubre de 2012). *HyperPhysics*. Obtenido de  
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/vision/lumpow.html>
- Qualitas. (2 de Febrero de 2010). *Qualitas Auto*. Obtenido de Qualitas Auto:  
<https://www.qualitasauto.com/guias/luces-coche/>
- Superficial, T. d. (11 de Octubre de 2017). *Tecnología de Montaje Superficial*.  
Obtenido de <https://tecnologiademontajesuperficial.es.tl/LED-SMD.htm>
- XATAKA. (18 de Julio de 2011). *XATAKA*. Obtenido de XATAKA:  
<https://www.xataka.com/automovil/sistemas-de-iluminacion-avanzados-en-coches>

## ANEXO 1

### Encuesta de satisfacción del producto

#### Matriz Led Smart en faros AVEO.

#### Encuesta 1 (persona en auto sin matriz Smart).

Marque con una X según corresponda:

Numero de pregunta	Pregunta	Respuestas Cualitativas y cuantitativas
<b>1</b>	¿Cuándo conduce en dirección contraria al auto con la matriz Smart de leds, sufrió de encandilamiento?	<b>SI</b> ____ <b>NO</b> ____
<b>2</b>	¿Si su respuesta fue afirmativa a la pregunta anterior la pérdida de visión que sufrió fue?	<b>Muy alta</b> ____ <b>Alta</b> ____ <b>Moderada</b> ____ <b>Baja</b> ____ <b>Muy baja</b> ____
<b>3</b>	¿Al rebasar al auto con la matriz Smart de leds, el cambio de luces de bajas a altas fue?	<b>Rápida</b> ____ <b>moderada</b> ____ <b>Lenta</b> ____
<b>4</b>	¿Al dirigirse al auto con la matriz Smart de leds, la velocidad de cambio de altas a bajas considera?	<b>Rápida</b> ____ <b>moderada</b> ____ <b>Lenta</b> ____
	<b>Según su apreciación:</b>	
<b>5</b>	¿Cuándo conduce en dirección contraria al auto con la matriz Smart de leds, a que distancia aproximadamente notó el accionamiento de luz alta a baja?	<b>500mtrs</b> ____ <b>100mtrs</b> ____ <b>50mtrs</b> ____ <b>25mtrs</b> ____ <b>15mtrs</b> ____ <b>10mtrs</b> ____
<b>6</b>	¿La cantidad de luz por parte del auto con la matriz Smart de leds en bajas es?	<b>Fuerte</b> ____ <b>moderada</b> ____ <b>Baja</b> ____
<b>7</b>	¿La cantidad de luz por parte del auto con la matriz Smart de leds en altas es?	<b>Fuerte</b> ____ <b>moderada</b> ____ <b>Baja</b> ____
<b>8</b>	¿El color de la luz que emite el auto con la matriz Smart de leds afecta en su visibilidad?	<b>SI</b> ____ <b>NO</b> ____
<b>9</b>	¿Considera que se podría aumentar la luz que emiten los faros con la matriz Smart de leds?	<b>SI</b> ____ <b>NO</b> ____
<b>10</b>	¿Considera que se debe cambiar el color de la luz emitida por la matriz Smart de leds?	<b>SI</b> ____ <b>NO</b> ____
<b>11</b>	¿Estaría dispuesto/a adquirir el producto para ser instalado en su vehículo?	<b>SI</b> ____ <b>NO</b> ____
<b>12</b>	¿Exigiría a la ANT para que este sistema sea instalado en todos los vehículos, para disminuir el riesgo de provocar accidentes por el encandilamiento de la luz hacia los ojos?	<b>SI</b> ____ <b>NO</b> ____
<b>13</b>	¿Cuál sería el costo que estaría dispuesto/a a pagar por la matriz Smart de leds?	<b>750\$</b> ____ <b>800\$</b> ____ <b>900\$</b> ____

