

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

TEMA:

“SISTEMA ELECTRÓNICO CON APLICACIÓN DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA
ILUMINACIÓN REGULABLE AUTOMÁTICA QUE BRINDE LA CANTIDAD DE LUZ
ÓPTIMA EN EL PUNTO FOCAL DE SOLDADO EN MESAS DE TRABAJO A ESCALA
DE LABORATORIO”.

AUTOR: HENRY PATRICIO FARINANGO ENDARA

DIRECTOR: ING. JAIME MICHILENA

IBARRA - ECUADOR

2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de identidad	100342371-0
Apellidos y Nombres	Farinango Endara Henry Patricio
Dirección	Av. 17 de julio y Miramontes, Ed. Miracierra dp. 6
E-mail	hpfarinango@utn.edu.ec
Teléfono móvil	0981358134
DATOS DE LA OBRA	

Título	SISTEMA ELECTRÓNICO CON APLICACIÓN DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA ILUMINACIÓN REGULABLE AUTOMÁTICA QUE BRINDE LA CANTIDAD DE LUZ ÓPTIMA EN EL PUNTO FOCAL DE SOLDADO EN MESAS DE TRABAJO A ESCALA DE LABORATORIO
Autor	Farinango Endara Henry Patricio
Fecha	Octubre del 2016
Programa	Pregrado
Título	Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación
Director	Ing. Jaime Michilena

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Farinango Endara Henry Patricio, con cedula de identidad Nro. 100342371-0, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales dela obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

Yo, FARINANGO ENDARA HENRY PATRICIO declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito en de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se presentan en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de propiedad intelectual, reglamentos y normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.

En la ciudad de Ibarra, Octubre del 2016

EL AUTOR



Farinango Endara Henry Patricio

CI: 1003423710



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Farinango Endara Henry Patricio, con cedula de identidad Nro. 100342371-0, manifiesto ni voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador artículos 4,5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado con el tema: SISTEMA ELECTRÓNICO CON APLICACIÓN DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA ILUMINACIÓN REGULABLE AUTOMÁTICA QUE BRINDE LA CANTIDAD DE LUZ ÓPTIMA EN EL PUNTO FOCAL DE SOLDADO EN MESAS DE TRABAJO A ESCALA DE LABORATORIO. Que ha sido desarrollado con propósito de obtener el título de Ingeniero en Electrónica Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Farinango Endara Henry Patricio

100342371-0

Ibarra, Octubre 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Farinango Endara Henry Patricio, con cedula de identidad Nro. 100342371-0, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se presentan en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de propiedad intelectual, reglamentos y normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.

En la ciudad de Ibarra, Octubre de 2016

EL AUTOR

Firma: 

Nombre: Farinango Endara Henry Patricio

Cedula: 100342371-0



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

INGENIERO JAIME MICHILENA, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA

Que, el presente trabajo de Titulación “SISTEMA ELECTRÓNICO CON APLICACIÓN DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA ILUMINACIÓN REGULABLE AUTOMÁTICA QUE BRINDE LA CANTIDAD DE LUZ ÓPTIMA EN EL PUNTO FOCAL DE SOLDADO EN MESAS DE TRABAJO A ESCALA DE LABORATORIO” Ha sido desarrollado por el señor Farinango Endara Henry Patricio bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor de la verdad.



Ing. Jaime Michilena
100219843-8
DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Este trabajo de tesis está dedicado a mi hija, Danna Isabella Farinango Guerra que gracias a ella comprendí que soy capaz de afrontar cualquier reto. Soy el padre más feliz del mundo al tenerte a mi lado, y solo tú sabes la dedicación de este trabajo porque tantas veces insististe que deseas que ya acabe la tesis; pues se ha terminado.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a mi padre Hernán Patricio Farinango Toromoreno por todo lo que hace y ha hecho por mí ya que sin él no tendría ninguna satisfacción de demostrarle que todo su esfuerzo invertido siempre será recompensado. También, a mi madre Mónica Graciela Endara Guerrero por confiar en mí y siempre estar presente en todo momento.

CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	¡Error! Marcador no definido.
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	VIII
AGRADECIMIENTO	IX
CONTENIDO	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS	XVII
ÍNDICE DE ECUACIONES	XX
RESUMEN	XXI
ABSTRACT.....	XXII
PRESENTACIÓN.....	XXIII
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. TEMA.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3

1.3.2.	Objetivos Específicos.....	3
1.4.	ALCANCE.....	4
1.5.	JUSTIFICACIÓN.....	6
CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....		8
2.1.	ILUMINACIÓN.....	8
2.1.1.	Iluminación en Áreas de Trabajo.....	9
2.1.2.	Magnitudes y Unidades.....	13
2.1.3.	Iluminancia	14
2.1.4.	Cálculo de los Niveles de Iluminación	15
2.2.	VISIÓN POR COMPUTADOR.....	17
2.2.1.	Fases del Proceso de Visión por Computador	18
2.2.2.	OpenCV	20
2.3.	PROCESAMIENTO DE IMAGEN	22
2.3.1.	Digitalización de Imágenes.....	23
2.3.2.	Smoothing.....	23
2.3.3.	Conversión a HSV y Filtrado por Color	24
2.3.4.	Segmentación de la Imagen	25
2.3.5.	Morfología de Imagen.....	26
2.3.6.	Encontrar Contornos	29
2.4.	SEGUIMIENTO DE OBJETOS	30
2.4.1.	Cámara	31

2.4.2.	Selección de características.....	32
2.4.3.	Seguimiento Basado en Color.....	33
2.5.	SERVO CONTROL.....	36
2.5.1.	PWM (Modulación por Ancho de Pulso)	37
2.6.	SISTEMAS EMBEBIDOS	38
2.7.	SENSORES DE LUZ.....	40
2.8.	METODOLOGÍAS	40
2.8.1.	Modelo en Cascada	41
2.8.2.	Modelo en V	41
2.8.3.	Modelo en Espiral	41
CAPÍTULO III. DESARROLLO EXPERIMENTAL.....		42
3.1.	METODOLOGÍA	42
3.2.	FASES DE LA METODOLOGÍA DEL MODELO EN V.....	43
3.2.1.	Análisis	44
3.2.2.	Requerimientos	62
3.2.3.	Elección de Hardware y Software.....	68
3.2.4.	Diseño	74
3.2.5.	Desarrollo de Software (Programación)	105
3.2.6.	Desarrollo de Hardware (Integración)	115
CAPÍTULO IV. PRUEBAS Y CONCLUSIONES		119
4.1.	PRUEBA DE SOFTWARE	119

4.1.1. Resultados de Prueba de Software	120
4.2. PRUEBAS DE HARDWARE	124
4.2.1. Resultados de Pruebas de Hardware	124
4.3. VERIFICACIÓN POR EL USUARIO	127
4.4. ANÁLISIS DE COSTOS	129
4.4.1. Costos de Hardware	130
4.4.2. Costos de Software	130
4.5. DEPURACIÓN	131
4.6. CONCLUSIONES	132
4.7. RECOMENDACIONES	133
Bibliografía	134
Glosario de Términos.....	141
Anexo 01. PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA.....	142
Anexo 02. HOJA DE DATOS SERVOMOTOR MG946R	148
Anexo 03. FORMATO DE ENCUESTA y TABULACIÓN de Resultados	150
Anexo 04. FOTOGRAFÍAS de lo realizado.....	161
Anexo 05. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	168
Anexo 06. HOJA DE DATOS BH1750	168
Anexo 07. FORMATO DE ENCUESTA DE VERIFICACIÓN.....	170
Anexo 08. Norma ISO 8995	178
Anexo 09. OBTENCIÓN DE DATOS	179

Anexo 10. Raspberry Pi 2	186
Anexo 11. Manual de INSTALACIÓN - RASPBIAN	187
Anexo 12. Manual de INSTALACIÓN – OPENCV 3	191
Anexo 13. Instructivo de Usuario	197
Anexo 14. Hoja de datos 78S05.....	198
Anexo 15. Función de Distribución Normal para los niveles de Confianza.....	199

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación de lúmenes y lux.....	11
Figura 2. Distribución de las zonas visuales en el puesto de trabajo	12
Figura 3. Iluminación local e iluminación general	13
Figura 4. Iluminación dirigida de un objeto.....	15
Figura 5. Ley inversa de los cuadrados.....	16
Figura 6. Ley de coseno (Iluminación Horizontal)	17
Figura 7. Proceso de Visión por Computadora.....	18
Figura 8. Patrón de detección de objetos usando OpenCV	20
Figura 9. La estructura básica de OpenCV	22
Figura 10. Cono de colores del espacio HSV	25
Figura 11. Detección de color en HSV y Umbral de la imagen	26
Figura 12. Imagen a colores y morfología de la imagen.....	27
Figura 13. El elemento B se hace pasar por la imagen A, aumentando el tamaño de esta.	28
Figura 14. Se observa cómo se reduce la región de A al deslizar B sobre la imagen A.....	28
Figura 15. Imagen original e imagen con detección de bordes.....	30
Figura 16. Webcam Logitech C170	31

Figura 17. Proceso para el control de servos	37
Figura 18. Efecto de la anchura de impulso en dirección del servo motor	38
Figura 19. Modelo en V de desarrollo de sistema	43
Figura 20. Captura de pantalla del funcionamiento de aplicación Physics Toolbox	50
Figura 21. Samsung Galaxy Note 4	51
Figura 22. a) Ubicación de sensor de luz de Samsung Galaxy Note 4. b) Captura de pantalla de funcionamiento de sensor de luz del Samsung Galaxy Note 4.	52
Figura 23. Laboratorio de Electrónica	53
Figura 24. Medición de Lux en Área de Trabajo.....	54
Figura 25. Mapa de calor para datos obtenidos en lux	54
Figura 26. Grafica de lux en función del tiempo del exterior e interior del laboratorio	56
Figura 27. Gráfica de lux en función del tiempo del interior del laboratorio	56
Figura 28. Superficies del Laboratorio de Electrónica	59
Figura 29. Diagrama de Bloques del sistema.....	76
Figura 30. Circuito de Fuente Externa 5V a 2A	79
Figura 31. Distribución de Pines y Puestos - Raspberry Pi 2	83
Figura 32. Distribución de Pines Arduino Mini-Pro.....	84
Figura 33. Diagrama de Pines-Servomotor MG946R.....	84
Figura 34. Diagrama de flujo del seguimiento por color - Primer Prototipo.....	87
Figura 35. Diagrama de flujo de seguidor por color - Prototipo Final	88
Figura 36. Espectro de Luz Visible.....	89
Figura 37. Base cilíndrica metálica.....	90
Figura 38. Partes de Lámpara Anglepoise	91
Figura 39. Diseño de Piezas para integración de lámpara Anglepoise de Pinokio.....	92
Figura 40. Pieza de sujeción de servomotores Tower Pro MG946R.....	93

Figura 41. Pieza para movilidad de la sección 3.....	93
Figura 42. Pieza agregada del diseño actual de lámpara para soporte y movimiento de la sección 4.....	94
Figura 43. Pieza para ligar la sección 4 con la unión 1. a) nueva pieza b) pieza original	95
Figura 44. Modificación - varilla inferior de la sección 3	96
Figura 45. Modificación a la sección 4.....	97
Figura 46. Determinación de iluminancia de fuente lumínica con distancia máxima y mínima al plano horizontal.....	99
Figura 47. Diagrama de flujo para la iluminación regulable automática.....	100
Figura 48. Diagrama de flujo de sistema electrónico	102
Figura 49. Cronograma de Recolección de Información.....	104
Figura 50. Programación del Sistema en IDE de Python.....	106
Figura 51. Configuración de pines GPIO	106
Figura 52. Código de configuración de Webcam	107
Figura 53. Código de posición inicial de servomotores.....	107
Figura 54. Líneas de código del smoothing (suavizado de imagen).....	108
Figura 55. Líneas de código para dibujar círculo sobre el objeto de seguimiento.....	109
Figura 56. Líneas de código para determinar movimiento de servomotores	109
Figura 57. Método de actualización de duty cycle para servomotores	110
Figura 58. Arduino IDE	110
Figura 59. Librerías para el sensor BH1750	111
Figura 60. Definición de pines e inicialización de sensor BH1750.....	111
Figura 61 Plano de valores en lux con respecto a grados.	113
Figura 62. Lógica de programación para regulación automática.....	114
Figura 63. Posicionamiento de resortes y características – Sección 2.....	116

Figura 64. Posicionamiento de resortes y características – Sección 3	117
Figura 65. PCB de la Fuente Externa de Alimentación	118
Figura 66. Braquets para servomotores	119
Figura 67. Estructura de prueba de software de seguimiento de objeto por color.....	120
Figura 68. Áreas de seguimiento – Primer Prototipo.....	121
Figura 69. Áreas de seguimiento – Prototipo Final	123
Figura 70. a) Aplicación de HSV y morfología. b) Solo aplicación de HSV	123
Figura 71. Arduino Mini Pro - Sensor de luz RH1750	126
Figura 72. Prueba por estudiantes en el laboratorio de electrónica	128
Figura 73. Elementos utilizados en la prueba por parte de los usuarios	128
Figura 74. Grafica de Encuesta de Análisis - Pregunta 1	156
Figura 75. Grafica de Encuesta de Análisis - Pregunta 2	157
Figura 76. Grafica de Encuesta de Análisis - Pregunta 3	157
Figura 77. Grafica de Encuesta de Análisis - Pregunta 4	158
Figura 78. Grafica de Encuesta de Análisis - Pregunta 5	159
Figura 79. Grafica de Encuesta de Análisis - Pregunta 6	159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles típicos recomendados de iluminancia mantenida para diferentes tareas visuales	9
Tabla 2. Los niveles mínimos de iluminación para tareas visuales.	10
Tabla 3. Equivalencias del Consumo y Lúmenes de Lámparas.....	10
Tabla 3. Zonas visuales en la Organización del Espacio de Trabajo.....	12
Tabla 4. La definición de cada una de estas magnitudes, así como sus principales características y las correspondientes unidades.....	14

Tabla 6. Comparación de Cámaras web	32
Tabla 7. Comparativa de Sistemas Embebidos.....	38
Tabla 8. Comparativa Módulos Arduino	39
Tabla 9. Comparativa de sensores de luz.....	40
Tabla 10. Comparativa de modelos de desarrollo de sistemas	42
Tabla 11. Sensores del Samsung Galaxy Note 4	51
Tabla 12. Valores representativos del mapa de calor	55
Tabla 13. Valores obtenidos sobre las mesas de trabajo.....	55
Tabla 14. Características del área de trabajo (laboratorio de electrónica de la CIERCOM) ...	57
Tabla 15. Valores de Factor de Reflexión	59
Tabla 16. Factores de utilización en función de las características del área de trabajo	60
Tabla 17. Factor de mantenimiento	61
Tabla 18. Lista de stakeholders.....	63
Tabla 19. Requerimientos de stakeholders	64
Tabla 20. Requerimientos del Sistema.....	65
Tabla 21. Requerimientos de Arquitectura	67
Tabla 22. Elección de Hardware	68
Tabla 23. Comparativa de modelos de Cámaras Web compatibles para Raspberry Pi 2	69
Tabla 24. Comparativa de Servomotores.....	70
Tabla 25. Comparativa de Sensores de Luz.....	70
Tabla 26. Comparativa Módulos Arduino	71
Tabla 27. Tabla comparativa de características de las fuentes de luz.....	72
Tabla 28. Elección de Software	73
Tabla 29. Especificaciones servomotor MG946R	77
Tabla 30. Consumo de voltaje y corriente de servomotores MG946R.....	78

Tabla 31. Características de Transformador de Voltaje.....	79
Tabla 32. Características Físicas de Base Metálica	90
Tabla 33. Especificaciones técnicas de pieza para movimiento de la sección 3.....	94
Tabla 34. Especificaciones técnicas de pieza para movimiento de la sección 4.....	95
Tabla 35. Detalles técnicos de modificación a la sección 3.....	96
Tabla 36. Especificaciones técnicas de la modificación a la sección 4	97
Tabla 37. Características - Luminaria LED	98
Tabla 38. Valores determinados por la Ley del Coseno	101
Tabla 39. Relación de la cantidad de lux y los grados del servomotor en la sección 3	112
Tabla 40. Valores de lux con respecto a los grados del servomotor.....	112
Tabla 41. Especificaciones tornillos utilizados en movimiento de sección 2.....	115
Tabla 42. Especificaciones tornillos utilizados en movimiento de sección 3.....	116
Tabla 43. Especificaciones tornillos utilizados en movimiento de sección 3.....	117
Tabla 44. Resultado de seguimiento de objeto de color	122
Tabla 45. Valores de servomotores para movimiento de la estructura.....	124
Tabla 46. Comparativa de mediciones con Physics Toolbox Light Meter y sensor de luz BH1750.....	125
Tabla 47. Relación de Iluminación del Prototipo con respecto a la General.....	126
Tabla 48. Costos de Hardware.....	130
Tabla 49. Costos de Software	131
Tabla 50. Datos Obtenidos en Inspección al Laboratorio de Electrónica.....	183

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Conversión de unidades de iluminación	15
Ecuación 2. Cálculo de los niveles de iluminación.....	16
Ecuación 3. Iluminancia cuando la fuente no es perpendicular al plano horizontal.....	17
Ecuación 4. Cálculo de muestra.....	45
Ecuación 5. Índice de Cuarto (K)	58
Ecuación 6. Flujo Total (F).....	61
Ecuación 7. Número de luminarias (NL).....	62
Ecuación 8. Sumatoria de corrientes para un numero de servos.....	78
Ecuación 9. Condensador de Filtrado	80
Ecuación 10. Ecuación para Determinar la Potencia	82
Ecuación 11. Ecuación punto-pendiente.....	113
Ecuación 12. Ecuación para la regulación de iluminación	114

RESUMEN

El presente proyecto consiste en el desarrollo de un sistema electrónico de iluminación regulable automática acoplado a la estructura de una lámpara de escritorio del modelo Anglepoise para mesas de trabajo, utilizando visión artificial para el posicionamiento de la luminaria en dirección de una manilla de color verde. Este prototipo proveerá de una iluminación localizada, tomando en cuenta las normativas afines para iluminación en áreas de trabajo y con ello regular la cantidad de lux¹ sobre la superficie de trabajo dependiendo del importe de luz en general en el laboratorio de electrónica de la CIERCOM².

El sistema de iluminación pretende proveer de una cantidad de luz adecuada para los usuarios que desarrollan proyectos que involucran el fusionado de estaño y elementos electrónicos a PCB³, basado en las normativas a fines de iluminación en áreas de trabajo para actividades y tareas visuales continuas de precisión, proyecto el cual busca el confort óptico de los usuarios que incorporen a este prototipo para las actividades académicas en el laboratorio.

El diseño toma en cuenta los requerimientos de stakeholders para determinar el hardware y software idóneo necesario para el diseño del sistema mediante la metodología del modelo en Modelo en V, que permite realizar un proceso ordenado y estructurado para determinar los requerimientos de este proyecto, basándose en el estándar IEEE 29148. También, se realizan pruebas de funcionamiento tanto de software como de hardware para mejorar su desempeño hasta llegar a un prototipo final.

¹ Lux = Unidad de intensidad de iluminación del Sistema Internacional, de símbolo lx.

² CIERCOM = Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación

³ PCB = Placa de Circuito Impreso

ABSTRACT

This project involves the development of an automatic electronic dimmable lighting system coupled to the structure of a desk lamp Anglepoise model for workbenches, using artificial vision for the positioning of the light in the direction of a handle green. This prototype will provide a localized lighting considering standards for lighting in work areas and regulate the quantity of lux on the working surface which depends on the amount of the general lighting in the CIERCOM's electronics laboratory.

The lighting system aims to provide an adequate amount of light for users who develop projects that involve the fused of tin, and electronics PCB, since in this laboratory does not meet the standards for lighting purposes in the workarea, for activities and tasks that require precision continuous visual, for that reason this project seeks eyestrain users who join this prototype for academic activities in the laboratory.

The design takes into account the stakeholders that through a software development model called Model V allows an orderly and structured process to determine the requirements of this project, based on the IEEE 29148 standard. As well also, performance tests both software and hardware are made to improve their performance to reach a final prototype.

PRESENTACIÓN

Los avances tecnológicos en la actualidad buscan el bienestar de las personas para brindar un servicio que brinde confort, donde se torna en desarrollos tecnológicos que puede ser en un futuro imprescindibles para los seres humanos o simplemente una tecnología que quedara para el olvido. Actualmente en Ecuador se facilita apoyo a proyectos de desarrolladores de software y hardware, permitiendo presentar propuestas de avances tecnológicos donde pequeñas ideas pueden convertirse a un futuro de gran impacto social y tecnológico.

La mejor opción que tienen los desarrolladores es optar por sistemas basados en plataformas libres tanto en hardware como en software, que tienen como ventaja a más de ser de código abierto, sus diseños son de libre distribución. De manera que obteniendo conocimiento por medio de la investigación se puede desarrollar tecnología a bajo costo que puede brindar servicios a usuarios.

El presente trabajo consiste en una investigación de luminotecnia en áreas de trabajo para que el usuario tenga valores de iluminación adecuados para actividades de precisión de acuerdo a las normativas, y que pueda tener un confort óptico y facilitar el desarrollo de placas de soldado. Este proyecto se reduce a las mesas de trabajo del laboratorio de la CIERCOM que mediante un modelo de desarrollo se determinan los implicados para ejecución de este proyecto que son los usuarios, el hardware a utilizar y el software que se maneja. Por consecuente se realizan pruebas de funcionamiento donde el sistema debe ser eficiente.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

En el presente capítulo se centra en la formulación y justificación del problema, también se define el objetivo general y específicos, así como el alcance y limitaciones a los que está expuesta la investigación.

1.1. TEMA

SISTEMA ELECTRÓNICO CON APLICACIÓN DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA ILUMINACIÓN REGULABLE AUTOMÁTICA QUE BRINDE LA CANTIDAD DE LUZ ÓPTIMA EN EL PUNTO FOCAL DE SOLDADO EN MESAS DE TRABAJO A ESCALA DE LABORATORIO.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Thomas Edison construyó la primera lámpara o foco eléctrico en 1879, dejando por completo atrás el fuego como parte de los sistemas de iluminación. Hoy en día las lámparas todavía muestran sus orígenes basados en candelabros colgantes o en el candelero, sin embargo estas evolucionaron hacia la estética mecánica y movimiento moderno con lámparas de formas geométricas llamativas, por consiguiente una de las más conocidas es la lámpara Anglepoise, que George Carwardine realizó en 1993. Diseñó el cual hizo posible dirigir la luz hacia un espacio de trabajo determinado por el usuario. Esta lámpara es flexible, equilibrada y capaz de sostenerse en cualquier posición emulando las articulaciones del brazo humano.

La adecuada iluminación para un ambiente de trabajo es indispensable, mucho más en actividades donde la visión prolongada de forma concentrada provoca cansancio. Realizar

trabajos en horarios nocturnos puede afectar a la salud visual sin el contraste necesario, provocando una fatiga visual. Entre las diferentes actividades de los estudiantes en el laboratorio de la carrera de ingeniería en redes y comunicaciones (CIERCOM) esta soldar placas electrónicas, una práctica que requiere una alta exigencia de la vista cuando se realiza en la noche donde la luz natural es casi nula.

La cantidad de iluminación deben relacionarse a las exigencias visuales del trabajo que se desempeña, sean estos en los diferentes ambientes tanto con luz artificial y/o luz natural en los cuales el estudiante desarrolla sus trabajos, como en el laboratorio de la CIERCOM. Según ISO (Por sus siglas en inglés International Standard Organization) que es una organización internacional dedicada a la elaboración de normas en todos los sectores. Las diferentes áreas para iluminación de interiores con actividades diferenciadas se estipula en la norma NC-ISO 8995, en la cual se determina valores de 500 lux para locales de mediciones precisas y laboratorios, misma que no se indica en particular para laboratorios de electrónica pero especifica que se debe adoptar los valores dados para una situación similar comparable que deben ser valores cercanos para el laboratorio de CIERCOM, mismo que no garantiza una iluminación recomendable en el área de trabajo, únicamente con el uso de lámparas fluorescentes en el techo para distribución de luz. De igual manera, el laboratorio carece de instrumentos que permita al estudiante soldar de manera confortable para la vista. (Gadea, Guardino, Rosell, & Silva, 2000) (Norma)

El uso de diferentes instrumentos para soldar se torna incómodo al momento de fusionar el estaño a la PCB (Printed Circuit Board) por la razón que la persona debe sostener el cautín, el estaño, elemento electrónico a soldar y la placa electrónica siendo esto incómodo. A pesar de que existen diferentes dispositivos que pueden ayudar con ello, no se conoce de alguno que

pueda posicionar el punto focal automáticamente la cantidad de luz necesaria según requerimiento del área de trabajo evitando contrastes violentos y sombra con niveles mínimos de iluminación para la tarea visual de soldado.

La manipulación de diferentes elementos al mismo tiempo hace que al estudiante se le dificulte soldar y más sin la iluminación adecuada, sin embargo al no tener un dispositivo que le permita iluminar en un espacio de trabajo determinado sin que la sombra de la persona cubra el lugar donde se desea soldar y a la vez le permita manipular diferentes instrumentos, está obligado a moverse para encontrar un espacio donde reciba una cantidad de luz que le permita distinguir el punto de soldado sin garantizar la densidad del flujo luminoso que se requiere sobre la placa electrónica y poder ver claramente todos los elementos electrónicos para desarrollar un buen soldado de los mismos, como también poder ver los códigos de estos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema electrónico con aplicación de Visión Artificial para iluminación regulable automática que brinde la cantidad de luz óptima en el punto focal de soldado en mesas de trabajo del laboratorio de la CIERCOM a escala de laboratorio durante 8 meses.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar una revisión sistemática de literatura para determinar las bases teóricas comprendidas en la revisión bibliográfica correspondiente al sistema.
- Definir los requerimientos de stakeholders tanto de software como de hardware bajo el estándar IEEE 29148 para determinar los materiales a usarse en el sistema.

- Analizar y determinar el hardware y software idóneo en relación a los requerimientos establecidos para el diseño y desarrollo del sistema en relación a la metodología del modelo en V.
- Diseñar un prototipo que brinde confort óptico y permita el correcto soldado para posicionar adecuadamente la fuente luminosa mediante la aplicación de visión artificial.
- Realizar las pruebas de funcionamiento tanto de sistema electrónico como de la aplicación para la depuración de errores y el análisis de costos.

1.4. ALCANCE

Para determinar la cantidad de luz idónea que debe tener una mesa de trabajo en el laboratorio de la CIERCOM se va a tomar en cuenta valores estipulados en las normativas afines con la iluminación en áreas de trabajo correspondiente a actividades similares comparables a soldar PCB's y acoger estos valores para la realización de este proyecto.

La elección de la luminaria para la lámpara se realizará en relación a un estudio de luminotecnia en el laboratorio de la CIERCOM, tomando en cuenta la cantidad de iluminación que se requiere en el área de trabajo. Las mediciones de la cantidad de luz se determinarán mediante un dispositivo que posibilite medir la cantidad de luz sobre el área de trabajo. De tal manera el análisis de los valores en lux que se obtendrá no será en general en toda el área donde se realizan las tareas sino únicamente en un sitio lo más cercano al punto focal de trabajo.

Se analizará los requerimientos que el sistema requiera tanto en software como de hardware para la elección de dispositivos idóneos requeridos para el desarrollo de este proyecto.

En este proyecto se toma en cuenta una metodología basada en el “Modelo en V” que permita describir las actividades y resultados que deben producirse durante el desarrollo, proporcionando así una guía para la planificación y realización de este. La elección del modelo de cámara es de acuerdo a características requeridas para aplicación de la visión artificial mediante el software libre OpenCV que en conjunto con un sistema embebido interactúan y determinan donde debe moverse la estructura del sistema.

Para el diseño del prototipo se adecua el sistema electrónico a una lámpara de escritorio que cuente con el diseño que se ajuste al posicionamiento automático, es decir que cuente con articulaciones para implementación de servomotores que permiten al dispositivo ubicarse según sea requerido para el usuario, esto se lo logra con un circuito que determina la cantidad de luminosidad en el punto focal donde está ubicada la PCB. Los valores requeridos para establecer los lux que el sistema regulable automático toma en cuenta son iguales o cercanos a los requeridos para la actividad de soldado establecidos en las normativas como actividades de concentración visual.

Luego se procede a la unión en conjunto de los dispositivos para la formación del sistema electrónico que se requiere para cumplimiento de los objetivos planteados, teniendo como resultado el funcionamiento de todo el sistema para brindar el confort óptico evitando la fatiga visual y un soporte aminorando el tiempo de desarrollo de proyectos con PCB en los cuales se de uso a este sistema electrónico.

El presente proyecto discrimina a personas que carecen de sus dos extremidades superiores, puesto que se tendrá un punto referencial por color como guía del sistema en una de las manos.

La mala utilización del sistema no garantizará el cumplimiento a cabalidad de los objetivos planteados, ya que puede repercutir en su factibilidad. Por consiguiente, el proyecto no busca mejorar la técnica de soldado, sino que esto se lo realiza en un menor tiempo y en condiciones adecuadas.

Finalmente, una vez culminada la construcción del prototipo se ejecutarán pruebas y se evaluará su funcionamiento mediante una encuesta a una muestra de estudiantes que utilicen el laboratorio permitiendo sacar conclusiones para veracidad del funcionamiento del producto final y determinar su factibilidad.

1.5. JUSTIFICACIÓN

El Gobierno de la Republica de Ecuador plantea en el Plan Nacional del Buen Vivir a la innovación, la ciencia y la tecnología como parte de la Revolución del Conocimiento fundamentando el cambio de la matriz productiva, impulsando a los recursos ilimitados como el conocimiento, entre otros. (PNBV, 2013-2017) De esta manera junto con la misión de la Universidad Técnica del Norte, que busca fomentar procesos tecnológicos, es por esta razón que se ha planteado este proyecto de innovación tecnológica, desarrollando un sistema de iluminación para mesa de trabajo con aplicación de nuevas tecnologías innovadoras como es la visión artificial, para brindar un ambiente de trabajo con condiciones óptimas de iluminación para los estudiantes en actividades de concentración visual como el soldado en PCB's.

La implementación de plataformas libres en este proyecto contribuye con el cambio de la matriz productiva dejando atrás la dependencia de tecnologías importadas, dando un valor agregado a proyectos de innovación, el cual se enfoca en aportar a la sociedad y al progreso tecnológico del país que viene desde las aulas de educación superior, fundamentado en el conocimiento y las capacidades de las y los ecuatorianos.

El desarrollo de este proyecto busca reducir la brecha tecnológica para generar conocimientos acordes a ello, con un sistema electrónico basado en hardware y software libre y permitir realizar por parte de los estudiantes proyectos al servicio de la sociedad en un área de trabajo en condiciones adecuadas. Este proyecto contribuirá a la realización de placas de circuito impreso que se realizan por los estudiantes en el laboratorio de la CIERCOM complementando la cantidad de luz artificial que existe en las instalaciones para cumplir con los valores mínimos requeridos para la actividad de soldado según indican las normativas. También, aminorando el tiempo que normalmente toma al estudiante terminar con tareas de clase o proyectos, puesto que ya no necesitara manipular el punto focal.

La función de este proyecto es dotar de la cantidad de luz en el punto focal del trabajo que se necesita para soldar solventando la carencias lumínicas para esta actividad, ya que al no contar con instrumentos específicos de iluminación para tareas dedicadas se busca el confort visual donde se destaca este proyecto como un dispositivo para el laboratorio, permitiendo a los estudiantes realizar tareas de baja, moderada y alta exigencia visual como la actividad de soldado en específico, beneficiándolos tanto en su salud como en la calidad de sus trabajos.

CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este capítulo se hace una revisión bibliográfica de la literatura necesaria para realización de este proyecto, donde se inicia por un análisis de lo concerniente a la iluminación en las áreas de trabajo para las actividades que requieren concentración visual. De la información obtenida se tendrá pautas para un estudio de la cantidad de luz que se requiere en el laboratorio de electrónica de la CIERCOM y la cantidad de luz que el prototipo deberá aportar a la iluminación general. Luego se expone información relevante para la aplicación de visión artificial y OpenCV en este proyecto, de igual manera se abarca lo concerniente al tratamiento o procesamiento de imagen, donde se destaca los aplicativos para posteriormente determinar el seguimiento de objetos por su color. Por último, se recopiló información del funcionamiento de los servomotores que son de importancia para este proyecto ya que su movimiento es primordial para el seguimiento de la estructura y regulación automática de la iluminación.

2.1. ILUMINACIÓN

La iluminación es la cantidad de luminosidad en el área de trabajo, es decir, sobre las mesas donde se realizan las tareas de laboratorio en un punto focal determinado o el objeto de interés para el usuario, más no en general. De esta manera se establece que, cuan mayor sea la concentración visual de la persona en detalles y minucias⁴, será más necesaria la luminosidad en el punto de atención. (Cevallos & Jarama, 2010)

⁴ Minucias = pequeñez, insignificancia.

2.1.1. Iluminación en Áreas de Trabajo

Entre las actividades de laboratorio y/o áreas de trabajo, para el desarrollo de estas en forma eficaz, se determina que tanto la visión y la luz deben complementarse, considerando que el 50% de la información captada por el hombre es de tipo visual, sea que, la luz es primordial para ello. Con un ambiente adecuado se puede promover en aspectos de: (INSHT, 2006)

- Productividad
- Seguridad
- Confort

EL propósito de este proyecto es brindar al usuario un ambiente para desarrollar PCB's mediante la integración de estos aspectos para brindar un entorno de trabajo seguro, cómodo y eficaz. La actividad de soldado requiere una iluminación constante por lo que se presenta en la Tabla 1 los niveles de iluminancia mantenida recomendados.

Tabla 1. Niveles típicos recomendados de iluminancia mantenida para diferentes tareas visuales

Ubicación / Tarea	Valor típico recomendado de iluminancia mantenida (lux)
Oficinas Generales	500
Puestos de trabajo informatizados	500
Áreas de montaje en fábrica	300
Trabajos de época precisión	300
Trabajo medio	500
Trabajo de precisión	750
Trabajo de alta precisión	1.000
Montaje de instrumentos	1.000
Montaje / reparación de joyería	1.500
Quirófanos de hospital	50.000

Fuente: (Farrás, 2000)

A continuación, se muestra en la Tabla 2 se muestran los niveles mínimos de iluminación para tareas visuales que requieren concentración.

Tabla 2. Los niveles mínimos de iluminación para tareas visuales.

Tareas	Niveles Mínimos (lux)
Visuales variables y sencillas	250 a 500
Observación continua de detalles	500 a 1000
Tareas visuales continuas y de precisión	1000 a 2000
Trabajos muy delicados y de detalles	Más de 2000

Fuente: (Cevallos & Jarama, 2010, pág. 18)

Para una referencia de valores en lux sobre una superficie determinada se presenta en la Tabla 3, una relación de la cantidad de flujo luminoso (lm), iluminancia (lx) que se tiene sobre una superficie de $1 m^2$ y su consumo en vatios de distintas luminarias.

Tabla 3. Equivalencias del Consumo y Lúmenes de Lámparas

Modelo	Dicroica LED	Dicroica Halógena	Incandescente
Tensión de Trabajo	12V AC/DC 100 ~ 240 AC	12V DC	110 AC
Consumo	7W	50W	60W
Lúmenes lux	520lm	950lm	650-800 lm

Fuente: (García, 2009) y (Erenovable, 2016)

Es decir, que la cantidad de lux que se tiene sobre una superficie de trabajo depende de la distancia de la fuente luminosa al plano, a continuación en la Figura 1 se muestra

gráficamente la relación de la cantidad de lumen referente a los lux sobre un área a una misma distancia.

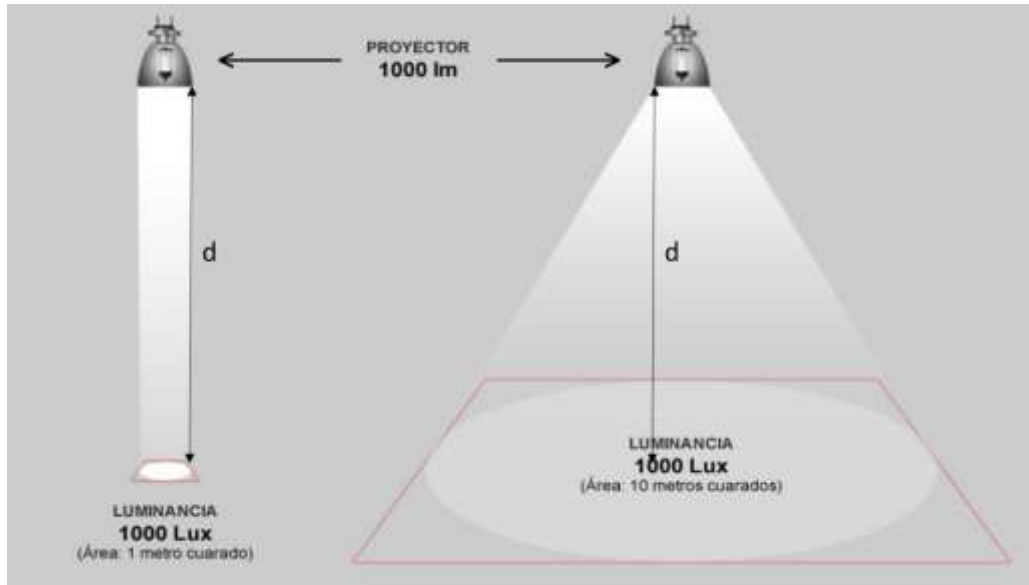


Figura 1. Relación de lúmenes y lux

Fuente: <http://blog.ledbox.es>

Según lo indica (Santamaria, 2012) entre las ventajas aparte del tamaño reducido para luminarias de tecnología LED con respecto a los incandescentes son factores fundamentales los beneficios que brinda a bajo consumo de potencia y una vida útil superior.

2.1.1.1. Factores que Afectan a la Visibilidad de los Objeto

Una tarea se la debe realizar de forma segura, en gran parte, de la calidad de la iluminación y de las capacidades visuales. La iluminación de un objeto en el entorno y del área de trabajo influye en la facilidad con que se los ve; otro de los factores es el tamaño de los objetos a observar. Como factor adicional es el intervalo de tiempo en que se observa un objeto. Se establece diferentes zonas de acuerdo con la facilidad de visión en el área de trabajo como

se muestra en la Figura 2 y se expone el esfuerzo visual de cada zona en la Tabla 4: (Farrás, 2000)

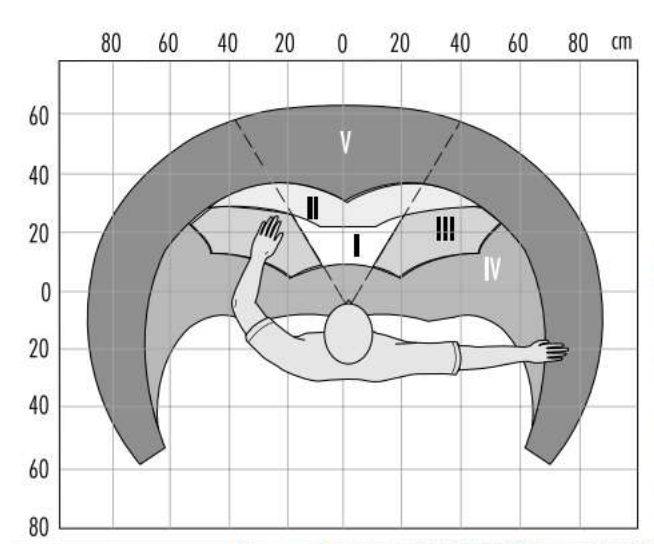


Figura 2. Distribución de las zonas visuales en el puesto de trabajo
Fuente: (Farrás, 2000)

Tabla 4. Zonas visuales en la Organización del Espacio de Trabajo

	Movimientos de trabajo	Esfuerzo visual
Zona I	Movimientos frecuentes, implican que se emplea mucho tiempo	Gran esfuerzo visual
Zona II	Movimientos menos frecuentes	Esfuerzo visual frecuente
Zona III	Implica poco tiempo	La información visual no es importante
Zona IV	Aún menos frecuentes, poco tiempo	No requiere un esfuerzo visual en particular
Zona V	Deben evitarse	Debe evitarse

Fuente: (Farrás, 2000, pág. 9)

2.1.1.2. Iluminación General Localizada

Es un tipo de iluminación con fuentes de luz instaladas en el techo y distribuidas teniendo en cuenta dos aspectos: las características de iluminación del equipo y las necesidades de iluminación de cada puesto de trabajo. La luz localizada compensa a la luz general dirigida a la mesa de trabajo donde se realizan actividades de mayor concentración visual. (Farrás, 2000) A continuación en la Figura 3 se muestra gráficamente los tipos de iluminación consideradas en el proyecto.

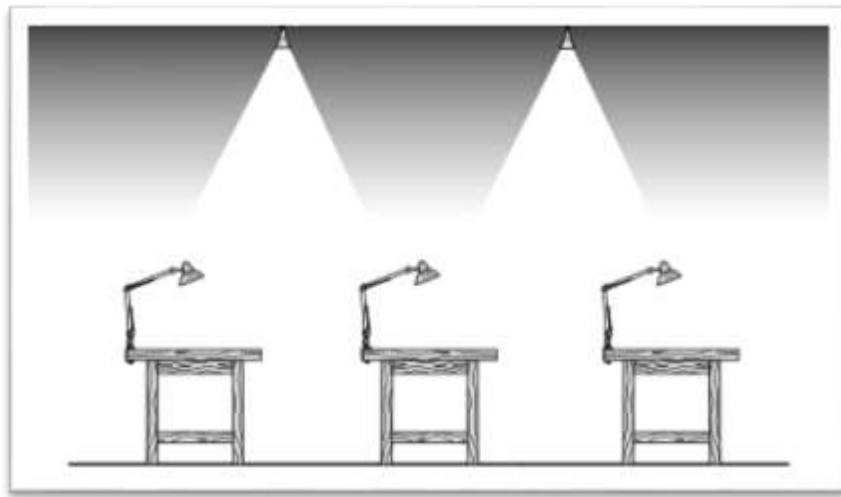


Figura 3. Iluminación local e iluminación general

Fuente: (Farrás, 2000, pág. 11)

2.1.2. Magnitudes y Unidades

Teniendo como referencia la iluminación se debe tomar en cuenta la existencia de una fuente productora de luz y de un objeto a iluminar, las magnitudes que deberán conocerse serán las siguientes:

- El flujo luminoso.
- La intensidad luminosa.

- La iluminancia o nivel de iluminación.
- La luminancia.

En la Tabla 5 a continuación se expondrá un resumen de cada una de estas magnitudes.

(INSHT, 2006)

Tabla 5. La definición de cada una de estas magnitudes, así como sus principales características y las correspondientes unidades.

MAGNITUD	SÍMBOLO	UNIDAD	DEFINICIÓN	RELACIONES
Flujo luminoso	Φ	lumen (lm)	Energía luminosa emitida por una fuente de luz durante una unidad de tiempo	$\Phi = I \times \omega$
Intensidad luminosa	I	candela (cd)	Flujo luminoso emitido en una dirección determinada por una luz que no tiene una distribución uniforme	$I = \Phi / \omega$
Iluminancia	E	lux (lx)	Flujo luminoso de un lumen que recibe una superficie de $1m^2$	$E = \Phi / S$
Luminancia	L	Candela por m^2	Intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie.	$L = I / S$

Fuente: (INSHT, 2006, pág. 4) (Farrás, 2000, pág. 9)

2.1.3. Iluminancia

La iluminancia de un plano depende de la cercanía de la fuente luminosa, en la Figura 4 se muestra de manera gráfica la explicación.



Figura 4. Iluminación dirigida de un objeto

Fuente: (Garcia, 2009, pág. 6)

La iluminancia se define como el flujo luminoso sobre una superficie. Su unidad de medida es el lux que se puede expresar de la siguiente manera:

$$1lx = 1 \frac{lm}{m^2}$$

Ecuación 1. Conversión de unidades de iluminación

Fuente: (Garcia, 2009)

2.1.4. Cálculo de los Niveles de Iluminación

En las leyes fundamentales de luminotecnica se utilizan con mayor frecuencia dos: la ley de la inversa del cuadrado de la distancia y la ley del coseno. Estas leyes se consideran para la obtención de niveles de iluminación o iluminancia. (Garcia, 2009)

2.1.4.1. Ley de la Inversa del Cuadrado de la Distancia

Como se puede apreciar en la Figura 5, la iluminancia es dependiente de la distancia de la fuente de luz y el objeto iluminado. La relación de estos parámetros, tanto la intensidad luminosa (I) y la distancia a la fuente se la conoce como la ley inversa de los cuadrados. La cual es válida si la dirección del rayo de luz incidente es perpendicular a la superficie, en la Figura 5 se indica la ley inversa de los cuadrados dada una superficie. (Garcia, 2009)

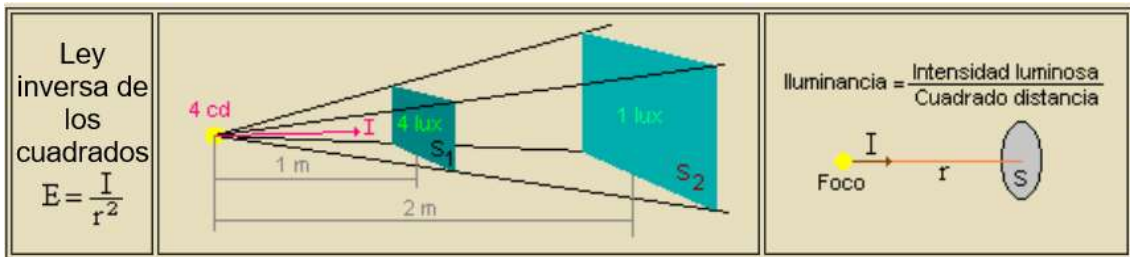


Figura 5. Ley inversa de los cuadrados

Fuente: (Garcia, 2009, pág. 7)

Dado que la intensidad luminosa (I) es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la que se encuentra la fuente luminosa (d^2). Por lo tanto, para el cálculo de niveles de iluminación tenemos las siguientes ecuaciones:

$$E = \frac{I}{d^2}$$

Ecuación 2. Cálculo de los niveles de iluminación

Fuente: (Blanco, 2012)

Donde:

E = iluminancia

I = intensidad luminosa

d = distancia de la fuente luminosa al objeto iluminado

Φ = flujo luminoso

S = área o superficie

2.1.4.2.Ley del Coseno

En caso de que la superficie no sea perpendicular al flujo de luz emitido por la fuente se utiliza la ley del coseno que se muestra a continuación en la Figura 6.