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Respuestas													
1	NO		Rápida	Rápida	100	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
2	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	800
3	NO		Mode.	Mode.	25	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
4	NO		Rápida	Rápida	25	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
5	SI	Alta	Rápida	Mode.	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
6	NO		Rápida	Mode.	100	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
7	NO		Mode.	Mode.	50	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
8	SI	Mode.	Rápida	Rápida	50	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
9	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
10	NO		Rápida	Rápida	100	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
11	NO		Mode.	Mode.	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
12	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
13	SI	Baja	Rápida	Rápida	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
14	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
15	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	800
16	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
17	NO		Mode.	Mode.	500	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
18	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
19	NO		Rápida	Rápida	50	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
20	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
21	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
22	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
23	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
24	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
25	NO		Rápida	Mode.	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
26	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
27	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
28	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
29	NO		Rápida	Rápida	25	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	800
30	NO		Rápida	Rápida	100	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
31	SI	Alta	Rápida	Rápida	50	Fuerte	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
32	SI	Alta	Mode.	Mode.	100	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	800
33	SI	Alta	Lenta	Lenta	50	Fuerte	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	900
34	NO		Rápida	Rápida	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
35	NO		Mode.	Rápida	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
36	NO		Rápida	Rápida	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	900
37	NO		Mode.	Mode.	50	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
38	NO		Rápida	Rápida	500	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	900
39	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	800
40	NO		Rápida	Mode.	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	800
41	SI	Mode.	Mode.	Mode.	50	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
42	NO		Mode.	Mode.	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
43	NO		Rápida	Rápida	50	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
44	NO		Mode.	Mode.	50	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
45	NO		Mode.	Mode.	100	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
46	NO		Mode.	Mode.	50	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750

47	NO		Mode.	Rápida	100	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
48	NO		Rápida	Mode.	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	800
49	NO		Rápida	Rápida	100	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
50	NO		Rápida	Rápida	50	Fuerte	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	800
51	SI	Mode.	Rápida	Rápida	50	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	800
52	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
53	NO		Mode.	Mode.	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
54	NO		Mode.	Mode.	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
55	NO		Mode.	Mode.	100	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
56	NO		Mode.	Mode.	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
57	SI	Baja	Mode.	Mode.	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
58	NO		Rápida	Rápida	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
59	NO		Mode.	Mode.	100	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	900
60	NO		Mode.	Mode.	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
61	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	800
62	NO		Rápida	Rápida	50	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
63	NO		Rápida	Mode.	100	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	800
64	NO		Rápida	Mode.	100	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	800
65	NO		Mode.	Mode.	50	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
66	NO		Mode.	Mode.	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
67	NO		Rápida	Rápida	50	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
68	NO		Mode.	Mode.	50	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
69	NO		Mode.	Mode.	100	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
70	NO		Mode.	Mode.	50	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
71	NO		Mode.	Rápida	100	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
72	NO		Rápida	Mode.	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	800
73	NO		Rápida	Rápida	100	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
74	NO		Rápida	Rápida	50	Fuerte	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	800
75	NO		Rápida	Rápida	50	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	800
76	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
77	NO		Mode.	Mode.	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
78	SI	Mode.	Mode.	Mode.	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
79	NO		Mode.	Mode.	100	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
80	NO		Mode.	Mode.	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
81	SI	Baja	Mode.	Mode.	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
82	NO		Rápida	Rápida	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
83	NO		Mode.	Mode.	100	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	900
84	NO		Mode.	Mode.	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
85	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
86	NO		Rápida	Rápida	50	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
87	NO		Rápida	Mode.	100	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	900
88	NO		Rápida	Mode.	100	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	800
89	NO		Rápida	Rápida	100	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
90	NO		Rápida	Rápida	100	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
91	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
92	NO		Mode.	Rápida	100	Mode.	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
93	SI	Mode.	Rápida	Rápida	100	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
94	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	800

95	NO		Rápida	Rápida	50	Fuerte	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
96	NO		Rápida	Rápida	50	Fuerte	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
97	NO		Mode.	Mode.	50	Fuerte	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
98	NO		Mode.	Mode.	50	Fuerte	Mode.	SI	SI	SI	SI	SI	750
99	NO		Rápida	Rápida	50	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750
100	NO		Mode.	Rápida	100	Mode.	Fuerte	SI	SI	SI	SI	SI	750