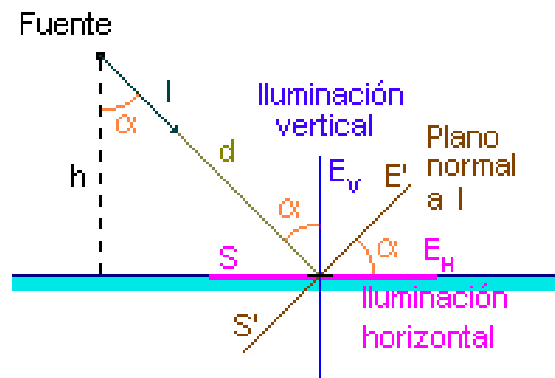


Figura 6. Ley de coseno (Iluminación Horizontal)

Fuente: (Martinez, 2002, pág. 61)

La ley de coseno considera que el plano forma un ángulo con la dirección del flujo luminoso, por lo tanto, la fórmula para calcular el nivel de iluminación es: (Peñahora, 2006)

$$E = \left(\frac{I}{d^2} \right) \cos \alpha$$

Ecuación 3. Iluminancia cuando la fuente no es perpendicular al plano horizontal

Fuente: (Peñahora, 2006)

Donde:

E = iluminancia

I = intensidad luminosa

d = distancia de la fuente luminosa al objeto iluminado

α = ángulo entre iluminación horizontal y el plano normal a la intensidad luminosa

2.2. VISIÓN POR COMPUTADOR

Visión por computador es la ciencia de transformar datos programados en una computadora para procesar y entender imágenes y videos, o simplemente hacer que una

computadora vea. (Culjak & Abram, 2012) Todas estas transformaciones se realizan para alcanzar algún objetivo en particular. Los datos de entrada pueden incluir cierta información contextual, como cámaras en automóviles que detectan peatones o detección de un número de células cancerígenas en una diapositiva por un telémetro láser. Una nueva representación puede significar convertir una imagen en color en una imagen en escala de grises o extracción del movimiento de la cámara de una secuencia de imágenes. (Bradski & Kaebler, 2008)

2.2.1. Fases del Proceso de Visión por Computador

Las fases del proceso de visión por computador dependen del objetivo al que está dirigido, es decir, se puede ampliar las etapas como también pueden reducirse. A continuación, en la Figura 6 se muestra el proceso generalizado para el proyecto.

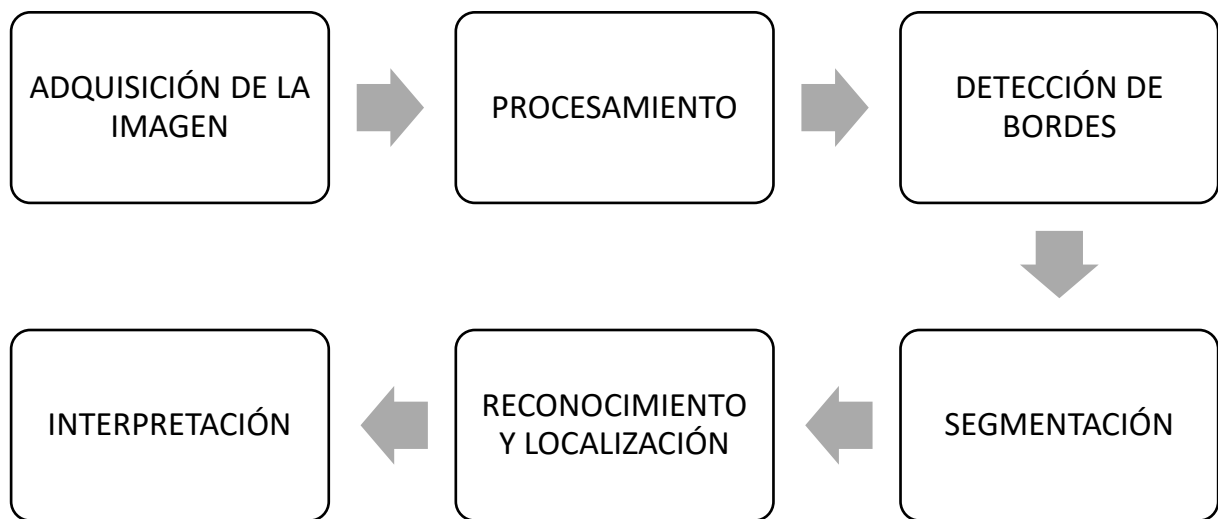


Figura 7. Proceso de Visión por Computadora
Fuente: Modificado de (Álvarez, 2014, pág. 9)

Se explica a continuación qué sucede en cada una de estas fases según se indica a continuación:

- *Adquisición de la imagen:* En la fase de adquisición de la imagen, se indica en (Velez, Moreno, Sánchez, & Sánchez, 2003) que es la captura y digitalización de la imagen de lo físico a lo digital.
- *Pre procesamiento:* Una vez que la imagen se ha digitalizado esta entra a un pre procesamiento el cual facilita etapas posteriores, eliminando partes de la imagen que no se toman en cuenta según (Álvarez, 2014).
- *Detección de bordes:* Una de las etapas importantes en este proceso es la detección de bordes el cual discrimina el fondo separando los objetos de interés reduciendo así los datos indica (Shah, 1997).
- *Segmentación:* A continuación, se realiza una segmentación de la imagen que (Posada, 2015) indica que permite seleccionar los píxeles en función de sus valores sean RGB o HSV⁵, así destacando un objeto de un determinado color.
- *Reconocimiento y Localización:* Por último (Álvarez, 2014) indica que el reconocimiento y localización es donde se clasifican los objetos con características comunes dentro del espacio 3D y 2D, y restringir el espacio mediante técnicas de triangulación para que se seleccione una única imagen y esta pueda ser interpretada.
- *Interpretación:* Con esta fase se procede a interpretar la escena resultante de la información y los cambios encontrados y generados en los procesos anteriores.

Dado que el uso de estas fases no dependientes una de otra ni tampoco obligatorias influyen en el trabajo que se realice, explica (Álvarez, 2014, pág. 10)

⁵ HSV = define un modelo de color en términos de sus componentes donde el matiz H, la saturación S y la V ligereza.

2.2.2. OpenCV

OpenCV (Librería de Visión Computarizada de Código Abierto) es una librería de funciones de programación dirigidas principalmente a visión por computador en tiempo real, desarrollado por Intel⁶ y ahora apoyado por Willow Garage. Es de origen abierto bajo la licencia BSD⁷. En la Figura 8 se muestra un ejemplo para detección de objetos utilizando esta librería en la que se hace un tratamiento de la imagen destacando un único objeto.



Figura 8. Patrón de detección de objetos usando OpenCV

Fuente: (Viraktamath, Mukund, Aditya, & Pavan, 2013)

Esta librería fue originalmente escrita en lenguaje C⁸. No obstante, desde la versión 2.0 incluye interfaz C++ y la tradicional interfaz de C⁹. (Viraktamath, Mukund, Aditya, & Pavan, 2013) Esta librería se divide en módulos, donde cada uno puede ser entendido, en general, como siendo a un grupo de problemas de visión por computador. Todas las clases y funciones son definidas con un nombre espaciado seguido de cv. (Culjak & Abram, 2012)

⁶ Intel = Intel Corporation es el mayor fabricante de circuitos integrados del mundo.

⁷ Licencia BSD = licencia de software para los sistemas Berkeley Software Distribution, un tipo Unix-ike

⁸ Language C = lenguaje de programación muy utilizado con estructura en funciones.

⁹ Interfaz C/C++ = conjunto de funciones que se establecen para llamar al diver con la operación requerida.

2.2.2.1.Estructura de OpenCV.

OpenCV tiene una estructura modular, lo que significa que el paquete incluye varias bibliotecas compartidas o estáticas. Los siguientes módulos son los que están disponibles como nos explica (Claderón & Maldonado, 2014):

- *core*: define una estructura de información básica que es influyente en la matriz multidimensional y en las funciones básicas de distintos módulos.
- *imgproc*: es un módulo para el procesamiento de imágenes, el cual incluye filtros, transformaciones de imágenes, histogramas, conversión de espacios de color, etc.
- *video*: módulo de análisis de video que incluye estimación de movimiento, sustracción de fondo y algoritmos de seguimiento de objetos.
- *Calib3d*: calibración de cámara, estimación de posición de objetos, algoritmos básicos de geometría de visión múltiple, entre otras funciones.
- *Features2d*: detectores de características sobresalientes, descriptores y descriptor de coincidencias.
- *Objdetecfr*. detección de objetos e instancias de clases predefinidas.
- *highgui*: una interfaz fácil de usar para la captura de video, imagen y codecs de video, tales como las capacidades simples de la interfaz de usuario.
- *Gpu*: algoritmos acelerados por GPU de diferentes módulos OpenCV.

OpenCV se estructura en cinco componentes principales, cuatro de los cuales se muestran en la Figura 9. El componente de CV contiene los algoritmos de procesamiento de imágenes básicos y de visión por ordenador de nivel superior; ML es la biblioteca de aprendizaje de máquina, que incluye muchos clasificadores estadísticos y herramientas de

agrupación. High-GUI¹⁰ contiene rutinas y funciones de E/S para el almacenamiento y carga de vídeo y las imágenes, y CXCore contiene las estructuras de datos básicas y el contenido. No incluye CvAux, que contiene áreas desaparecidas y algoritmos experimentales. (Bradski & Kaebler, 2008) La librería OpenCV tiene una estructura funcional que se muestra a continuación en la Figura 9.

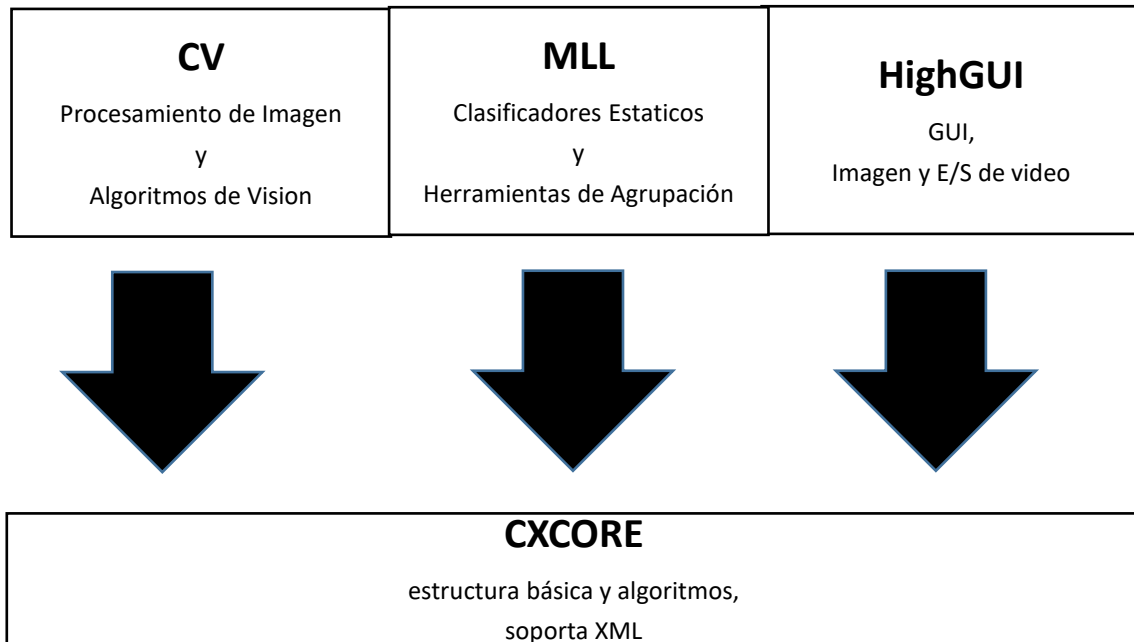


Figura 9. La estructura básica de OpenCV

Fuente: (Bradski & Kaebler, 2008)

2.3. PROCESAMIENTO DE IMAGEN

Cuando se emplea un sistema con visión artificial la imagen capturada no es utilizada directamente por el sistema de visión, es necesario llevar un proceso de un tratamiento de la imagen con la finalidad de facilitar prosesos posteriores. Los propósitos a continuación explicados por (Cárdenas & Lerena, 2012):

¹⁰ GUI = Interfaz gráfica de usuario del inglés Graphical User Interface

- Disminuir el ruido producido por los dispositivos electrónicos.
- Mejorar la calidad de algunas partes de la imagen.
- Las características de la imagen sean resaltadas.
- Transformar la imagen a otro espacio de representación.

2.3.1. Digitalización de Imágenes

El contenido básico de las imágenes está hecho de elementos de imagen conocidos como píxeles. En consecuencia, un procesamiento eficiente de píxeles es de gran importancia ya que las imágenes pueden tener decenas de miles de píxeles fácilmente. Dado que una matriz es una estructura de datos básica en OpenCV, parece razonable que cada elemento en una matriz representa un píxel. Sin embargo, para una imagen de escala de grises, valores propios de píxel son de 8 bits normalmente, mientras que en una imagen en color se utilizan tres valores de 8 bits por píxel para describir tres colores primarios, es decir, los canales (rojo, verde y azul, en realidad OpenCV utiliza el canal en orden BGR). Por otra parte, cierto procesamiento de imágenes podría ser más eficaz si se elige el espacio de color apropiado. (Bradski & Kaebler, 2008)

2.3.2. Smoothing

Es el suavizado de la imagen, es muy utilizado en procesamiento de imagen para la reducción de ruido o ayudar a identificar los bordes de la imagen (Matuska, Hudec, & Miroslav, 2012).

2.3.3. Conversión a HSV y Filtrado por Color

El método de representación del color de HSV (Hue-Saturation-Value) es consistente con la percepción humana del color. Cada elemento del espacio de color es aislado, este adecuado para el procesamiento de imágenes (Feng, Xiaoyu, & Yi, 2014).

HSV consistirá en combinar el tono (Hue), saturación (Saturation) y la intensidad, o valor (Value) de la siguiente forma:

H determinará el tono de color, en un rango que oscila entre 0 y 360 grados. El tono o Hue de un color será su posición en una rueda donde, por ejemplo, rojo correspondería a 0 grados, verde a 120 y azul a 240. Si tuviéramos un color amarillo anaranjado en RGB¹¹ eso significaría que tenemos valores de rojo y verde altos y bajo de azul. Para colores neutros como blanco, gris o negro sería 0 grados.

S es la saturación o cantidad de tonalidad de grises del color en un rango entre 0 y 1. Blanco, gris y negro tendrán todos un valor de saturación de 0 mientras que colores más puros y brillantes tendrán un valor de 1.

V es la intensidad o cantidad de brillo del color también en un rango entre 0 y 1. No hará distinción entre blanco y colores puros, siendo todos ellos de valor 1. Si el valor de V, por ejemplo 0, el color resultante sería negro, independientemente de los valores de las otras dos componentes. De la misma forma, si S fuera 0 y V fuera 1, tendríamos blanco, sin importar el valor de H. (Posada, 2015)

¹¹ RGB = siglas en inglés de red, Green, blue es la composición del color en términos de la intensidad de los colores primarios de la luz.

En OpenCV se dispondrá de la función `cvCvtColor()`, que nos evitará realizar estos cálculos. Esta función nos permitirá introducir una imagen definida en un sistema de color y nos devolverá otra convertida al sistema de color que le indiquemos. (Bradski & Kaebler, 2008) El espacio de color HSV se expresa por los tres elementos de espacio de color, el matiz H, la saturación S y la ligereza V que se representan con la Figura 10 a continuación.

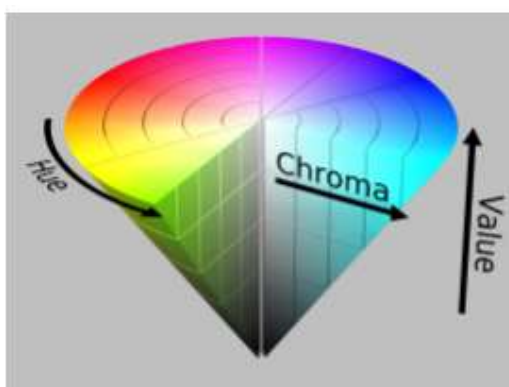


Figura 10. Cono de colores del espacio HSV

Fuente: (Rossius, pág. 13)

2.3.4. Segmentación de la Imagen

A continuación de la conversión a HSV y filtrado por color, se realizará una segmentación de la imagen. Esto se conseguirá introduciendo un valor de umbral¹², que nos permitirá seleccionar píxeles en función de sus valores HSV y destacarlos del resto. En nuestro caso nos interesa destacar los píxeles de un objeto colocado en una mano del usuario de un color llamativo. Para ello deberíamos de poder encontrar el rango de valores de color que caracterizan a dicho objeto. Si aplicamos una binarización¹³ a la imagen, los píxeles del objeto destacados quedarían marcados en blanco y el resto serían negros. (Posada, 2015)

¹² Umbral = selección en una imagen blanca y negra.

¹³ Binarización = reducción de información en la que los valores únicos son 1 y 0.

Algoritmos de segmentación de imágenes generalmente se basan en una de las dos propiedades básicas de los valores de intensidad: la discontinuidad y la similitud. Umbral o Thresholding es un método de similar categoría. Se particiona una imagen en regiones que son similares de acuerdo con un conjunto de criterios predefinidos. (Salleh & S.I., 2008) Existen varias técnicas de fijación de umbrales y también es un enfoque fundamental para la segmentación que goza de un grado significativo de popularidad especialmente en aplicaciones donde la velocidad es un factor importante. (Gonzales & Woods, 2002) A continuación se muestra un ejemplo aplicativo de la segmentación en la Figura 11.

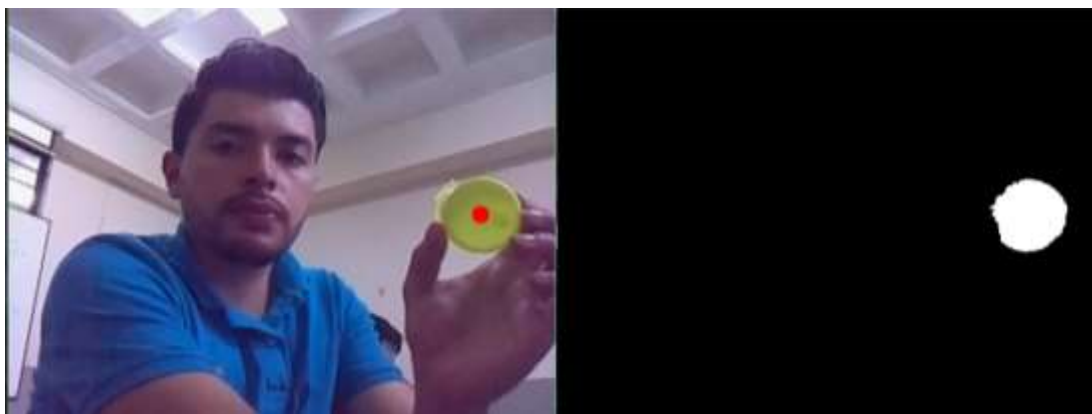


Figura 11. Detección de color en HSV y Umbral de la imagen

Fuente: Autoría

2.3.5. Morfología de Imagen

Las transformaciones morfológicas básicas se llaman dilatación y la erosión, y que se presenten en una amplia variedad de contextos, tales como la eliminación de ruido, el aislamiento de los elementos individuales, y elementos de unión diferentes en una imagen. Morfología también se puede utilizar para encontrar protuberancias o agujeros de intensidad

en una imagen y para encontrar gradientes de imagen. (Bradski & Kaebler, 2008) En la Figura 12 se muestra una comparativa visual de la morfología de la imagen y su original.



Figura 12. Imagen a colores y morfología de la imagen

Fuente: Autoría

2.3.5.1. Dilatación y Erosión

Dilatación es una convolución de algunas imágenes (o región de una imagen), que llamaremos A, con un núcleo, que llamaremos B. El núcleo, que puede ser cualquier forma o tamaño, tiene un punto de anclaje definida solo. Más frecuentemente en, el núcleo es un pequeño cuadrado sólido o disco con el punto de anclaje en el centro. El núcleo puede considerarse como una plantilla o máscara, y su efecto de dilatación es la de un operador local del máximo. Como el núcleo B es explorado sobre la imagen, que calcular el valor de píxel máximo comprometido por B y reemplazar los píxeles de la imagen bajo el punto de anclaje con ese valor máximo. Esto hace que las regiones luminosas dentro de una imagen para crecer como se muestra en la Figura 13. Este crecimiento es el origen del término “operador de dilatación”. (Bradski & Kaebler, 2008)

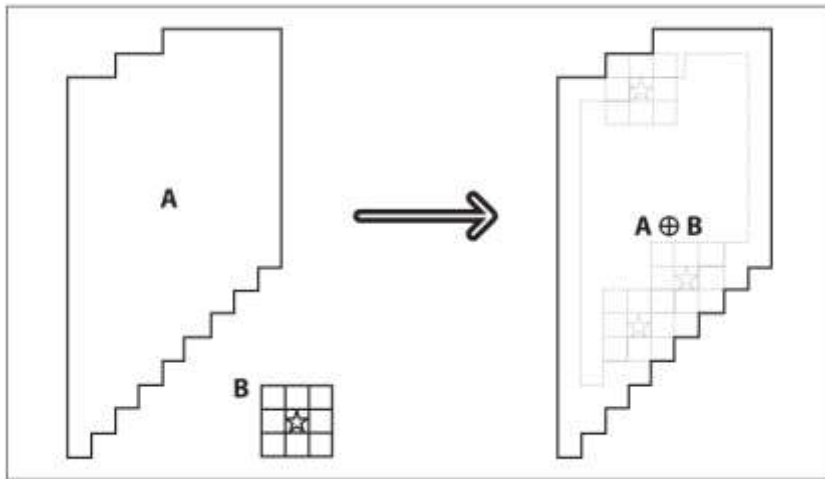


Figura 13. El elemento B se hace pasar por la imagen A, aumentando el tamaño de esta.
 Fuente: (Bradski & Kaebler, 2008, pág. 116)

La erosión es la operación inversa. La acción del operador de la erosión es equivalente a computar un mínimo local sobre el área del núcleo. Erosión genera una nueva imagen de la original usando el siguiente algoritmo: el núcleo B es deslizado sobre la imagen, calcular el valor del píxel mínimos comprometido por B y reemplazar los píxeles de la imagen bajo el punto de anclaje con ese valor mínimo. Erosión se muestra un diagrama en la Figura 14. (Bradski & Kaebler, 2008)

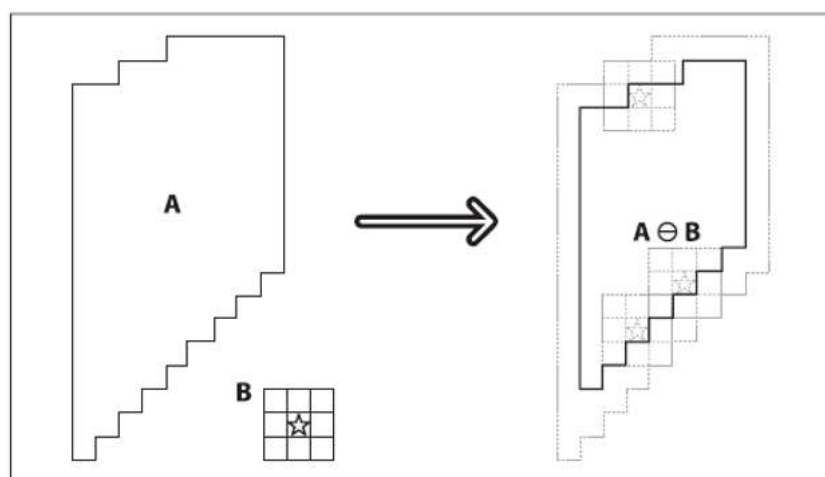


Figura 14. Se observa cómo se reduce la región de A al deslizar B sobre la imagen A
 Fuente: (Bradski & Kaebler, 2008, pág. 117)

En OpenCV existen funciones específicas para realizar operaciones morfológicas como: *cvErode()* y *cvDilate()*. Mismas que se utilizan introduciendo una imagen de entrada, especificando el nombre de la imagen de salida. Otra forma es utilizando el elemento o kernel¹⁴ B, que por defecto es NULL (kernel de 3x3 con anclaje en su centro) y un último será el número de iteraciones, que tiene como valor por defecto 1. (Posada, 2015)

2.3.6. Encontrar Contornos

Inicialmente es necesario encontrarlo en toda la imagen el cual será la región de interés, para esto se implementa un algoritmo de detección de contornos, que encuentra los bordes de la imagen, buscando los cambios entre tonalidades, en este caso para la imagen binarizada son los bordes del cambio de color entre el blanco y el negro, algoritmos de detección de contornos como el de canny, transforman la imagen en una imagen de solo contornos, pero no devuelven información especial sobre cada contorno, la función de OpenCV, *cvFindContours()* no solo encuentra los contornos de la imagen sino que devuelve en un arreglo de memoria como un conjunto de puntos que representan una curva en una imagen. Esto nos permite acceder a cada contorno no solo para visualizarlo sino para filtrarlo con diferentes criterios de clasificación según los atributos. (Posada, 2015) La detección de bordes parte de una imagen original la cual es tratada como se muestra en la Figura 15.

¹⁴ Kernel = traducción ha español es núcleo



Figura 15. Imagen original e imagen con detección de bordes

Fuente: Autoría

2.4. SEGUIMIENTO DE OBJETOS

El seguimiento de objetos es el proceso de estimar en el tiempo la ubicación de uno o más objetos móviles mediante el uso de una cámara. La rápida mejora en cuanto a calidad y resolución de sensores de imagen, junto con el incremento en cuanto a potencia de cálculo, ha favorecido la creación de nuevos algoritmos y aplicaciones mediante el seguimiento de objetos.

El seguimiento de objetos puede ser un proceso lento debido a la gran cantidad de datos que contiene un video. Además, la posible necesidad de utilizar técnicas de reconocimiento de objetos para realizar el seguimiento incrementa su complejidad. (Claderón & Maldonado, 2014) La detección y el seguimiento de objeto es sólo una etapa en el proceso de centrar la atención para encontrar un patrón por lo que es importante que el proceso puede llevarse a cabo rápidamente. Para conseguir la combinación de velocidad y eficacia, un enfoque basado en la apariencia se utiliza en formas geométricas simples y un proceso de ajuste que utiliza la distancia para transformar las respuestas obtenidas del proceso de segmentación. (McAllister, McKenna, & Ricketts, 2000)

2.4.1. Cámara

Casi todas las cámaras digitales en el mercado hoy en día usan una de dos tecnologías para convertir la luz en electrones: charge-coupled-device (CCD) o semiconductor complementario de óxido metálico (CMOS). CCD es la tecnología más antigua, sino también la que produce imágenes con la más alta calidad. CMOS es una técnica bastante nueva que tiene varias ventajas sobre CCD: es significativamente menos caro de fabricar ya que utiliza casi exactamente los mismos procedimientos de fabricación como los utilizados para producir chips de memoria común, consume menos energía y es más fácil de integrar otras funciones en el CMOS-chip, tales como conversión de analógico a digital y procesamiento de señal de carga. Pero CMOS también tiene algunas desventajas, las más importantes son una mayor sensibilidad al ruido y una sensibilidad a la luz baja. Por esta razón, en la actualidad, la mayoría de las cámaras de gama alta están equipados con sensores CCD. Se espera que esto cambie en el futuro a medida que la tecnología CMOS madura, pero por ahora nos centraremos en la tecnología CCD. (Driessen, 2004) En la Figura 16 se muestra una cámara web de marca Logitech.



Figura 16. Webcam Logitech C170

Fuente: <http://www.logitech.com/es-roam/product/webcam-c170>

En la siguiente Tabla 6 se presenta características de diferentes cámaras web USB que según (eLinux wiki, 2016) son modelos de que funcionan en Raspberry Pi.

Tabla 6. Comparación de Cámaras web

Marca	Modelo	S.O.	Captura	Comentario
De video				
Logitech	Webcam C270	Raspbian/ wheezy	1280x720	funciona bien con alimentación externa, la calidad de imagen / vídeo es nítido. Precaución: Pi puede bloquear (al menos no se puede acceder de forma remota) cuando se utiliza el módulo del núcleo de vídeo UVC funciona de forma intermitente.
Microsoft	LiveCam HD-3000	raspbian/ wheezy	1280x720	Desechar los primeros marcos par después de activar, de lo contrario la imagen se rompe y la exposición es malo.
Logitech	Webcam C170	raspbian/ wheezy	1024x760	funciona bien sin fuente, calidad de imagen / vídeo es deficiente

Fuente: (eLinux wiki, 2016)

2.4.2. Selección de características

Seleccionar las características adecuadas tiene un papel fundamental en el seguimiento. En general, la característica visual más deseada es la singularidad porque los objetos se pueden distinguir fácilmente en el espacio de características. Los detalles de las características más comunes son los siguientes:

Color: En el procesamiento de imágenes se utiliza normalmente el espacio de color RGB (rojo, verde y azul) para representar esta característica. Pero, el espacio RGB no es porcentualmente uniforme, y por tanto se han utilizado variedad de espacios de color en el

seguimiento. El color aparente de un objeto se ve influenciado principalmente por dos factores físicos: (Claderón & Maldonado, 2014)

- La distribución de energía espectral de la fuente.
- Las propiedades de reflectancia¹⁵ de la superficie del objeto.

Márgenes: Los límites de los objetos suelen generar fuertes cambios en la intensidad de la imagen, la detección de márgenes se utiliza para identificar dichos cambios. Una de sus propiedades es que son menos sensibles a los cambios de iluminación en comparación con las características de color.

Flujo óptico: Es un campo denso de desplazamiento de vectores que define la translación de cada píxel en una región. Se calcula mediante la restricción de brillantez constante y se usa como característica de segmentación basada en movimiento.

Textura: Es una medida de la variación de intensidad de una superficie que cuantifica propiedades como suavidad y regularidad. La textura requiere una etapa de procesamiento para generar los descriptores siendo menos sensibles a los cambios de iluminación. (Claderón & Maldonado, 2014)

2.4.3. Seguimiento Basado en Color

La idea básica con seguimiento basado en color es que se calcula alguna propiedad del objeto que se está rastreando, por ejemplo, la distribución de probabilidad de los datos de imagen de color. Buscamos entonces la vecindad de la posición anterior de la región que mejor

¹⁵ Reflectancia = Capacidad de un cuerpo de reflejar la luz.

coincide con esta propiedad. Esto se realiza utilizando métodos probabilísticos. Más algoritmos avanzados permiten la distribución de probabilidad para cambiar con el tiempo, permitiendo así que los objetos son rastreados para cambiar el tamaño y la forma. OpenCV implementa dos algoritmos, tales Mean-shift y CamShift. (Driessen, 2004) Para el seguimiento del color de un objeto como ejemplo se muestra a continuación una imagen de ello.



Detección de un objeto de color verde mediante un círculo rojo

Fuente: Autoría

2.4.3.1. Mean-shift

Seguimiento Mean-shift es un algoritmo en tiempo real que se esfuerza para maximizar la correlación entre dos distribuciones estadísticas. No estaba destinado a ser utilizado como un algoritmo de seguimiento, pero ha demostrado ser muy eficaz en este papel. El algoritmo Mean-shift es una técnica no paramétrica que sube la pendiente de una distribución de probabilidad para encontrar el pico más cercano. El algoritmo básico es:

- 1) Elija un tamaño de ventana de búsqueda.
- 2) Seleccione la ubicación inicial de la ventana de búsqueda.
- 3) Calcular la ubicación media en la ventana de búsqueda.

- 4) Centro de la ventana de búsqueda en la ubicación media calculada en el paso 3.
- 5) Repetir los pasos 3 y 4 hasta la convergencia (o hasta que la ubicación media se mueve menos de un umbral preestablecido). (Driessen, 2004)

La desventaja principal con el algoritmo de Mean-shift para este proyecto es que está diseñado para las distribuciones estáticas y por lo tanto no puede manejar objetos con el cambio de tamaño. Esto es obviamente un inconveniente importante cuando se trata de realizar un seguimiento de objetos, ya que se espera para cambiar el tamaño de forma cuando se acerca y se retira de la cámara. Esto significa que el algoritmo Mean-shift no es adecuado como un algoritmo autónomo de seguimiento, pero sin embargo no se descarta, ya que es una parte importante del algoritmo CamShift. (Posada, 2015)

2.4.3.2. CamShift

El algoritmo CamShift, o continuamente algoritmo adaptativo Mean-Shift, es una versión modificada del algoritmo Mean-shift, desarrollado por Intel. El algoritmo Mean-shift modifica para lidiar con el cambio dinámico de distribuciones de color derivadas de las secuencias de fotogramas de vídeo. Se desarrolla con el objetivo expreso de ser un método rápido y eficaz para el seguimiento de una cara dado en presencia de ruido y otras caras, y debería ser posible utilizarlo para el seguimiento de otras cosas diferentes a caras. El algoritmo Mean-shift, como se describe anteriormente, funciona en distribuciones de probabilidad. Distribuciones derivadas de secuencias de vídeo que cambian con el tiempo, por lo que el algoritmo de cambio promedio fue modificado para adaptarse dinámicamente a la distribución de probabilidad que está siguiendo. El algoritmo básico se describe a continuación: (Driessen, 2004)

- 1) Seleccione la ubicación inicial de la ventana de búsqueda.
- 2) Media de cambio que el anterior (una o muchas iteraciones); almacenar el momento cero.
- 3) Ajuste el tamaño de la ventana de búsqueda igual a una función del momento cero se encuentra en el paso 2.
- 4) Repita los pasos 2 y 3 hasta la convergencia (media ubicación mueve menos de un umbral preestablecido).

El algoritmo CamShift ha demostrado ser muy eficaz y computacionalmente eficiente en el seguimiento de objetos individuales, incluso en entornos ruidosos. Sin embargo, desde CamShift no hace ninguna predicción del movimiento de los objetos, es inadecuada para el seguimiento de múltiples objetos, lo cual no es un parámetro que no afecta a este proyecto por razón que únicamente se desea hacer el seguimiento a un solo objeto. (Bradski & Kaebler, 2008)

2.5. SERVO CONTROL

Una vez que se obtenga seguir un objeto determinado, para poder posicionar de la mejor manera la fuente de iluminación se deberá controlar el giro de servos que se colocan en las coyunturas donde se adecue este sistema, de igual manera su inclinación. Para esto se debe determinar un algoritmo el cual permita el funcionamiento de los servos conjunto con el seguimiento de objeto por color.

El ancho de pulso determina el ángulo del servo: - 300us de 20ms serán 0 grados - 2500us de 20ms será el tope 180 grados. (UC3M, 2011). En el capítulo 3 se determina qué hardware y software se utiliza para este proyecto.

El proceso algoritmos es fundamental para dar un seguimiento de un objeto y poder controlar el movimiento de servos se muestra en la Figura 17:

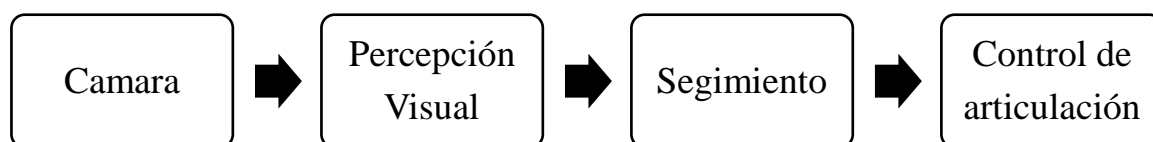


Figura 17. Proceso para el control de servos

Fuente: Autoría

2.5.1. PWM (Modulación por Ancho de Pulso)

Respuesta rápida y la estabilidad son notables propiedades de servomotores. Los servomotores utilizados en este estudio operan con DC y son adecuados para el control PWM. El motor debe tener serie de engranajes conectados a él para poder movilizar de mejor manera una estructura. Un eje motor servo típico se limita a girar de 0 a 180 °, pero es posible modificar el motor para una rotación continua. Los servomotores son controlados con señales PWM que son generadas sea por un microcontrolador o un sistema embebido. El efecto de la anchura de impulso en la dirección del servo motor se muestra en la Figura 18. (Faravar, 2014) Una duración de pulso de 2 ms hace girar el servo las agujas del reloj en su velocidad completa y 1 ms de pulso hace girar el sentido antihorario servo con plena velocidad. Dando al servomotor un pulso con una anchura de 1,5 ms para el motor o se puede configurar para volver a su posición inicial a través de un control de retroalimentación. (Seki, Yokoi, & Iwasaki, 2012) En la Figura 18 se muestra una representación del efecto del ancho de pulso en la dirección de rotación.

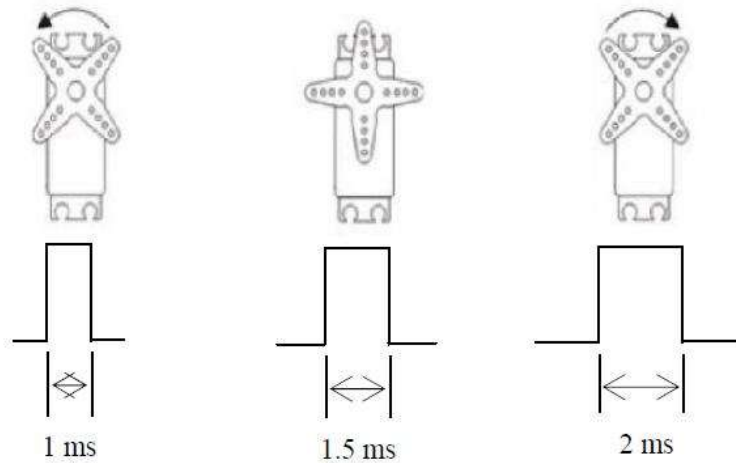


Figura 18. Efecto de la anchura de impulso en dirección del servo motor

Fuente: (Seki, Yokoi, & Iwasaki, 2012)

2.6. SISTEMAS EMBEBIDOS

Un sistema embebido es un sistema de computación diseñado para realizar una o algunas pocas funciones dedicadas, frecuentemente en un sistema de computación en tiempo real. (Pedre, 2012)

Existe un sinnúmero de sistemas embebidos de los cuales en la Tabla 7 se presentan algunos indicando sus características principales.

Tabla 7. Comparativa de Sistemas Embebidos

	Intel Galileo 2	Raspberry Pi 2 Modelo B	Pcduino1
Procesador	Intel® Quark X1000 – single core	BCM2836 (ARMv7) - Quad Core	1GHz ARM Cortex A8
RAM	256MB	1GB	1GB
GPU	NO	Broadcom Dual Core VideoCore IV® Multimedia Processor	OpenGL ES2.0, OpenVG 1.1 Mali 400 core
Soporte para Video	NO	HDMI w/HDPC at 1080p60-Full HD composite video (and	HDMI 3.5mm (and

		audio) jack DSI* – for touchscreens	
USB 2.0	2	4	2
Sistemas Operativo	Yocto 1.4 Poky Linux distribution. Arduino Linux Distribution for Galileo. Windows 10.	Raspbian OS, Fedora Arch Linux ARM RISC OS FreeBSD Plan 9 Android	Linux3.0 + Ubuntu 12.04 Android ICS 4.0
Camera	No	Si	Si

Fuente: modificado de (Lynnette, 2013) y (Raspberry Pi, 2013)

La existencia de Sistemas Embebidos populares en el medio local como son los Arduino, dispositivos de fácil acceso de varias gamas y funciones, lo cual se detalla una comparativa de algunos en la Tabla 8.

Tabla 8. Comparativa Módulos Arduino

CARACTERÍSTICAS	ARDUINO UNO	ARDUINO MEGA2560	ARDUINO MINI-PRO
Microcontrolador	Atmega328	Atmega2560	Atmega 328
Tensión de funcionamiento	5 voltios	5 voltios	5 voltios
Voltaje de entrada recomendando	7-12 voltios	7-12 voltios	7-12 voltios
Voltaje de entrada límite	6-20 voltios	6-20 voltios	5-12voltios
Pines de entrada/salida digitales	14 los cuales 6 proporcionan salida PWM	54 los cuales 15 proporcionan salida PWM	14 los cuales 6 salida PWM
Pines de entrada analógicos	6	16	6
Corriente DC por pin de entrada/salida	40Ma	40mA	40mA
Corriente DC del pin de 3.3 Voltios	50Ma	50mA	50mA
SRAM	2 KB de memoria flash	128 KB de memoria flash	2KB
EEPROM	1 KB	4 KB	1 KB
Velocidad de reloj	16 MHz	16MHz	16 MHz
Precio aproximado	28 dólares	35 dólares	9 dólares

Fuente: (Arduino, s.f.)

2.7. SENSORES DE LUZ

Un sensor de luz es un dispositivo electrónico el cual responde al cambio en la intensidad de la luz o iluminancia. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que percibe la luz generada por el emisor.

Existe un sinnúmero de módulos electrónicos para la medición de la cantidad de iluminación sobre áreas de trabajo, en la Tabla 9 se presentan algunos con sus características.

Tabla 9. Comparativa de sensores de luz

Sensor	Tipo	Voltaje de Operación	Output	Conexión
Bh1750	Digital a través de bus I2C ¹⁶	3V – 5V DC	1 – 65535 lux	2 cables
Modulo sensor de luz de Arduino	Análoga/Digital	5V DC	0 – 1023/requiere calibración	4 cables: VCC, GND, DO, AO
LDR GL5528	Análoga	150V máx.	0 - 1023	5 cables

Fuente: (Naylamp Mechatronics, s.f.)

2.8. METODOLOGÍAS

La metodología para el desarrollo de software es un modo sistemático de realizar, gestionar y administrar un proyecto para llevarlo a cabo con altas posibilidades de éxito. Esta sistematización nos indica cómo dividiremos un gran proyecto en módulos más pequeños llamados etapas, y las acciones que corresponden en cada una de ellas, nos ayuda a definir entradas y salidas para cada una de las etapas y, sobre todo, normaliza el modo en que administraremos el proyecto. (ProcesosdeSoftware , 2005)

¹⁶ I2C = un estándar que facilita la comunicación entre microcontroladores, memorias y otros dispositivos

2.8.1. Modelo en Cascada

Este modelo fue propuesto por Winston Royce en el año 1970. Es una metodología que admite iteraciones, contrariamente a la creencia de que es secuencial. Después de cada etapa se realiza una o varias revisiones para comprobar si se puede pasar a la siguiente. Es un modelo rígido, poco flexible, y con muchas restricciones. Aunque fue uno de los primeros, y sirvió de base para el resto de los modelos de desarrollo de software. (ProcesosdeSoftware , 2005)

2.8.2. Modelo en V

Esta metodología fue diseñada por Alan Davis, y contiene las mismas etapas que el modelo en cascada. A diferencia de aquél, a éste se le agregaron dos sub-etapas de retroalimentación entre las etapas de análisis y mantenimiento.

2.8.3. Modelo en Espiral

Este modelo fue diseñado por Boehm en el año 1988. El modelo se basa en una serie de ciclos repetitivos para ir ganando madurez en el producto final. Toma a las incertidumbres e ignorancias de los requerimientos proporcionados al principio del proyecto o que surgirán durante el desarrollo. A medida que el ciclo se cumple (el avance del espiral), se van obteniendo prototipos sucesivos que van ganando la satisfacción del cliente o usuario.

CAPÍTULO III. DESARROLLO EXPERIMENTAL

En este capítulo se indica el desarrollo experimental del proyecto en base a la metodología del modelo en V, dando cumplimiento a cada fase que este especifica, se toma en cuenta los requerimientos de los stakeholders mediante el estándar IEEE 29148.

3.1. METODOLOGÍA

La elección de un proceso de desarrollo de un sistema a menudo se basa en las experiencias anteriores y las normas a las que se sujeta el proyecto. Sin embargo, debido a la gran cantidad de procesos de desarrollo de software disponibles y las grandes diferencias que pudieran estar presentes entre cada proyecto, la decisión de qué proceso a utilizar debe depender del proyecto en cuestión. A continuación, en la Tabla 10 se muestra una comparativa de algunas metodologías para desarrollo de sistemas.

Tabla 10. Comparativa de modelos de desarrollo de sistemas

Ciclo de Vida	Modelo en Cascada	Modelo en V	Modelo Espiral
Identificación de Problemas			
Determinación de Requerimientos	Comunicación	Modelado de los requerimientos	Comunicación
Análisis	Planeación		Planeación
Diseño	Modelado	Diseño de la arquitectura Diseño de los componentes	Modelado
Desarrollo	Construcción	Generación de código	Construcción
Pruebas y Mantenimiento	Despliegue	Pruebas unitario	Despliegue

	Pruebas de integración
Implementación	Pruebas del sistema Pruebas de aceptación

Fuente: (Itamar, 2009)

El modelo que se utiliza para el desarrollo de este proyecto es el “Modelo en V”, por motivo que cumple con un proceso metodológico adecuado para la investigación que se realiza y conlleva al cumplimiento de uno de los objetivos específicos planteados.