Encuesta 1

Preguntas		Numero de presonas:		100	
		SI	NO		
1	¿Cuándo conduce en dirección contraria al auto con la matriz Smart de leds, sufrió de encandilamiento?	12	88		
		MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA
2	¿Si su respuesta fue afirmativa a la pregunta anterior la pérdida de visión que sufrió fue?	0	4	5	3
		RAPIDA	MODERADA	LENTA	
3	¿Al rebasar al auto con la matriz Smart de leds, el cambio de luces de bajas a altas fue?	62	37	1	
		RAPIDA	MODERADA	LENTA	
4	¿Al dirigirse al auto con la matriz Smart de leds, la velocidad de cambio de altas a bajas considera?	57	42	1	

**Según su apreciación:**

METROS		500	100	50	25
5	¿Cuándo conduce en dirección contraria al auto con la matriz Smart de leds, a que distancia aproximadamente notó el accionamiento de luz alta a baja?	2	44	51	3

		FUERTE	MODERADA	BAJA
6	¿La cantidad de luz por parte del auto con la matriz Smart de leds en bajas es?	39	61	0
		FUERTE	MODERADA	BAJA
7	¿La cantidad de luz por parte del auto con la matriz Smart de leds en altas es?	60	40	0
		SI	NO	
8	¿El color de la luz que emite el auto con la matriz Smart de leds afecta en su visibilidad?	11	89	
		SI	NO	
9	¿Considera que se podría aumentar la luz que emiten los faros con la matriz Smart de leds?	18	82	
		SI	NO	
10	¿Considera que se debe cambiar el color de la luz emitida por la matriz Smart de leds?	14	86	
		SI	NO	
11	¿Estaría dispuesto/a adquirir el producto para ser instalado en su vehículo?	100	0	
		SI	NO	
12	¿Exigiría a la ANT para que este sistema sea instalado en todos los vehículos, para disminuir el riesgo de provocar accidentes por el encandilamiento de la luz hacia los ojos?	99	1	
	USD	750\$	800\$	900\$
13	¿Cuál sería el costo que estaría dispuesto/a a pagar por la matriz Smart de leds?	77	17	6



## Encuesta2 (persona en auto con matriz Smart).

Marque con una X según corresponda:

Numero de pregunta	Pregunta	Respuestas Cualitativas y cuantitativas
1	¿Cuándo conduce en dirección contraria al auto sin la matriz Smart de leds, tiene buena iluminación?	SI___ NO___
2	¿La cantidad de iluminación que tiene con luces bajas es?	excelente___ buena___ mala___
3	¿La cantidad de iluminación que tiene con luces altas es?	excelente___ buena___ mala___
4	¿Al rebasar al auto sin la matriz Smart de leds, el cambio de luces de bajas a altas tuvo una reacción?	Rápida___ moderada___ Lenta___
	<b>Según su apreciación:</b>	
5	¿El cambio de luces altas a bajas al aproximarse el auto que no posee la matriz Smart de leds es?	Rápida___ moderada___ Lenta___
6	¿El manejo del sistema Smart de la matriz de leds es?	Difícil___ normal___ fácil___
7	¿Observó fallas como parpadeo de los leds?	SI___ NO___
8	¿Observó fallas como apagado total de los faros?	SI___ NO___
9	¿Observó fallas como inexactitud del punto focal de la luz?	SI___ NO___
10	¿Observó fallas como el alcance de la luz?	SI___ NO___
11	¿La reacción al cambio de la luz del sistema en el auto en el que conduce es?	Favorable___ normal___ desfavorable___
12	¿Considera que se puede aumentar la iluminación en la matriz Smart de leds?	SI___ NO___
13	¿Considera que se debe cambiar el color de la luz emitida por la matriz Smart de leds?	SI___ NO___
14	¿Estaría dispuesto/a en adquirir el producto para ser instalado en su vehículo?	SI___ NO___
15	¿Exigiría a la ANT para que este sistema sea instalado en todos los vehículos, para disminuir el riesgo de provocar accidentes por el encandilamiento de la luz hacia los ojos?	SI___ NO___
16	¿Cuál sería el costo que estaría dispuesto/a a pagar por la matriz Smart de leds?	750\$___ 800\$___ 900\$___

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Respuestas																
1	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	800
2	SI	Exe.	Exe.	Ráp.	Mod.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
3	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
4	SI	Bue.	Exe.	Mod.	Mod.	Norm	NO	NO	NO	SI	Favo.	SI	SI	SI	SI	750
5	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Lenta	Norm	NO	NO	NO	NO	Favo.	SI	NO	SI	SI	750
6	SI	Bue.	Bue.	Mod.	Ráp.	Norm	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
7	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Norm	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
8	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Mod.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	800
9	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
10	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
11	SI	Bue.	Bue.	Mod.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
12	SI	Exe.	Exe.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	SI	NO	SI	SI	750
13	NO	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
14	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Norm	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
15	NO	Bue.	Exe.	Ráp.	Mod.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
16	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
17	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
18	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
19	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	SI	Norm	NO	NO	SI	SI	750
20	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Norm	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	SI	SI	SI	750
21	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Norm	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
22	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Norm	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
23	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
24	SI	Bue.	Bue.	Mod.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
25	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Mod.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
26	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Mod.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
27	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	SI	SI	SI	750
28	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
29	SI	Exe.	Exe.	Mod.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	SI	SI	SI	SI	750
30	SI	Bue.	Bue.	Mod.	Mod.	Norm	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	SI	SI	SI	800
31	SI	Exe.	Exe.	Ráp.	Ráp.	Norm	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
32	SI	Bue.	Bue.	Mod.	Lenta	Norm	NO	NO	NO	NO	Favo.	SI	SI	SI	SI	900
33	SI	Bue.	Bue.	Mod.	Mod.	Norm	NO	NO	NO	NO	Norm	SI	SI	SI	SI	900
34	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Mod.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	SI	SI	SI	SI	750
35	SI	Exe.	Exe.	Mod.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
36	SI	Exe.	Exe.	Mod.	Mod.	Norm	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	NO	750
37	SI	Bue.	Bue.	Mod.	Mod.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	SI	SI	SI	SI	900
38	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	SI	NO	SI	SI	800
39	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Mod.	Fácil	NO	NO	SI	SI	Favo.	SI	SI	SI	SI	800
40	SI	Bue.	Exe.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	900
41	SI	Bue.	Exe.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	900
42	SI	Bue.	Exe.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
43	SI	Bue.	Exe.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
44	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
45	SI	Bue.	Exe.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
46	SI	Bue.	Exe.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	SI	Norm	NO	NO	SI	SI	750
47	SI	Bue.	Exe.	Mod.	Mod.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	SI	NO	SI	SI	800
48	SI	Bue.	Exe.	Mod.	Mod.	Norm	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
49	SI	Exe.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	800