3.2. FASES DE LA METODOLOGÍA DEL MODELO EN V

En el modelo cada fase tiene un propósito en común, pero se relacionan entre ellos para que el sistema se desarrolle de la mejor manera y no tener inconvenientes, donde en el desarrollo de ciertas fases que entrelazan entre ellas permitiendo una validación de lo realizado. A continuación se muestra en la Figura 19 las fases del Modelo en V.

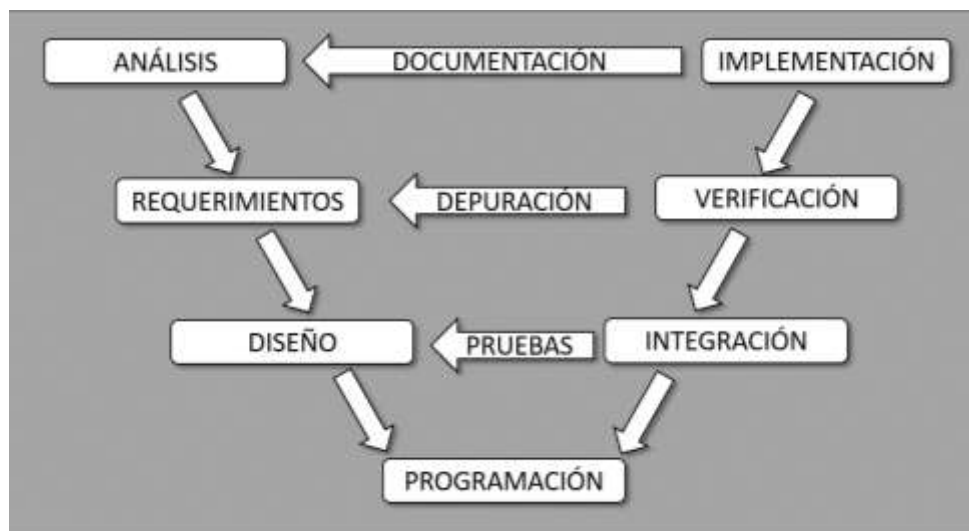


Figura 19. Modelo en V de desarrollo de sistema

Fuente: Autoría

3.2.1. Análisis

En primera instancia para un sistema electrónico es importante la información que se pueda obtener en relación de todos los stakeholders del proyecto. Existen técnicas para recopilación de datos e información que permite ver la situación actual en la que se encuentra el laboratorio de la CIERCOM, esto se realiza con el propósito de identificar problemas y oportunidades de mejora para el proyecto.

3.2.1.1. Encuesta

Esta encuesta va dirigida a los estudiantes de la carrera de Electrónica y Redes de Comunicación que cursan de 4to a 9no semestre con la finalidad de levantar información de los problemas que tienen al soldar elementos electrónicos a placas de circuito impreso ya que en estos niveles según la malla curricular de la carrera contempla materias de carrera en base a la electrónica. Esto se lo realiza con la finalidad de enfocar al proyecto de manera que permita contribuir con las actividades de los estudiantes de forma positiva y que este se valide como un instrumento de apoyo para el estudiante una vez que se determine sus necesidades.

Se realiza seis preguntas de opción múltiple de las cuales dos son de elección según el estudiante considere conveniente, mientras que las cuatro restantes se debe seleccionar únicamente una opción. Para poder apreciar el formato de la encuesta ver el Anexo 03 y de igual manera su tabulación.

- Cálculo de la muestra

Para calcular el tamaño de la muestra suele utilizarse la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Ecuación 4. Cálculo de muestra

Fuente: (Torres & Paz, 2014)

Donde:

n = el tamaño de la muestra.

N = tamaño de la población.

σ = Desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,5.

Z = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1,96 (como más usual) o en relación al 99% de confianza equivale 2,58, valor que queda a criterio del investigador (Valores que se determinan mediante la tabla de distribución normal en el Anexo 15).

e = Límite aceptable de error muestra que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09), valor que queda a criterio del encuestador. (Torres & Paz, 2014)

- Parámetros utilizados

$N = 256$ (número total de estudiantes de la FICA de cuarto semestre en adelante)

$\sigma = 0.5$

$Z = 1.96$

$e = 0.09$

$$n = \frac{(256)(0.5)^2(1.96)^2}{(256 - 1)(0.09)^2 + (0.5)^2(1.96)^2} = 81.25 \approx 81 \text{ estudiantes}$$

Según el cálculo de muestra se determina que el número de estudiantes encuestados debe de ser aproximadamente 81 estudiantes.

- **Análisis y Conclusión de Encuesta**

El tiempo que toma a los estudiantes soldar elementos electrónicos a placas de circuito impreso es un factor importante para el desarrollo del proyecto ya que se busca incluir en su actividad un dispositivo que les permita tener una iluminación adecuada pero no interrumpa en su actividad por lo que debe ser automático para ubicar la luminaria en el punto focal de trabajo a una distancia donde los lux necesarios complemente a la iluminación general del área de trabajo. De tal manera que se plantea la primera pregunta considerando lo mencionado planteando diferentes tiempos en que les tomaría realizar una actividad de soldado de elementos electrónicos a las placas de circuito impreso. Los resultados de la encuesta se puede apreciar en el Anexo 03.

El resultado en la encuesta para la pregunta uno se puede ver en Figura 75, donde el 83% de los encuestados consideran que les toma un tiempo mayor a 10 minutos soldar elementos electrónicos, esto indica que la concentración visual en esta actividad es prolongada por lo que la integración de este proyecto en sus actividades de carrera el cual brinde una adecuada iluminación al mismo tiempo que dirige la luz donde el usuario requiera en la mesa de trabajo sin que lo tenga que manipular evitando contratiempos.

La falta de iluminación puede ser causa de mala aplicación de elementos electrónicos que dan cabida a equivocaciones por los estudiantes, lo cual puede repercutir en el tiempo de finalización de los proyectos, por esta razón se consulta a los estudiantes en base a sus experiencias qué tan dificultoso se le hace la actividad de soldado.

El resultado de la encuesta para la pregunta dos se puede ver en Figura 76, donde el 54% de los estudiantes encuestados considera a la actividad de soldar elementos electrónicos a las placas como muy complicado y el 40% de mediana dificultad, obteniendo como conclusión que la mala iluminación puede dar apertura a errores a causa del exceso de estaño sobre las placas de circuito impreso y así los estudiantes pierden tiempo en rectificar los puntos soldados.

La falta de iluminación en actividades de concentración visual causa incomodidad para los estudiantes ya que la manipulación de elementos electrónicos de pequeño tamaño requiere de una iluminación localizada para observar los códigos de colores de resistencias, los grabados en los circuitos integrados o incluso los lugares donde se requiere soldar sean estos en los pines o partes de los circuitos impresos.

En la pregunta tres se puede ver en Figura 77; se tiene un total de 92 selecciones ya que la pregunta considera múltiples selecciones de las cuales 10 estudiantes únicamente no cree que la iluminación le afecte al visualizar elementos electrónicos, por tal razón se determina que el uso de iluminación localizada puede facilitar a los estudiantes el observar a mayor detalle objetos pequeños, distinguir colores, ver relieves por exceso de estaño o carencia del mismo, etc. Por lo que se concluye que el uso de un dispositivo de iluminación localizada facilitaría a los estudiantes esfuerzos visuales que pueden afectar a su salud.

Los elementos necesarios para soldar son: caudín, alambre de estaño, elemento electrónico para soldar, placa de circuito impreso y resina para facilitar el proceso de soldadura blanda. El estudiante para fusionar debe sostener algunos de los objetos mencionados a la vez, en la pregunta 4 se consulta a los estudiantes su confort con ello.

El resultado de la encuesta para la pregunta cuatro se puede ver en Figura 78, donde el 93% de los estudiantes encuestados considera a la actividad de soldar elementos electrónicos a las placas una actividad incomoda, de manera que como conclusión para el proyecto es considerar que el sistema debe ser automático donde el usuario sea beneficiario de una buena iluminación sin que este pueda incomodarlo por motivo que el usuario debe manipular varios elementos.

Anteriormente se menciona los distintos elementos que se utiliza para soldar, de tal manera que se consulta a los estudiantes en la pregunta 5 de cómo sostienen estos objetos resultado que se puede apreciar en la Figura 79.

Se concluye en la pregunta cinco que los estudiantes en general utilizan las dos manos para soldar, de tal manera que indistintamente de un apoyo para soldar, no podían ubicar la luminaria, por lo cual el prototipo debe tener un seguimiento automático al punto focal del soldado guiado por el usuario, sea este por medio de un objeto de color que porte en una de sus manos.

Las causas de la dificultad para visualizar detalles pequeños al momento de soldar se reflejan en accidentes por la presencia de sombras del mismo usuario que usualmente está obstruyendo la luz dirigida a la mesa de trabajo.

De los estudiantes encuestados en la pregunta seis se puede ver en Figura 80, la selección es arbitraria. Se obtuvo un total de 216 respuestas, destacando que 76 consideran que han tenido problemas con el exceso de estaño y 66 que han tenido problemas al soldar dos o más puntos por error. De esta manera se concluye que la carencia de un dispositivo que brinde una iluminación dedicada para evitar las sombras que dan cabida a contratiempos en realización de tareas, daño de elementos que repercute en gastos, etc. Por motivo que no se obtiene una buena visibilidad únicamente con la iluminación general.

3.2.1.2. Inspección

Mediante una inspección a las instalaciones del laboratorio de electrónica de la CIERCOM se toman valores para determinar la luminosidad sobre las mesas de trabajo, estos datos se obtienen mediante una aplicación de celular llamada Physics Toolbox por Vieyra Software en su versión 1.4.3. Esta aplicación muestra un gráfico de luminosidad (Lux) con respecto al Tiempo (s) que pueden ser exportados a Google Drive o en un correo electrónico como un archivo CSV (valores separados por comas) mismo que podemos ejecutar con Excel. Probar el brillo / intensidad de las fuentes de luz utilizando el sensor de luz del teléfono. Utiliza el sensor de luz para investigar la ley del cuadrado inverso de una fuente puntual de luz expuesto en 2.1.4.1, dependiente de las variaciones de intensidad solar sobre el tiempo y la capacidad de los objetos y superficies para absorber, reflejar y/o transmitir la luz. (Vieyra & Vieyra, 2015) en la Figura 20 se muestra una captura de pantalla de la aplicación.



Figura 20. Captura de pantalla del funcionamiento de aplicación Physics Toolbox

Fuente: Autoría

El motivo por el cual se escoge esta aplicación es por su renombre en publicaciones sobre esta aplicación como una iniciativa para la enseñanza de las Ciencias Físicas utilizando los teléfonos móviles inteligentes o Smartphone. También, ya que la accesibilidad de instrumentos avanzados de medición es limitada por su costo en el medio local se decidió tomar esta aplicación que no tiene ningún costo. Para mayor información sobre el uso de esta aplicación como herramienta de medición para obtención de datos ver los artículos de su desarrolladora en (Vieyra, Jeanjacquot, & Marti, 2015) (Vieyra R. , 2016) (Sans Tresserras, Manjón Herrera, Pereira, Gómez-Tejedor, & Monsoriu Soriano, 2013) (K., 2015)

Se debe aclarar que el uso de la aplicación móvil es únicamente para la representación gráfica de los datos ya que el sensor que contiene el dispositivo móvil utilizado, en este caso el “Samsung Galaxy Note 4”, es el cual determina la cantidad de lux del medio. En la Figura 21 se muestra Smartphone utilizado para la medición de la cantidad de luz.



Figura 21. Samsung Galaxy Note 4

Fuente: (Samsung, 2016)

El dispositivo móvil contiene varios sensores que se detallan a continuación en la Tabla

11:

Tabla 11. Sensores del Samsung Galaxy Note 4

Numero	Sensores
1	Acelerómetro
2	Barómetro
3	Fingerprint
4	Giroscopio
5	Geomagnético
6	Gestual
7	Hall
8	HR
9	Proximidad
10	RGB
11	UV

Fuente: (Samsung, 2016)

El que se destaca por su utilización para la medición de lux y pruebas del proyecto es el sensor RGB el que tiene la funcionalidad de detectar varios espectros de colores (en concreto detecta el rojo, el azul, el verde y el blanco) en la luz que irradia en el teléfono para ajustar el brillo en pantalla de forma eficaz y mejorar la nitidez, de la misma manera que presenta en lux la cantidad de iluminación sobre el mismo. (Sánchez, 2013) El sensor se ubica en la parte superior del frente del teléfono móvil, junto con el sensor de proximidad, mismo que se puede ver su funcionamiento marcando “#*0*#” como se muestra a continuación en la Figura 22.

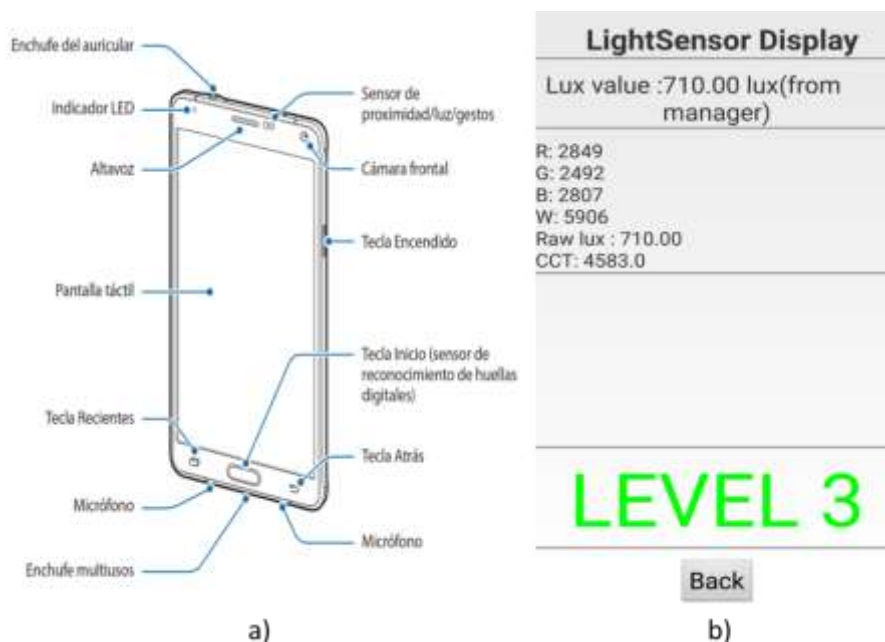


Figura 22. a) Ubicación de sensor de luz de Samsung Galaxy Note 4. b) Captura de pantalla de funcionamiento de sensor de luz del Samsung Galaxy Note 4.

Fuente: Autoría

Para realizar las mediciones de la cantidad de lux en el área de trabajo en la inspección se hace uso del dispositivo móvil mencionado tomando los valores de medición que este utiliza para regulación del contraste del display según sean las condiciones lumínicas ambientales, es decir, la cantidad de iluminación en lux que muestra de forma digital, lo mismo que son

interpretador por la aplicación Physics Toolbox. En (Soneira, 2014) se hace un análisis de las características del Samsung Galaxy Note 4 de manera técnica, donde se evalúa específicamente la forma de medición en “Modo de visualización adaptable con una amplia gama de colores” por medio del sensor de luz.

En la inspección se determinó la existencia de 6 mesas de trabajo en las cuales se comparten por los estudiantes, el laboratorio cuenta con 6 luminarias cada una cuenta con dos tubos fluorescentes de 40w. En la Figura 23 se visualiza los interiores del laboratorio de electrónica.



Figura 23. Laboratorio de Electrónica

Fuente: Autoría

Las mediciones en cada mesa de trabajo se toman sobre cada una, tomando así datos para determinar si la cantidad de luxes es la idónea para la actividad de soldar elementos electrónicos a PCB. En la Figura 24 siguiente se muestra cómo es la medición de lux para la obtención de datos.



Figura 24. Medición de Lux en Área de Trabajo

Fuente: Autoría

La medición de cantidad de luxes que existe en el laboratorio utilizando la aplicación se toma en los distintos espacios donde los estudiantes desempeñan las distintas funciones de laboratorio. En primera instancia se toman datos del pasillo dentro de las instalaciones. Luego, se realizó las mediciones sobre las mesas de trabajo del laboratorio obteniendo distintos valores análogos. El rango de valores obtenidos se muestra en la Figura 25 , indicando un mapa de calor para la representación aproximada de los datos obtenidos.

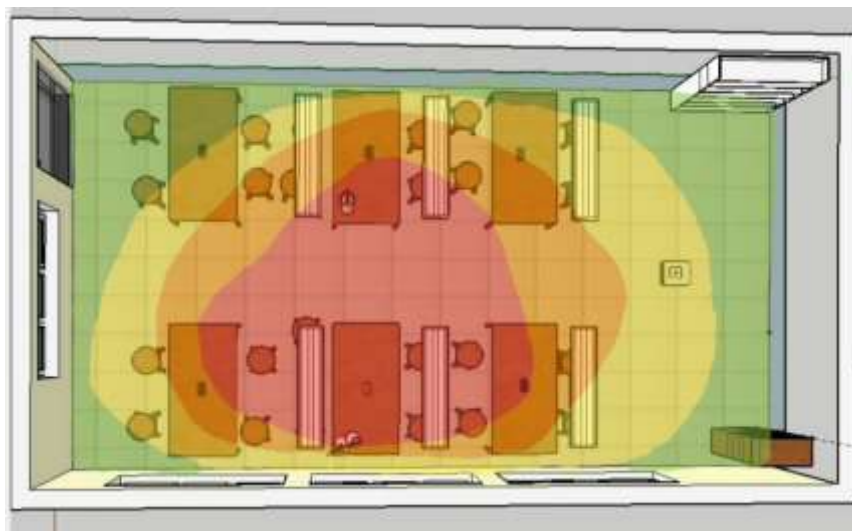






Figura 25. Mapa de calor para datos obtenidos en lux

Fuente: Autoría

A continuación, en la Tabla 12 se muestra en rango de valores según se indica el mapa de calor, donde los valores máximos son representados con el color rojo y mínimos con el color verde; los colores naranja y amarillo son valores intermedios.

Tabla 12. Valores representativos del mapa de calor

	Color	Valor Máximo (lux)	Valor Mínimo (lux)
Rojo		322	284
Naranja		283	197
Amarillo		196	154
Verde		153	110

Fuente: Autoría

Los valores que se obtuvieron en cada mesa se muestra en la Tabla 13, dando los valores máximos y mínimos en lux de la medición.

Tabla 13. Valores obtenidos sobre las mesas de trabajo

Numero de mesa	Valor máximo (lux)	Valor mínimo (lux)
1	154	110
2	154	124
3	197	162
4	284	206
5	322	171
6	149	123

Fuente: Autoría

Se muestra a continuación la gráfica con los valores de luxes en el exterior del laboratorio con respecto al interior de las instalaciones en la Figura 26.

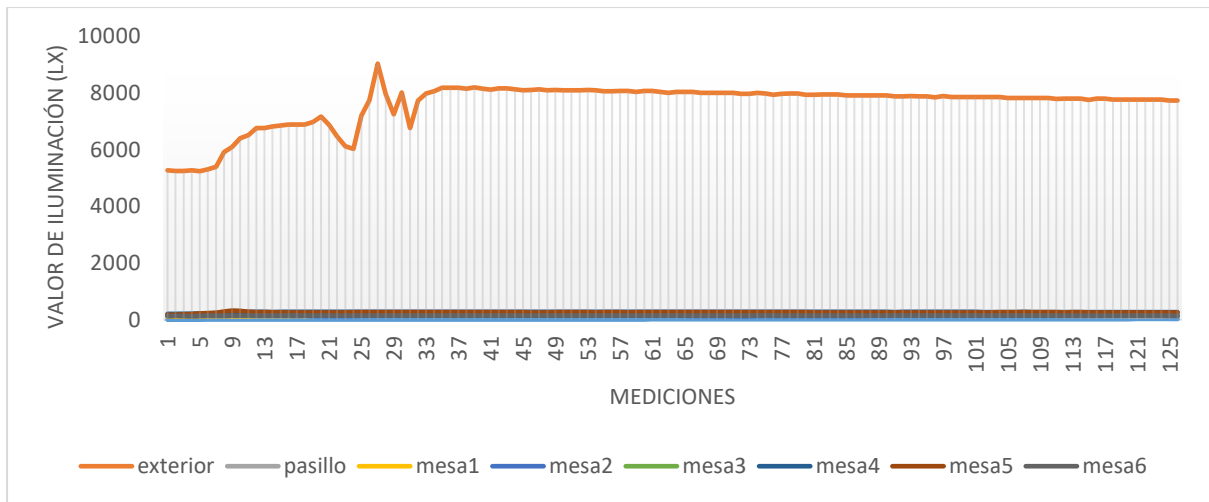


Figura 26. Gráfica de lux en función del tiempo del exterior e interior del laboratorio

Fuente: Autoría

Los valores en la gráfica correspondientes al exterior son datos que claramente superan a los internos del laboratorio de electrónica, incluso cuando las 6 luminarias están encendidas como es en este caso, ya que los datos fueron tomados en estas condiciones. De igual manera en la Figura 27 se muestran los valores al interior del laboratorio los cuales se puede apreciar que son bajo el rango recomendado para lugares de lectura o áreas de trabajo para actividades que requieran concentración visual de 500 lux.

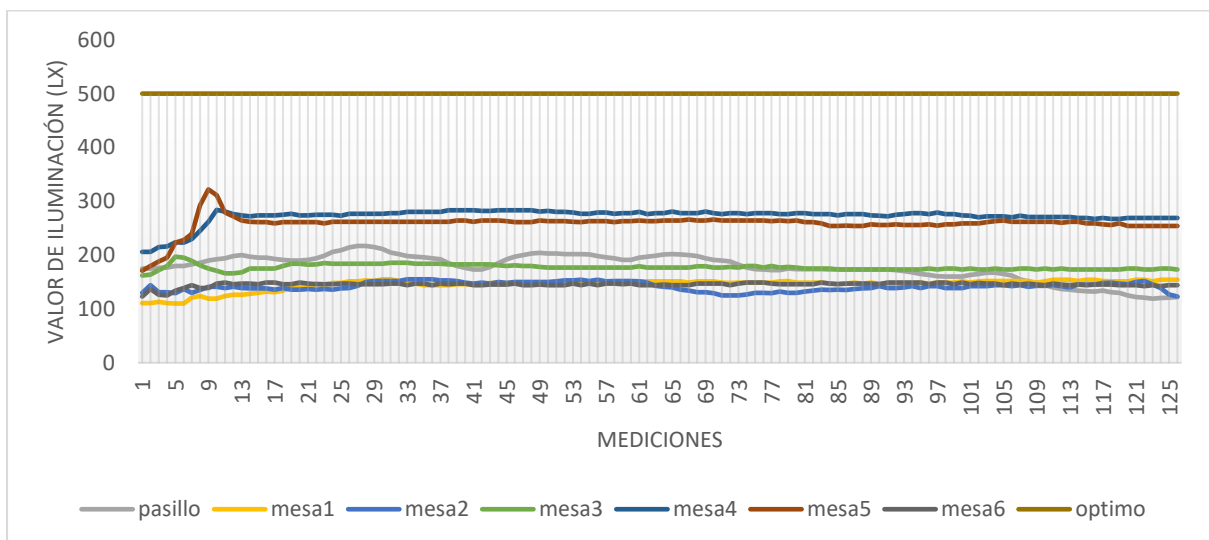


Figura 27. Gráfica de lux en función del tiempo del interior del laboratorio

Fuente: Autoría

Los valores indican que las cantidades de lux al interior del laboratorio de electrónica son insuficientes para brindar un confort óptico. Para mayor detalle de los datos recolectado en la inspección revisar el Anexo 09 que indica todos los valores considerados en distintos días.