50	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	SI	SI	SI	800
51	SI	Exe.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	800
52	NO	Exe.	Exe.	Ráp.	Mod.	Norm	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
53	SI	Exe.	Exe.	Mod.	Mod.	Norm	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
54	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
55	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
56	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	SI	SI	Norm	SI	NO	SI	SI	750
57	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
58	NO	Bue.	Exe.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
59	SI	Bue.	Exe.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
60	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Mod.	Norm	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
61	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	SI	NO	SI	SI	800
62	SI	Bue.	Bue.	Mod.	Mod.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
63	SI	Bue.	Bue.	Mod.	Mod.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
64	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Mod.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
65	SI	Bue.	Exe.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	900
66	SI	Bue.	Exe.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
67	SI	Bue.	Exe.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
68	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
69	SI	Bue.	Exe.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
70	SI	Bue.	Exe.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	SI	Norm	NO	NO	SI	SI	750
71	SI	Bue.	Exe.	Mod.	Mod.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	SI	NO	SI	SI	800
72	SI	Bue.	Exe.	Mod.	Mod.	Norm	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
73	SI	Exe.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	800
74	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	SI	SI	SI	800
75	SI	Exe.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	800
76	NO	Exe.	Exe.	Ráp.	Mod.	Norm	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
77	SI	Exe.	Exe.	Mod.	Mod.	Norm	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
78	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
79	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
80	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	SI	SI	Norm	SI	NO	SI	SI	750
81	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
82	NO	Bue.	Exe.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
83	SI	Bue.	Exe.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
84	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Mod.	Norm	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
85	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	SI	NO	SI	SI	800
86	SI	Bue.	Bue.	Mod.	Mod.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
87	SI	Bue.	Bue.	Mod.	Mod.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
88	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Mod.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
89	SI	Bue.	Bue.	Mod.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
90	SI	Bue.	Bue.	Mod.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
91	SI	Bue.	Bue.	Mod.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
92	SI	Bue.	Exe.	Mod.	Ráp.	Norm	NO	NO	NO	SI	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
93	SI	Bue.	Exe.	Mod.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	SI	NO	SI	SI	750
94	SI	Bue.	Exe.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	SI	SI	SI	800
95	NO	Exe.	Exe.	Mod.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
96	SI	Bue.	Bue.	Mod.	Mod.	Fácil	NO	NO	SI	NO	Favo.	SI	NO	SI	SI	750
97	SI	Bue.	Bue.	Mod.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	SI	Favo.	NO	NO	SI	SI	750
98	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	SI	SI	SI	750
99	SI	Bue.	Bue.	Ráp.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Norm	NO	NO	SI	SI	750
100	NO	Bue.	Bue.	Mod.	Ráp.	Fácil	NO	NO	NO	NO	Favo.	NO	NO	SI	SI	800

Encuesta 2

<b>Preguntas</b>		Número de Personas:		100
		SI	NO	
1	¿Cuándo conduce en dirección contraria al auto sin la matriz Smart de leds, tiene buena iluminación?	92	8	
		EXCELENTE	BUENA	MALA
2	¿La cantidad de iluminación que tiene con luces bajas es?	15	85	0
		EXCELENTE	BUENA	MALA
3	¿La cantidad de iluminación que tiene con luces altas es?	35	65	0
		RÁPIDA	MODERADA	LENTA
4	¿Al rebasar al auto sin la matriz Smart de leds, el cambio de luces de bajas a altas tuvo una reacción?	70	30	0

**Según su apreciación:**

		RÁPIDA	MODERADA	LENTA
5	¿El cambio de luces altas a bajas al aproximarse el auto que no posee la matriz Smart de leds es?	69	29	2
		DIFÍCIL	NORMAL	FÁCIL
6	¿El manejo del sistema Smart de la matriz de leds es?	0	22	78
		SI	NO	
7	¿Observó fallas como parpadeo de los leds?	0	100	
		SI	NO	
8	¿Observó fallas como apagado total de los faros?	0	100	

		SI	NO	
9	¿Observó fallas como inexactitud del punto focal de la luz?	4	96	
		SI	NO	
10	¿Observó fallas como el alcance de la luz?	9	91	
		FAVORABLE	NORMAL	DESFAVORABLE
11	¿La reacción al cambio de la luz del sistema en el auto en el que conduce es?	48	52	0
		SI	NO	
12	¿Considera que se puede aumentar la iluminación en la matriz Smart de leds?	18	82	
		SI	NO	
13	¿Considera que se debe cambiar el color de la luz emitida por la matriz Smart de leds?	14	86	
		SI	NO	
14	¿Estaría dispuesto/a en adquirir el producto para ser instalado en su vehículo?	100	0	
		SI	NO	
15	¿Exigiría a la ANT para que este sistema sea instalado en todos los vehículos, para disminuir el riesgo de provocar accidentes por el encandilamiento de la luz hacia los ojos?	99	1	
	USD	750\$	800\$	900\$
16	¿Cuál sería el costo que estaría dispuesto/a a pagar por la matriz Smart de leds?	77	17	6