3.2.1.3.Luminotecnia

Se considera los datos específicos del laboratorio de electrónica para realizar los cálculos correspondientes al número de luminarias para determinar si existe un riesgo por falta de iluminación. La actividad de soldar elementos a PCB se la considera como “tarea visual continua y de precisión” de un rango de 1000 a 2000 luxes.

- Datos del laboratorio de electrónica

Tabla 14. Características del área de trabajo (laboratorio de electrónica de la CIERCOM)

Altura (H)	3m
Largo (L)	9m
Ancho (W)	6.6m
Número de luminarias	6
Número de tubos fluorescentes	12
Potencia de cada tubo	40W
Lúmenes por tubo	2520
Requerimiento	>500 lux

Fuente: Autoría

Los niveles requeridos de lux para el laboratorio de electrónica se toman de la Tabla 1, considerando las actividades que se realizan en sus instalaciones como de precisión.

- Determinación del Índice de Cuarto¹⁷

$$K = \frac{WL}{H(W + L)}$$

Ecuación 5. Índice de Cuarto (K)

Fuente: (Cevallos & Jarama, 2010, pág. 19)

Donde:

K: Índice de cuarto

W: Ancho

L: Largo

H: Alto

$$K = \frac{6.6 \times 9}{3(6.6+9)} = 1.7$$

Realizando los cálculos reemplazando los valores obtenidos en la Tabla 14 en la Ecuación 5, se obtiene un índice de cuarto de 1.7 aproximadamente.

- Determinación del Coeficiente de Reflexión

Para determinar el coeficiente de reflexión se debe considerar el color de las superficies del lugar de evaluación. En la Figura 28 se muestra las superficies del laboratorio de electrónica de CIERCOM.

¹⁷ Índice de cuarto = Código numérico, representativo de la geometría del local entre el plano de trabajo y el plano de las luminarias.



Figura 28. Superficies del Laboratorio de Electrónica

Fuente: Autoría

En la Tabla 15 siguiente se muestran valores del coeficiente de reflexión el cual considera el color de las superficies del laboratorio como el techo, paredes, suelo; datos que se determinan en (Cevallos & Jarama, 2010) .

Tabla 15. Valores de Factor de Reflexión

	Color	Factor de Reflexión
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
Paredes	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
Suelo	Claro	0.3
	Oscuro	0.1

Fuente: (Cevallos & Jarama, 2010, pág. 20)

- Determinación de Factor de Utilización¹⁸

Es el cociente de los lúmenes que llegan al plano de trabajo y los totales generados por la lámpara este factor toma en cuenta la eficiencia y la distribución de la luminaria (Bermeo & Granda, 2013). En caso del laboratorio se toma valores de factor de reflexión 0,5 para el techo;

¹⁸ Factor de Utilización = Relación entre el Tiempo de Operación de un Item y su Tiempo Disponible

0.3 para las paredes y 0.2 para el piso, los que permiten encontrar el coeficiente de utilización (η) mediante la Tabla 16, que considera el índice de cuarto.

Tabla 16. Factores de utilización en función de las características del área de trabajo

Luminarias de Distribución						
Techo	70%		50%	30%	0%	
Pared	50%	30%	50%	30%	30%	0%
Piso			20%			0%
K						
0.60	34	34	38	34	34	30
0.80	40	41	44	41	40	37
1.00	46	46	49	46	45	42
1.25	52	51	53	50	50	47
1.50	56	54	56	53	53	50
2.00	60	59	60	58	57	54
2.50	64	62	62	61	60	57
3.00	67	63	64	62	62	59
4.00	69	65	65	64	63	61
5.00	72	66	66	65	64	62

Fuente: (Bermeo & Granda, 2013, pág. 45)

Una vez que se obtiene valores posteriores, en la Tabla 16 se determina el valor para el coeficiente de utilización η que es 0,58 aproximando K.

- **Determinación de Coeficiente de Mantenimiento**

El flujo luminoso de las lámparas es influenciado por el grado de limpieza de la luminaria, por tal razón, el coeficiente de mantenimiento depende del grado de suciedad ambiental y la frecuencia de limpieza del local (Castilla, Blanca, Martínez, & Pastor, 2011)

(Bermeo & Granda, 2013). Para determinarlo, suponiendo una limpieza periódica anual, se toma los siguientes valores que se muestran en la Tabla 17:

Tabla 17. Factor de mantenimiento

Ambiente	Factor de mantenimiento
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Fuente: (Bermeo & Granda, 2013, pág. 46)

- Determinación del Flujo Luminoso Total

$$F = \frac{ES}{\eta f_m}$$

Ecuación 6. Flujo Total (F)

Fuente: (Cevallos & Jarama, 2010, pág. 21)

Donde:

F : Flujo total

S : Superficie de trabajo ($59.4m^2$)

E : Iluminación deseada (500 lux requeridos por la norma ISO 8995)

η : Coeficiente de utilización (0.58)

f_m : Factor de mantenimiento (0.8)

$$F = \frac{500 \times 59.4}{0.58 \times 0.8} = 64008.620 \text{ lux}$$

- Determinación de Luminarias Necesarias

$$NL = \frac{F}{n F_l}$$

Ecuación 7. Número de luminarias (NL)

Fuente: adaptado de (Bermeo & Granda, 2013, pág. 47)

Donde:

NL : Número de luminarias

F : Flujo total (64008.620 lux)

n : numero de lámparas que tiene cada luminaria (2 lámparas)

F_l : Flujo luminoso de una lámpara (2520 lm)

$$NL = \frac{64008.620}{2 \times 2520} = 12.700 \approx 13$$

Los niveles de iluminación necesarios para las dimensiones del laboratorio de electrónica son de 64008.620 lux que se determina teóricamente, el cual debe contar con 13 luminarias distribuidas valor determinado dadas las características y condiciones del laboratorio de electrónica de la CIERCOM.

3.2.2. Requerimientos

Los requisitos tienen una función interdisciplinaria que relaciona la necesidad del usuario con la solución que el desarrollo del proyecto puede brindar para mantener y establecer parámetros que el sistema debe cumplir. Para el desarrollo de este proyecto se toma en cuenta a los implicados o stakeholder que son tomados en cuenta en el sistema, se lista en la Tabla 18:

Tabla 18. Lista de stakeholders

Lista de stakeholders
1. Estudiantes de la CIERCOM
2. Universidad Técnica del Norte
3. Ing. Jaime Michelena Director de Presente Trabajo de Titulación
4. Henry Farinango Desarrollador del Proyecto

Fuente: Autoría

Se forman requerimientos de stakeholders, sistema y arquitectura o hardware, los que contribuyen a las necesidades de los usuarios y determinan la funcionalidad de sistema. Esto es tomado en cuenta para la realización del proyecto y poder solventar las necesidades que se ven expuestas en el análisis realizado.

3.2.2.1. Requerimientos de Stakeholders

El propósito es definir los requisitos de los interesados para un sistema que puede proporcionar los servicios que carecen los usuarios en un entorno definido. Se los analiza y transforma en un conjunto común de requisitos que expresan la interacción previsto que el sistema tendrá con su entorno operativo y que son la referencia contra el cual se valida cada servicio operativo resultante. A continuación, en la Tabla 19 se redactan los requerimientos de stakeholders.

Tabla 19. Requerimientos de stakeholders

StSR				
REQUERIMIENTOS DE STAKEHOLDERS				
#	REQUERIMIENTO	PRIORIDAD		
		Alta	Me dia	Baja
REQUERIMIENTOS OPERACIONALES				
StRS 1	La lámpara deberá estar ubicada a una distancia prudencial del usuario de preferencia a los costados	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
StRS 2	Se debe encender y esperar un tiempo hasta que el sistema compile el programa de funcionamiento	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
StRS 3	El dispositivo debe colocarse en el área de trabajo del usuario	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
REQUERIMIENTOS DE USUARIOS				
StRS 4	Debe tener en una de sus manos el objeto de color a seguir	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
StRS 5	El objeto a seguir deberá estar en el área determinada de reconocimiento	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
StRS 6	El usuario para volver a tener seguimiento por la lámpara debe hacer visible el objeto de color una vez que ha salido del área de seguimiento	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: Autoría

3.2.2.2. Requerimientos del Sistema

En los requerimientos del sistema se definen los límites funcionales del sistema en términos de comportamiento y las propiedades que deben proporcionarse, donde se indica las funciones a realizarse. Se especifica las limitaciones del sistema y acciones permisibles de los logros técnicos en la Tabla 20 de requerimientos del sistema.

Tabla 20. Requerimientos del Sistema

SySR					
REQUERIMIENTO DE FUNCIONES					
#	REQUERIMIENTO	PRIORIDAD			RELACIÓN
		Alta	Media	Baja	
REQUERIMIENTO DE USO					
SySR 1	Conexión a enchufe de 110V y encendido el sistema	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
SySR 2	Conexión de sistema embebido con su propio regulador de voltaje	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
SySR 3	Fuente de voltaje adicional para servomotores según su hoja de datos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
REQUERIMIENTO DE PERFORMANCE					
SySR 4	Seguimiento de un objeto de color por medio de cámara en el plano 2D	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	StRS 5
SySR 5	Movimiento de servomotores según la posición en el plano del objeto a seguir	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	StRS 4
SySR 6	Regulación automática de la cantidad de luz alejando o acercando la fuente luminosa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
REQUERIMIENTO DE MODOS/ESTADOS					
SySR 7	El sistema debe volver a su estado inicial si no encuentra el objeto a seguir y apagado/encendido manual	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	StRS 2
REQUERIMIENTO FÍSICOS					
SySR 8	Integración de servos a lámpara de escritorio	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	StRS 3 StRS 1

Fuente: Autoría

3.2.2.3.Requerimientos de Arquitectura

Los requerimientos de arquitectura se refieren a los componentes que son tomados en cuenta para el sistema electrónico, donde el hardware a usar debe ser en función de características que el sistema demande. A continuación, se muestra los requerimientos de arquitectura en la Tabla 21.

Tabla 21. Requerimientos de Arquitectura

REQUERIMIENTOS DE FUNCIONES					
#	REQUERIMIENTO	PRIORIDAD			RELACIÓN
		Alta	Media	Baja	
REQUERIMIENTOS LÓGICOS					
SRSH 1	La cámara debe ser calibrada según la resolución deseada	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SySR 4
SRSH 2	Mediante un algoritmo los servos deben posicionarse según orientación del objeto en el plano 2D	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SySR 4 SySR 5
SRSH 3	Definición del área de reconocimiento de objeto para seguir	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SySR 7
REQUERIMIENTOS DE DISEÑO					
SRSH 4	Para sostener la lámpara debe diseñarse una base donde el sistema embebido encaje y a la vez sostenga la estructura completa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
SRSH 5	Para sostener a los servomotores se debe modificar piezas actuales de la lámpara	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SySR 8
SRSH 6	Los cables de los servos deben ser alargados para ubicar el sistema embebido en la base	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
REQUERIMIENTOS DE HARDWARE					
SRSH 7	Sistema embebido compatible con la librería de OpenCV	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
SRSH 8	Permita utilizar PWM para manejo de por lo menos cuatro servomotores	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
SRSH 9	Entradas y salidas análogas y/o digitales para manejo de sensores	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
SRSH 10	Soporte para webcam para video streaming y más de 2 puertos USB	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SRSH 7
REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE					
SRSH 11	Sistema Operativo y Lenguaje de programación de código abierto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
SRSH 12	Compatible con Librería OpenCV y webcam	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SySR 5 SRSH 10
SRSH 13	Compatibilidad con sistema embebido escogido	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SRSH7
REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS					
SRSH 14	Conexión de GND entre todos los módulos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SySR 1
SRSH 15	Fuente DC adicional para servomotores	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SySR 3

Fuente: Autoría

3.2.3. Elección de Hardware y Software

La elección de hardware y software se establece según los requerimientos que mediante una tabla comparativa se obtiene una valoración y de ello, se elige al de mayor puntuación.

3.2.3.1. Elección de Hardware

La elección del sistema embebidos que se va a emplear en el sistema se lo realiza en base a los requerimientos del hardware que se especifican en la Tabla 22 sobre requerimientos de Arquitectura.

Tabla 22. Elección de Hardware

HARDWARE	REQUERIMIENTOS				VALORACIÓN TOTAL
	SRSH 7	SRSH 8	SRSH 9	SRSH 10	
Intel Galileo Gen 2	●	●	●	○	3
Raspberry Pi 2	●	●	●	●	4
PC-duino	●	●	●	○	3

● **Cumple**
○ **No cumple**

Elección: **El hardware idóneo según los requerimientos del sistema es Raspberry Pi 2**

Fuente: Autoría de modelo

Después de realizar la elección del sistema embebido se debe realizar la elección del hardware necesario para la funcionalidad del sistema según las características y compatibilidad de Raspberry Pi 2.

- Elección de Cámara

Las cámaras web compatibles para Raspberry Pi 2 y su sistema operativo propietario Raspbian de (Embedded Linux Wiki, 2016) se ha elegido las más accesibles en el mercado nacional y se compara sus características en la Tabla 23.

Tabla 23. Comparativa de modelos de Cámaras Web compatibles para Raspberry Pi 2

Marca	Modelo	S.O. compatible	Resolución	Comentario	Precio Aproximado
Logitech	Webcam C270	Raspbian/wheezy	1280x720	Necesita fuente externa	\$ 79.99
Logitech	Webcam C170	Raspbian/wheezy	1024x760	Trabaja bien sin fuente externa, calidad de img/video pobre	\$ 35.99
Microsoft	HD-3000	Raspbian/wheezy	1280x720	Demora en capturar img, mala exposición	\$ 69.99

Fuente: Modificada de (Embedded Linux Wiki, 2016) Nota: Los precios que se exponen son aproximados en el medio local

La elección de la cámara web se basa en la funcionalidad que se requiere para el seguimiento de objetos, el cual no se ve afectado por la resolución sino por la calidad funcional que esta tenga con Raspberry Pi 2 y Raspbian, basando en los comentarios y recomendaciones de (Embedded Linux Wiki, 2016) la Logitech C170 conviene para la realización del proyecto.

- Elección de Servomotores

Para elegir el modelo de los servomotores que se utilizan en este proyecto se hace una comparativa de algunos modelos en la Tabla 24 de los cuales se obtendrá el de mejores características para la integración del sistema electrónico a la lámpara de escritorio.

Tabla 24. Comparativa de Servomotores

Servo	Peso (g)	Velocidad (seg/60°)	Torque (kg-cm)	Tamaño (mm)	Engranajes
Futaba S3003	37.2	0.23	4.8V → 3.2 6V → 4.1	40x20x38.1	Plástico
Hitec HS-55	8	0.17/0.14	4.8V → 1.1 6V → 1.3	22.8x11.6x24	Plástico
Tower Pro MG946R	55	0.17/0.14	4.8V → 9.4 6V → 11	40.7x19.7x42.9	Metálico

Fuente: Modificado y adaptado de (Castro Gómez, 2012)

Los requerimientos del sistema concernientes a los servomotores se basan en las mejores características que estos tengan, de tal manera que se debe considerar que su torque sea la principal, y que sus engranes sean resistentes para movimientos constantes. El Tower Pro MG946R es el idóneo dado a sus peculiaridades que cumplen con lo requerido para la realización del proyecto.

- Elección de Sensor de Luz

La variación de luz que existen en el laboratorio de electrónica de la CIERCOM debe ser medido de alguna manera que se pueda determinar un cambio para regular la cantidad de luz sobre la mesa de trabajo. A continuación, en la Tabla 25 se presentan algunos de los sensores que se puede utilizar con Raspberry Pi 2 para determinarlo.

Tabla 25. Comparativa de Sensores de Luz

Sensor	Tipo	Voltaje de Operación	Output
Bh1750	Digital	3V – 5V DC	1 – 65535 lux
Modulo sensor de luz de Arduino	Análoga/Digital	5V DC	0 – 1023/requiere calibración
LDR GL5528	Análoga	150V máx.	0 - 1023

Fuente: (Naylamp Mechatronics, s.f.)

El sensor de luz para este proyecto es el BH1750, dado a que es un módulo digital que determina como salida el valor en lux de la iluminación que recibe y no necesita de una calibración. Sin embargo, al ser digital este debe ser utilizado con un módulo que interprete sus datos dado a que el Raspberry Pi 2 utiliza la comunicación I2C para la Webcam y podría afectar al seguimiento del objeto de color. Por eso, se tienen a continuación en Tabla 26 la una comparativa de los módulos Arduino ideales para poder interpretar los valores del sensor electo.

Tabla 26. Comparativa Módulos Arduino

Características	Arduino Uno	Arduino Mega 2560	Arduino Mini Pro
Microcontrolador	Atmega328	Atmega2560	Atmega328
Voltaje de Operación	5V DC	5V DC	5V DC
Pines de E/S digitales	14 los cuales 6 son para PWM	54 los cuales 15 son para PWM	14 los cuales 6 son para PWM
Corriente de salida por pin de E/S	40mA	40mA	40mA

Fuente: (Naylamp Mechatronics, s.f.) (Arduino, s.f.)

El Arduino Mini Pro es el módulo con menos pines para uso, de manera que son suficientes para la medición del sensor digital BH1750 y se tiene un espacio físico minorado para colocarlo en la estructura de implementación.

- Elección de Luminaria

La elección de la luminaria contempla característica en función de tecnología, de manera que en la Tabla 27 se hace una comparativa de la mejor para su implementación en este proyecto.

Tabla 27. Tabla comparativa de características de las fuentes de luz

Tipo de Lámpara	Eficacia (lm/W)	Tiempo de vida (h)
Halógena	20	1.200
Fluorescente	60 - 100	15.000
LED	90 - 120	> 50.000

Fuente: Modificado de (Herranz & Jáuregui, 2011)

Por su alta eficiencia dado un bajo consumo de energía y la durabilidad de funcionamiento, la tecnología más adecuada es la LED, de manera que la luminaria sería acoplada al sistema.

3.2.3.2. Elección de Software

El software seleccionado depende de los requerimientos de software que se evalúa en la Tabla 22, mismos que se considera para elegir al idóneo para este proyecto. Dado que el hardware selecto es el Raspberry Pi se consideran tres de los softwares más usados en este. En la Tabla 28 se hace la elección de software.

Tabla 28. Elección de Software

SOFTWARE	REQUERIMIENTOS			VALORACIÓN TOTAL
	SRSH 11	SRSH 12	SRSH 13	
Python ¹⁹	●	●	●	3
Scratch	●	○	●	2
Java	●	○	●	2

- **Cumple**
- **No cumple**

Elección: **El software idóneo según los requerimientos del sistema es Python**

Fuente: Autoría de modelo

El momento de instalar el Sistema Operativo propietario Raspbian, este contiene precargado Python que es el lenguaje de programación oficial de Raspberry Pi, es decir, un entorno de desarrollo integrado. Y considerando la puntuación de la Tabla 28 se elige a Python como el software de programación del proyecto.

3.2.3.3. Fundamentación Legal

Según la normativa ecuatoriana en el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo en el Art. 56 del (Decreto No. 2393 , 1998) explica que “Todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para los ojos”.

En el Art. 57 de (Decreto No. 2393 , 1998) destacamos los siguientes adendum 2 y 3 que son tomados en cuenta en este proyecto como referencia para la iluminación artificial:

- Iluminación localizada

¹⁹ <http://www.dummies.com/how-to/content/top-10-programming-languages-ported-to-the-rasber.html>

Cuando la índole del trabajo exija la iluminación intensa de un lugar determinado, se combinará la iluminación general con otro local, adaptada a la labor que se ejecute, de tal modo que evite deslumbramientos; en este caso, la iluminación general más débil será como mínimo de 1/3 de la iluminación localizada, medidas ambas en lux.

- Uniformidad de la iluminación general

La relación entre los valores mínimos y máximos de iluminación general, medida en lux, no será inferior a 0,7 para asegurar la uniformidad de iluminación de los locales.

La ISO 8995 es una norma cubana sobre “ILUMINACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO EN INTERIORES” que tiene como alcance: Esta norma especifica los requisitos de iluminación para los puestos de trabajo en interiores y para que las personas ejecuten con eficiencia las tareas visuales, con comodidad y seguridad a través del período completo de trabajo.

Esta norma no explica cómo han de diseñarse los sistemas o técnicas de iluminación para optimizar las soluciones para puestos de trabajo específicos. Estas soluciones se pueden encontrar en las guías y reportes correspondientes de la CIE.

3.2.4. Diseño

La fase de diseño permite representar el funcionamiento del sistema de una forma estructurada para posteriormente desarrollar la programación. El diseño toma en cuenta los aspectos fundamentales para el desarrollo de un sistema electrónico con aplicación de Visión

Artificial para iluminación regulable automática que brinde la cantidad de luz óptima en el punto focal de soldado en mesas de trabajo. Valga la aclaración que, el objeto de interés que el usuario observa para la aplicación de estaño sobre este, es considerado el punto focal de soldado. A continuación, se menciona algunos conceptos:

- Punto Focal (Arquitectura): Se refiere a algún objeto o elemento que está situado en alguna habitación, y que al momento de entrar nos atrae inmediatamente la vista y nos llama la atención. Pero a la vez, forma parte integral de ese espacio. Es importante que ese objeto refleje el ambiente que se quiere crear a través de la decoración. (Frias, 2011)
- Punto Focal (Óptica): El punto en el eje principal de una lente en la que inciden los rayos paralelos convergen en un punto o foco común. El punto es virtual para una lente negativa. (Terms, 2006)
- Punto Focal (Arte): Referente al centro de interés o actividad en un trabajo de arte. Puede que sea o no el centro real de una pintura o dibujo, pero siempre es la parte más importante. (Swenson , 2013)
- Punto Focal (Cocina): Es el lugar donde el profesional desea que se dirija la mirada. La disposición de la bandeja o plato debe poseer un punto focal (punto o área hacia el cual se dirige automáticamente la vista). La existencia y ubicación de este punto focal depende en gran medida de la ubicación y relación de los diversos componentes. (Pardo Lara , 2011)
- Punto Focal (Ecocardiografía): Es el punto de un haz de ultrasonido focalizado que tiene la mayor intensidad cuando se mide en un medio no atenuado. En términos prácticos es donde hay mayor resolución. (Prohías Martínez)

3.2.4.1. Diagrama de Bloques

EL proceso de funcionamiento del sistema se presenta mediante un diagrama de bloque que se muestra en la Figura 29, representa los elementos que conforman el sistema que se desarrolla, destacando el tipo de Hardware y cómo este se conecta entre sí.

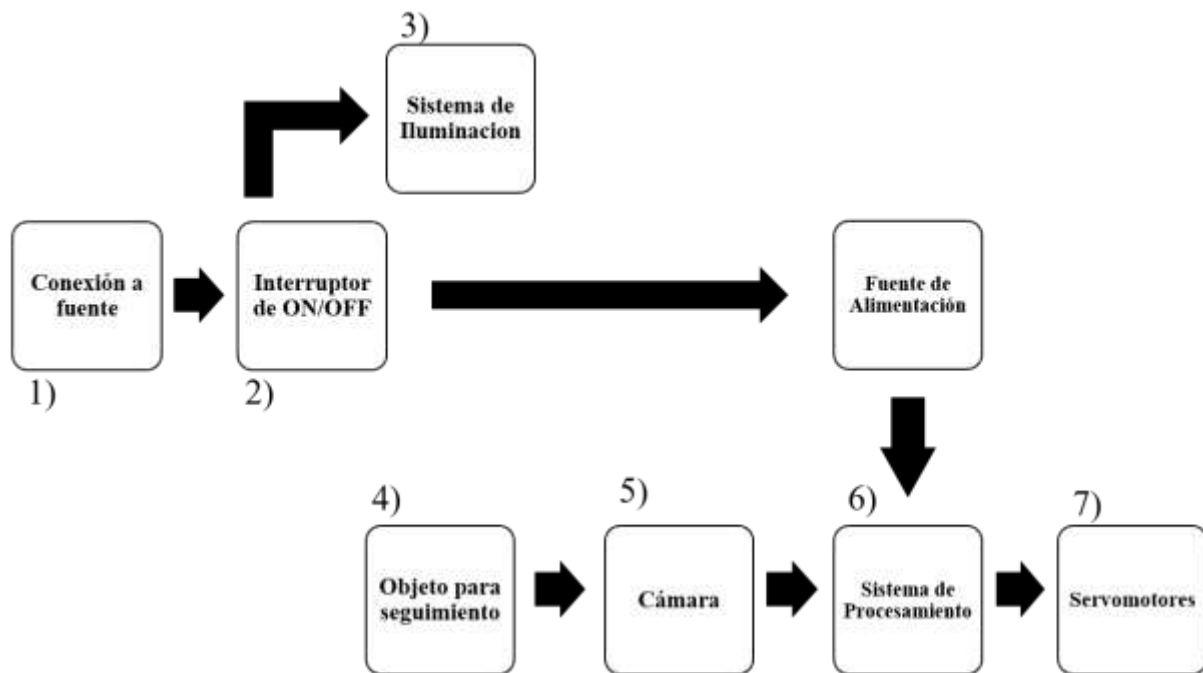


Figura 29. Diagrama de Bloques del sistema

Fuente: Autoría

Las etapas de funcionamiento del sistema se describe a continuación cada bloque en el que se refiere a la Figura anteriormente presentada:

- 1) El sistema se alimenta desde un enchufe de un valor de voltaje de 110V.
- 2) El sistema cuenta con un interruptor para prender el sistema por completo, es decir, incluyendo a la placa Raspberry que cuenta con su propia fuente y que hace a la vez de fuente del Arduino Mini Pro.
- 3) Al accionar el interruptor de luminaria, la iluminaria se enciende.
- 4) Se necesita de un objeto de color verde, en el caso de este proyecto es una manilla.

- 5) La cámara es la encargada de obtener la imagen y mediante una conexión USB transmitir al Raspberry.
- 6) El sistema embebido Raspberry Pi 2 se encarga de procesar la imagen obtenida y compilar el código de programación de Python en el Sistema Operativo Raspbian.
- 7) El Raspberry mediante los puentes de E/S GPIO realiza el control de PWM para los servomotores de seguimiento, mientras que Arduino Mini Pro junto al sensor conformar la regulación automática con uno de los servomotores.

3.2.4.1. Fuente de Alimentación externa para servomotores

Un servomotor es un motor de corriente continua el cual en su interior tiene un juego de engranajes para que tenga mejor torque y la velocidad se reduzca. A continuación, se muestran las especificaciones técnicas del servomotor MG946R en la Tabla 29 y su hoja de datos se adjunta en el Anexo 02.

Tabla 29. Especificaciones servomotor MG946R

Tipo de Interfaz	Digital
Torque	4.8V: (10.50 kg-cm) 6.0V: (13.00 kg-cm)
Voltaje de Operación	4.8 V a 7.2 V
Corriente	2.5 A (6V)

Fuente: Autoría

Se debe determinar la suma de las corrientes de los servomotores que serán adecuados a la lámpara, por esta razón se revisa la hoja de datos para tener los valores de voltaje y corriente mismos que se pueden apreciar en el Anexo 02. El valor total de corriente debe ser menor o igual a la fuente externa.

$$I_F \geq I_T$$

$$I_T = \sum_{i=1}^n I_{s_n}$$

Ecuación 8. Sumatoria de corrientes para un numero de servos

Fuente: Autoría

Se desea una fuente de alimentación que abastezca a todos los servomotores que forman parte del sistema tanto en voltaje como en corriente, en lo cual se debe considerar el valor máximo de corriente para los servomotores. Aplicando la Ecuación 8 se determina la corriente total que debe tener la fuente externa para abastecer las cargas. En la Tabla 30 se presenta las características eléctricas del servomotor MG946R.

Tabla 30. Consumo de voltaje y corriente de servomotores MG946R

Carga	Cantidad	Corriente c/u	Voltaje c/u
Servomotor MG946R	3	500mA - 900mA	4.8V – 7.2V

Fuente: Autoría

$$I_T = \sum_{i=1}^n I_{s_n}$$

$$I_T = I_{s_1} + I_{s_2} + I_{s_3}$$

$$I_T = 500mA + 500mA + 500mA$$

$$I_T = 1500mA = 1.5A$$

El valor de la fuente externa debe ser con una corriente de 1.5A para el manejo de 3 servomotores MG946R, es necesario una fuente de 4.8V a 7.2V que son necesarios para un desempeño eficiente de los servos.

La fuente externa requiere de un transformador para la reducción del voltaje, las características de este se presentan en la Tabla 31:

Tabla 31. Características de Transformador de Voltaje

Voltaje de entrada	110/220V CA
Voltaje de salida	12/24V CA
Corriente de Salida	2 A

Fuente: Autoría

El circuito de la fuente externa se muestra en la Figura 30, que utiliza como regulador de voltaje el circuito integrado 78L05 que en el Anexo 14 se comparte la hoja de datos que tiene como salida 5V y 1.5A.

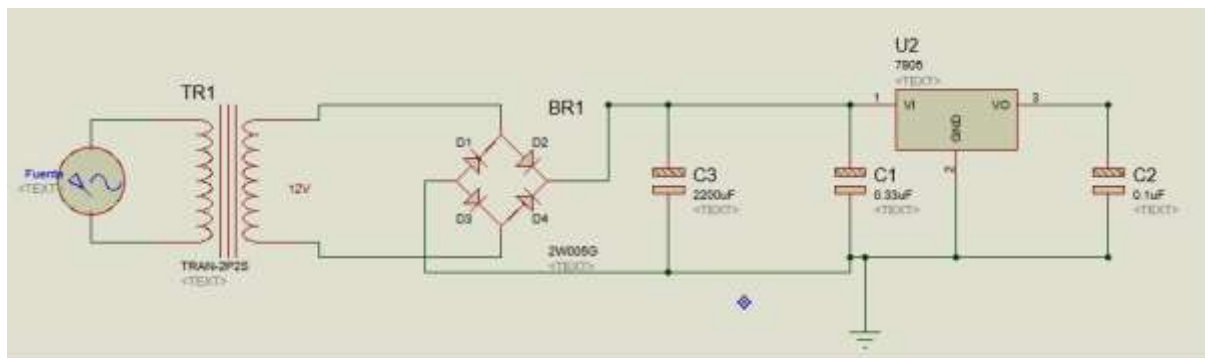


Figura 30. Circuito de Fuente Externa 5V a 2A

Fuente: Autoría

Los capacitores C1 y C2 tienen los valores recomendados por el fabricante para que proporcionen una función estabilizadora de tensión. También, se utiliza un puente de diodos para rectificar la señal que se obtiene desde el transformador, obteniendo así una señal DC.

Para determinar el valor del condensador de filtrado se debe considerar los parámetros que se expresan en la ecuación a continuación.

$$C = \frac{I_{dc}}{2f * V_r}$$

Ecuación 9. Condensador de Filtrado

Donde:

C = condensador

I_{dc} = Corriente directa = 1.5A

f = frecuencia (60Hz)

V_r = Voltaje de rizo

Para determinar el valor del condensador se debe conocer el valor de tensión máxima, el cual se determina dada la tensión del transformador.

$$\sqrt{2}V_{trans} = V_{m\acute{a}x}$$

Donde:

V_{trans} = Voltaje del transformador (9V)

V_{máx} = Voltaje máximo

$$17 V = 12 * \sqrt{2} = V_{m\acute{a}x}$$

Luego, se determina la tensión directa una vez que la señal se rectifica y este pase al circuito integrado regulador de tensión.

$$V_{dc} = V_{m\acute{a}x} - \frac{V_r}{2} \quad (1)$$

Donde:

V_{dc} = tensión de corriente directa (7V)

$V_{m\acute{a}x}$ = tensión máxima

V_r = tensión de rizo

Por lo tanto:

Sí: $V_r = \frac{I_{dc}}{2fC} \quad (2)$

Dado el valor de tensión de corriente directa de 7V valor designado para conocer la tensión de rizo.

$$7 = 17 - \frac{V_r}{2}$$

$$V_r = 5$$

Se despeja C en (2) para determinar el valor del condensador de filtrado.

$$5 = \frac{1.5}{2 * 60 * C}$$

$$C = \frac{1.5}{2 * 60 * 5} = 0.002 \approx 2200\mu F$$

El condensador de filtrado deberá ser de aproximadamente 2200 μF , valor que se ha considerado en el diseño de la fuente de alimentación fija.

Para determinar la potencia de cada servomotor se realiza el cálculo con la Ecuación 10 que se muestra a continuación.

$$P = IxV$$

Ecuación 10. Ecuación para Determinar la Potencia

Donde:

P = Potencia

I = Corriente

V = Voltaje

$$P = 500mA \times 5V = 2.5 W$$

La potencia de consumo para cada servomotor MG946R es de 2.5W.

3.2.4.2. Diagrama de Conexión del Sistema

Los dispositivos que se utiliza en este proyecto deberán debidamente acoplados entre sí, por tal razón es conveniente determinar qué pines serán utilizados para ello; de igual manera para realizar una programación ordenada se deberá identificar a cada uno de estos elementos en diagramas

- Diagrama de Pines y Puertos - Rapberry Pi 2

El Raspberry Pi 2 se utiliza los GPIO para control de los cuatro servomotores por medio de PWM, de la misma manera se hace uso de uno de los cuatro puertos USB para la conexión de la Webcam y los tres restantes son disponibles para la navegación en la interface que brinda

el Sistema Operativo Raspbian con mouse y teclado, en adicional el uso del puerto HDMI que permite la conexión a una pantalla para su visualización.

También se utilizó uno de los pines GND para conectar las tierras en común con la fuente adicional para los servomotores y junto con VCC alimentar de tensión al Arduino Mini Pro, el cual con señales en alto comunicara al Raspberry Pi 2 el estado de la iluminación general del área de trabajo. A continuación se muestra en la Figura 31 la distribución de pines y puertos.

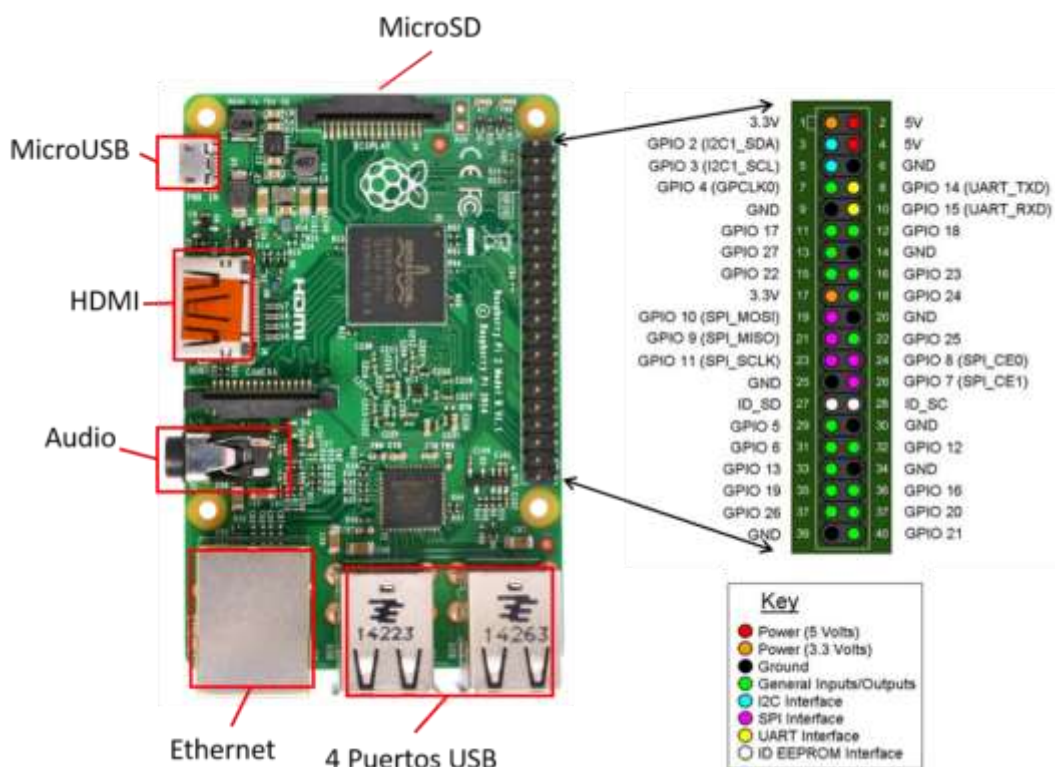


Figura 31. Distribución de Pines y Puestos - Raspberry Pi 2

Fuente: Autoría

- Diagrama de Pines – Arduino Mini Pro

El módulo Arduino Mini Pro conjunto con el sensor digital de luz BH1750 conforma la parte de medición de lux en el área de trabajo para comunicar a Raspberry Pi para

desplazamiento de la estructura y a la vez realizar la regulación automática de iluminación. A continuación se muestra la distribución de pines del Arduino Mini Pro en Figura 32.



Figura 32. Distribución de Pines Arduino Mini-Pro

Fuente: Autoría

- Diagrama de Pines – Servomotor MG946R

Los servomotores MG946 son los actuadores del sistema que depende de su funcionamiento para propósitos importantes como el seguimiento de la manilla y regulación automática, están alimentados con una fuente externa que posteriormente se determinarán las características; dependerá del número de servomotores empleados. En la Figura 33 se muestra la distribución de pines de estos.



Figura 33. Diagrama de Pines-Servomotor MG946R

Fuente: Autoría

El diagrama del circuito de todo el sistema se muestra continuación en la Figura 34.

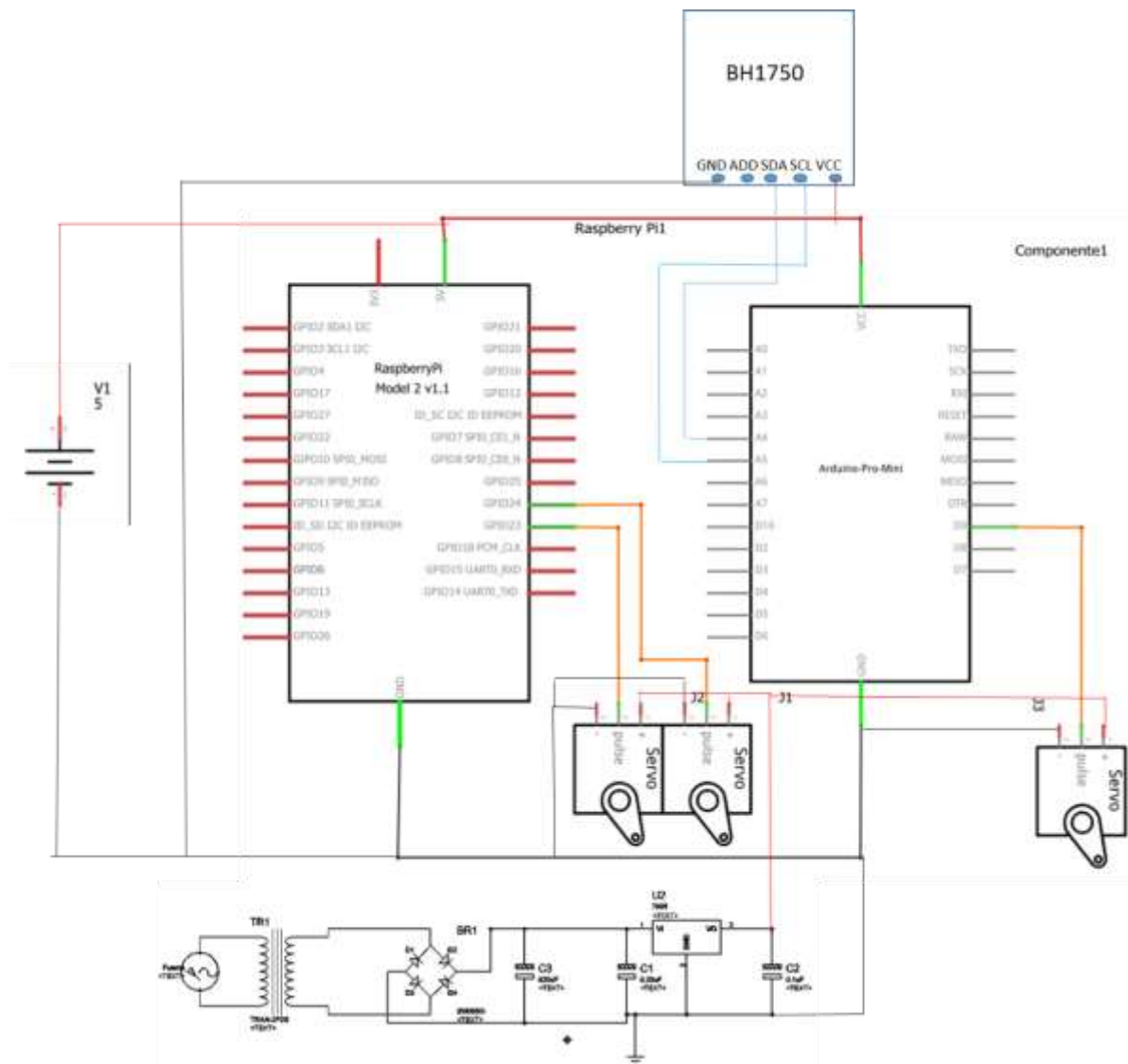


Figura 34. Diagrama de Circuito del Sistema

Fuente: Autoría

3.2.4.3. Diseño de Seguidor de Objetos por Color

Las cámaras de video capturan información sobre los objetos de interés en forma de conjunto de píxeles. Al modelar la relación entre el aspecto del objeto de interés y el valor de los píxeles correspondientes, un seguidor de objetos valora la ubicación de este objeto en el tiempo. Los principales retos a tener en cuenta se relacionan con la similitud de aspecto entre

el objeto de interés y el resto de objetos en la escena, así como la variación de aspecto del propio objeto.

El aspecto del resto de objetos como del fondo pueden confundirse con el objeto de interés, en ese caso, las características extraídas de esas áreas no deseadas pueden ser difíciles de diferenciar de las que se espera que el objeto de interés genere. Este fenómeno se conoce con el nombre de clutter. (Claderón & Maldonado, 2014)

- **Diseño de Seguimiento por Color - Primero Prototipo**

Para realizar el seguimiento de un objeto de color, en este caso una manilla verde, se debe realizar un proceso de tratamiento de la imagen que muestra la webcam para la detección de color. Para determinar su funcionamiento se muestra en dos ventanas, una del video streaming original y otra de la segmentación, es decir del umbral de la anterior. En la Figura 35 se muestra el diagrama de flujo del seguimiento de color para el primer prototipo.

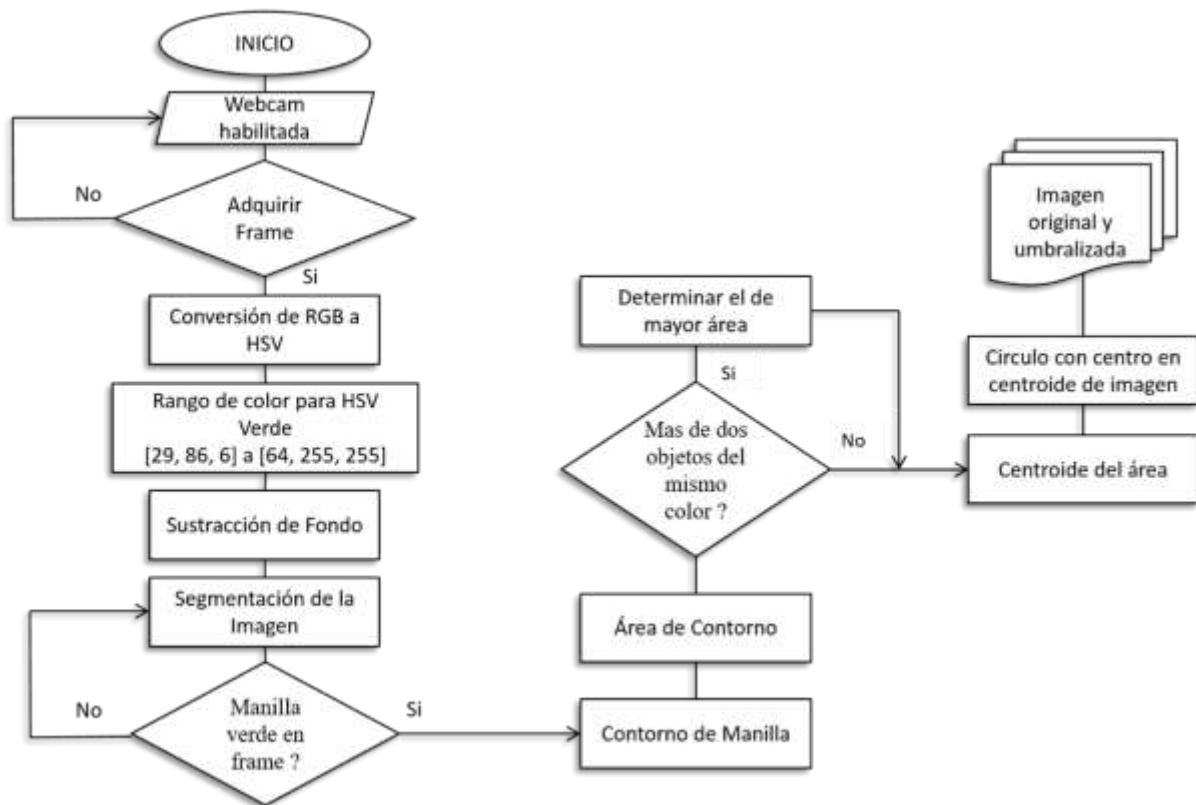


Figura 35. Diagrama de flujo del seguimiento por color - Primer Prototipo

Fuente: Autoría

- Diseño de Seguimiento por Color - Prototipo Final

En el Prototipo Final es considerado la morfología de la imagen que es una forma de smoothing o suavizado de la imagen basado en los relieves, este método permite incluir contextos para identificar objetos como la eliminación de ruido, el aislamiento de los elementos individuales, y elementos de unión diferentes en una imagen. Para mejorar el Primer Prototipo que no hace sino únicamente identificar el color, con este método se podrá diferenciar objetos de color de mejor manera para el seguimiento y de igual manera discriminar otros. Finalmente que la manilla es seguida, se deberá determinar su posición en el frame para posteriormente realizar el seguimiento mediante la estructura de la lámpara. A continuación se muestra el diagrama de flujo final para seguimiento por color en la Figura 36.

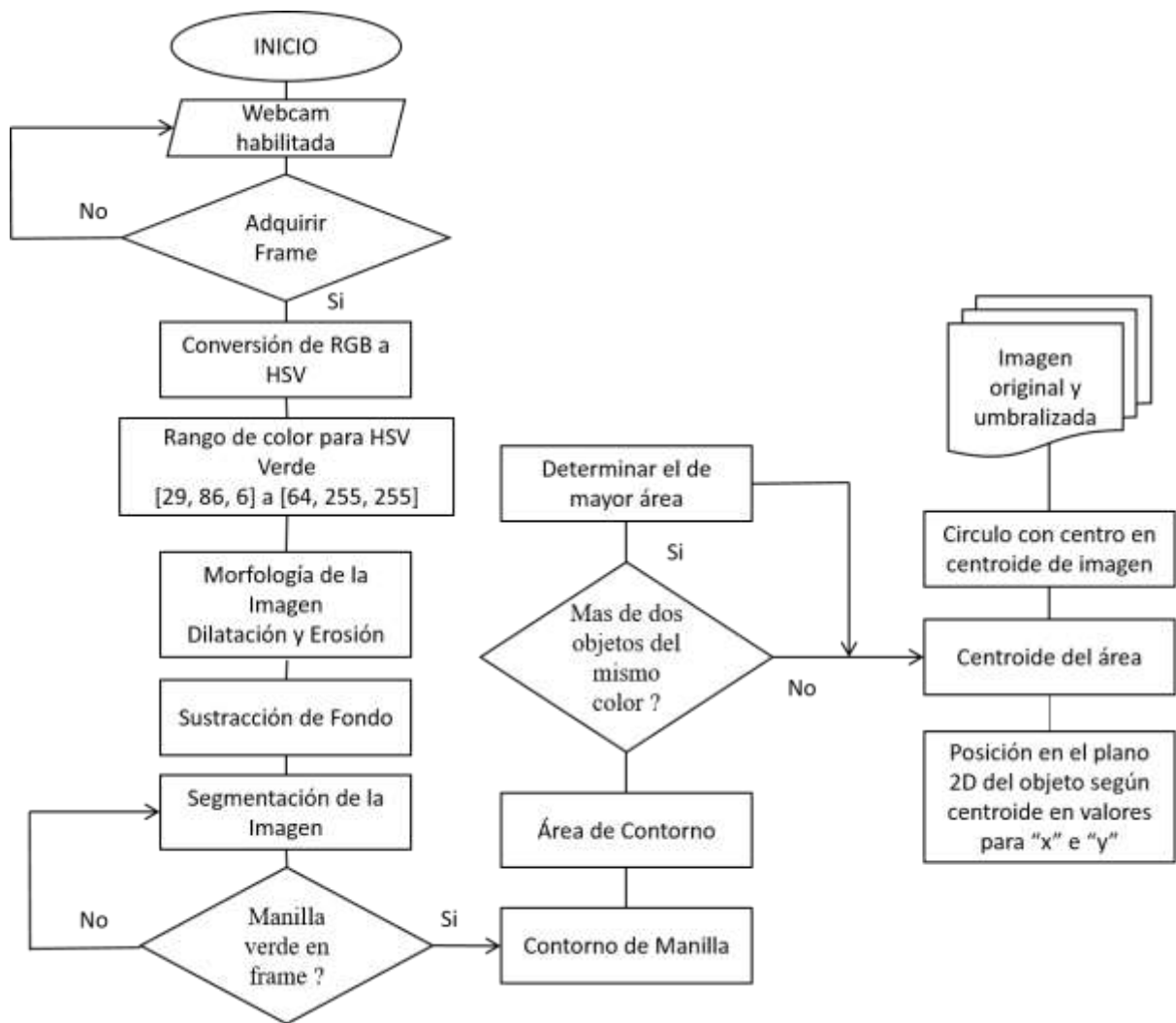


Figura 36. Diagrama de flujo de seguidor por color - Prototipo Final

Fuente: Autoría

3.2.4.4. Determinación de Color de Seguimiento

En el espectro de luz visible se encuentra todos los colores que el ojo humano al igual que las cámaras distinguen, en la Figura 37 se puede ver los diferentes rangos de color.



Figura 37. Espectro de Luz Visible

Fuente: (Barrionuevo & Ozaetta, 2015)

Se determina que el color de seguimiento debe ser verde por motivo que es más visible para el ojo humano y su resolución respecto a la oscuridad es mejor que otros colores según explica (De Bernardini, 2009).

3.2.4.5. Diseño de Base para la Estructura

La estructura de la lámpara posee una base ajustable para bordes, por tal motivo se debe cambiarla ya que se tiene limitaciones por la dependencia de las dimensiones de las mesas de trabajo y mas aun siendo mesas grupales las que se encuentran en el laboratorio de electrónica. De manera que el diseño de base para la lámpara corresponde a ser cilíndrica y hueca en su interior para almacenar el Raspberry Pi 2 y que permita ingresar los cables de conexión hacia él. Correspondiendo con el diseño de (Zhou, Ben-Dror, & Doggett, 2012) en la Tabla 32 se muestran las especificaciones físicas.

Tabla 32. Características Físicas de Base Metálica

Detalle	Valor (cm)	Material	Grosor
Diámetro de bases superior	17	Metal	0.2
Diámetro de bases inferior	17	Metal	0.6
Altura de superficie lateral	6.3	Metal	0.2
Diámetro de tubo en base superior	1.8	Metal	0.2
Altura de tubo en base superior	3	Metal	0.2

Fuente: Autoría

En la parte superior de la base cilíndrica se tiene un orificio el cual es tangente a una circunferencia con mismo centro de la base de 14 cm de diámetro. A continuación, en la Figura 38 se muestra la base metálica.

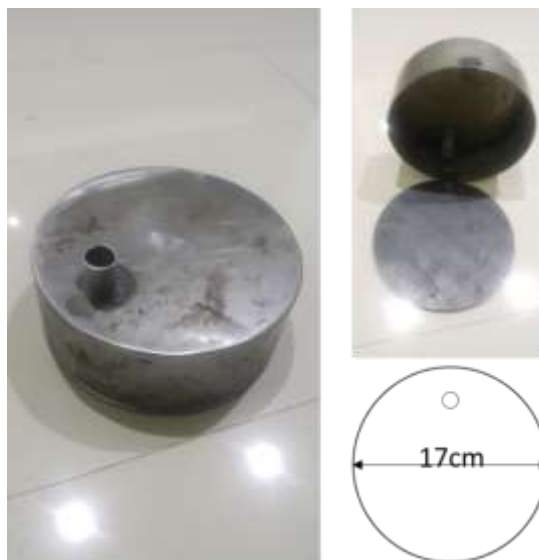


Figura 38. Base cilíndrica metálica

Fuente: Autoría

3.2.4.6. Diseño de Piezas de Integración para Movimiento

El modelo de lámpara Anglepoise está conformado por 3 uniones y 4 secciones las cuales se pueden apreciar en la Figura 39.



Figura 39. Partes de Lámpara Anglepoise

Fuente: Tomada y modificada de (Zhou, Ben-Dror, & Doggett, 2012)

El sistema es acoplado a la lámpara seleccionada en la cual se adecuó el diseño de algunas piezas de (Zhou, Ben-Dror, & Doggett, 2012) las que se indican en la Figura 40 a continuación:

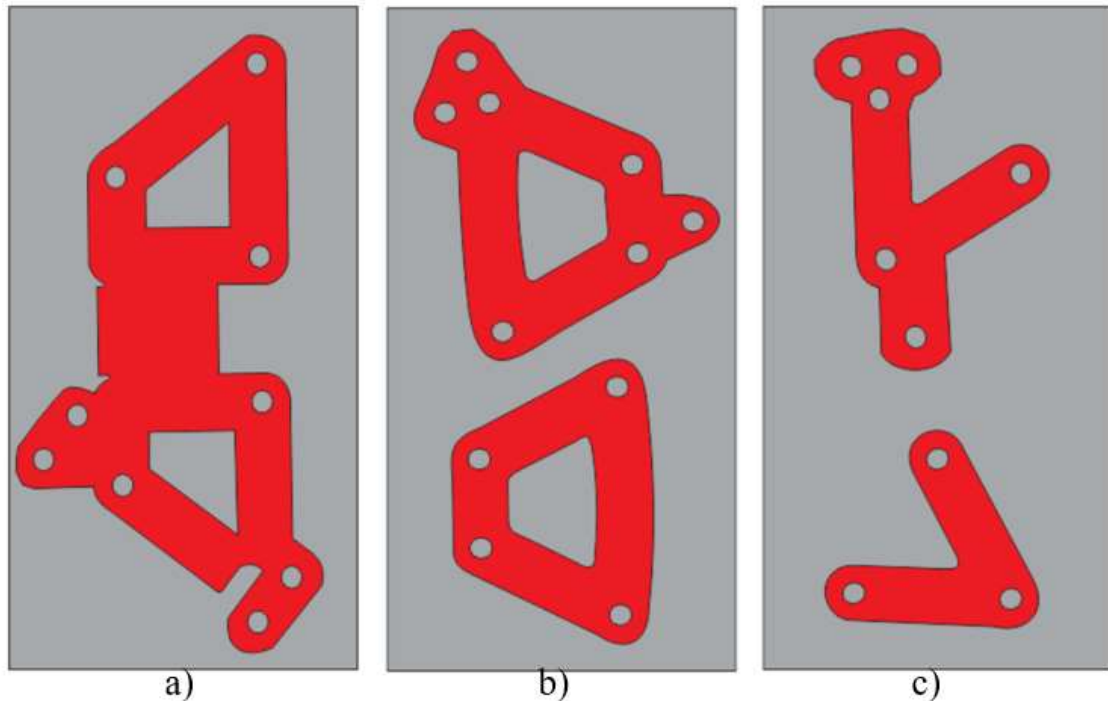


Figura 40. Diseño de Piezas para integración de lámpara Anglepoise de Pinokio

Fuente: (Zhou, Ben-Dror, & Doggett, 2012)

Estas piezas son utilizadas para ajustar a la estructura los servomotores que darán movimiento a las secciones 3 y 4, se ubican en las uniones de la lámpara.

En la sección 1 de la lámpara va ubicada la base que se debe juntar la pieza nueva “a)” que remplazara a la unión 3 actual y junta la sección 2, esta pieza debe ser debidamente doblada para dar la forma de la unión 1. La unión 2 es remplazada por las piezas en “b)” que junta a la sección 2 con la sección 3 de manera que es la parte con más movimiento por los ángulos que puede desplazar. La unión 1 es reemplazada por las pizas en “c)”, la cual sujeta la sección 4 y une la sección 3.

3.2.4.7. Movimiento de Lámpara

Para el movimiento de cada sección es necesario de la utilización de las piezas de sujeción que vienen con los servomotores MG946R, estas son ajustadas a cada una de las piezas diseñadas para el movimiento, a continuación en la Figura 41 se muestra la utilizada.



Figura 41. Pieza de sujeción de servomotores Tower Pro MG946R

Fuente: Autoría

En relación con este último, para dar movilidad a la sección 3 es necesario una pieza que se ajuste al engrane de un segundo servomotor sujetado en una de las piezas de “b)” y en su otro extremo apretado a una de las barras de la sección. Según se ha citado en la Figura 42 se indica la forma de la pieza mencionada.

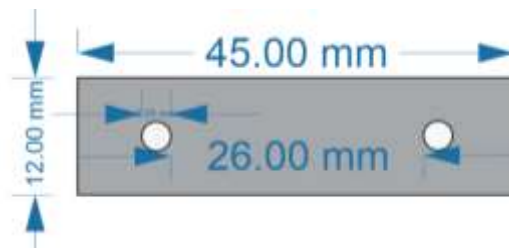


Figura 42. Pieza para movilidad de la sección 3

Fuente: Autoría

Las especificaciones técnicas de la pieza se muestran a continuación en la Tabla 33:

Tabla 33. Especificaciones técnicas de pieza para movimiento de la sección 3

	Dimensiones (mm)	Diámetro de Orificios (mm)	Distancia entre orificios (mm)	Material	Grosor (mm)
Pieza para movimiento de la sección 3	12x45	3	26	Acrílico	2

Fuente: Autoría

Para dar movimiento a la sección 4 se toma en cuenta dos tipos de movimientos, el uno es vertical donde es necesario remplazar la unión 1 de la lámpara con las piezas en “c)”, que de igual manera la sostendrá. Para generar el movimiento se utiliza el mismo diseño que se muestra en la Figura 42, esta pieza debe fijarse a la Figura 43 que se muestra a continuación; ha sido agregada al diseño actual de la lámpara que es el soporte para sostener dicha sección.



Figura 43. Pieza agregada del diseño actual de lámpara para soporte y movimiento de la sección 4

Fuente: Autoría

Las especificaciones técnicas de la pieza se muestran a continuación en la Tabla 34:

Tabla 34. Especificaciones técnicas de pieza para movimiento de la sección 4

	Dimensiones (mm)	Diámetro de Orificios (mm)	Distancia entre orificios (mm)	Material	Grosor (mm)
Pieza para movimiento de la sección 4	39 largo	4	20	Polímero	2

Fuente: Autoría

Por otra parte, el segundo movimiento es rotacional lateral de manera que se sujeta un servomotor dentro de la sección 4 mediante la pieza que se muestra en la Figura 44, la cual va atornillada a su casi similar mostrado anteriormente en la Figura 42.



Figura 44. Pieza para ligar la sección 4 con la unión 1. a) nueva pieza b) pieza original

Fuente: Autoría

Según se han detallado los componentes principales para la integración del sistema electrónico a una lámpara del modelo Anglepoise en el Anexo 03 se indica a detalle imágenes de integración total que el prototipo requiere.

3.2.4.8. Modificación de la Estructura Original

Debido a que se ha planteado que el sistema se acoplara a un modelo de lámpara de escritorio que en este caso es la Anglepoise, se realizaron algunas modificaciones a las piezas originales de la misma que a manera de ejemplo mostramos en la Figura 45.



Figura 45. Modificación - varilla inferior de la sección 3

Fuente: Autoría

La sección 3 debe ser modificación para lograr el movimiento, haciendo un orificio en la varilla inferior bajo el sostén del resorte y ajustando una de las piezas de movimiento conjunto con los actuadores. Con referencia a lo mencionado se presenta las características técnicas de la modificación a la sección 3 en la Tabla 35.

Tabla 35. Detalles técnicos de modificación a la sección 3

Detalle	Medida (cm)
Diámetro de orificio	0.3
Varilla superior	27
Varilla inferior	27
Distancia del orificio al pie de la varilla frontal	3.3

Fuente: Autoría

Finalmente, la sección 4 debe ser modificada en acorde a las dimensiones del servomotor MG964R en función de los espacios para ajustar que posee. Por razones de funcionalidad para el sistema se debe realizar un orificio grande en la parte superior de la sección, en medio de los espacios para atornillar la pieza nueva mostrada anteriormente en la Figura 44. Después se realizan orificios pequeños que corresponden a las distancias del servomotor, de manera que en el orificio grande quepa el engrane y en los pequeños se pueda ajustarlo. Para mayor comprensión, lo realizado se muestra en la Figura 46.



Figura 46. Modificación a la sección 4

Fuente: Autoría

A continuación en la Tabla 36 se muestra las especificaciones técnicas de la modificación a la sección 4.

Tabla 36. Especificaciones técnicas de la modificación a la sección 4

Detalle	Medida (cm)
Diámetro de orificio grande	0.6
Diámetro de orificios pequeños	0.4
Distancia de orificios opuestos	4.5
Distancia de orificios juntos	0.6

Fuente: Autoría

3.2.4.9. Diseño de Iluminación Regulable Automática

La regulación automática deberá realizarse mediante el movimiento de la sección 3 en forma vertical; esto dependerá del sensado de la cantidad de iluminación sobre la mesa de trabajo. Valga recalcar que el Raspberry Pi 2 no lee valores análogos y la utilización de un sensor digital interrumpe con el video streaming de seguimiento, por este motivo el Arduino Mini Pro es el encargado de obtener los datos de lux con el sensor digital Bh1750 y posicionar el servomotor en la unión 2 en el ángulo correspondiente.

La regulación es dependiente del valor en lux en el área de trabajo, de esta manera se tendrá una referencia de la iluminancia que el prototipo deberá brindar sobre la mesa de trabajo. En la Tabla 37 se hace referencia a las características de la luminaria.

Tabla 37. Características - Luminaria LED

Características Luminaria Led	
Modelo	Dicroico MR16
Tipo de Led	SMD 5050
Tipo de base	GU5.3
Color de luz	Blanca
Voltaje	110V
Frecuencia	60Hz
Potencia	3W-4.5W

Fuente: Fabricante. Nota: características son referencias de fabricante ver similar en <http://maviju.com/producto/foco-led-mr16/>

Para mayor precisión se hizo una medición de la cantidad de lux con la aplicación Physics Toolbox en un cuarto ósculo de 0 lux. El resultado de la iluminancia que tiene la luminaria es de 1170 lux a una altura de 33 cm y de 535 lux a 50 cm de alto, en la Figura 47 se muestra gráficamente cómo se tomó el dato,



Figura 47. Determinación de iluminancia de fuente lumínica con distancia máxima y mínima al plano horizontal

Fuente: Autoría

Se determina que el prototipo regulara un valor de 635 lux, por lo tanto, al determinar la iluminancia del área de trabajo tomando en cuenta las normativas, el valor en lux de la iluminación mayor debe ser $\frac{1}{3}$ de la menor. A continuación se muestra en la Figura 48 el diagrama de flujo para regulación automática en lux.

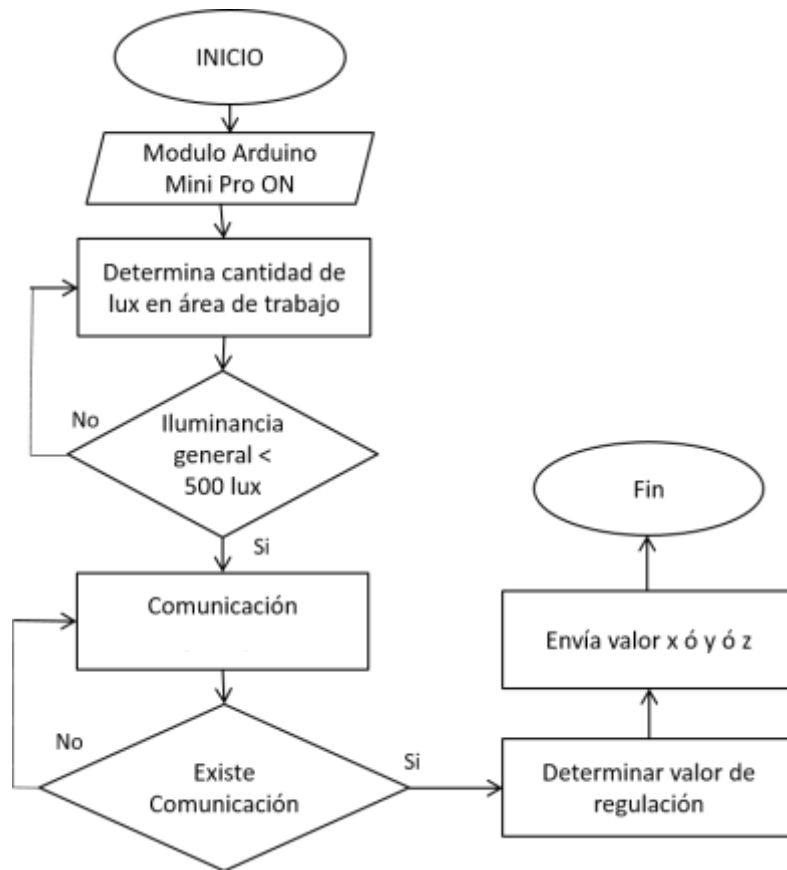


Figura 48. Diagrama de flujo para la iluminación regulable automática
Fuente: Autoría

Una vez cumplido con el diseño de la regulación automática en la investigación se considera “La Ley del Coseno” que toma en cuenta la cantidad de iluminación cuando la luminaria varia en su posición, es decir esta ya no es perpendicular al plano de trabajo. Por tal motivo se realiza el cálculo de iluminancia con la Ecuación 3 obteniendo los resultados que se muestra en la Tabla 38 considerando el valor máximo y mínimo que brinda el prototipo dada la distancia de la fuente lumínica al plano de trabajo.

Tabla 38. Valores determinados por la Ley del Coseno

Iluminancia (lux)	Ley del coseno, cuando $\alpha = 45^\circ$
1170	827.3
535	378.3

Fuente: Autoría

Finalmente, determinando los valores de iluminación sobre el plano de trabajo se determina que el usuario tendrá la cantidad de lux requeridos para un confort óptico mientras el usuario realice la actividad de soldado dentro del rango de seguimiento sobre la mesa de trabajo y por ende brinde la cantidad de luz óptima en el punto focal de soldado.

3.2.4.10. Diagrama de Flujo

El diagrama de flujo permite representar algoritmos, es decir el funcionamiento del programa, el cual representa los procesos que se realizan en la programación de manera que permite socializar el programa y realizar correcciones. La Figura 49 es un diagrama de flujo en el cual se representa el código de compilación para el sistema en su totalidad.

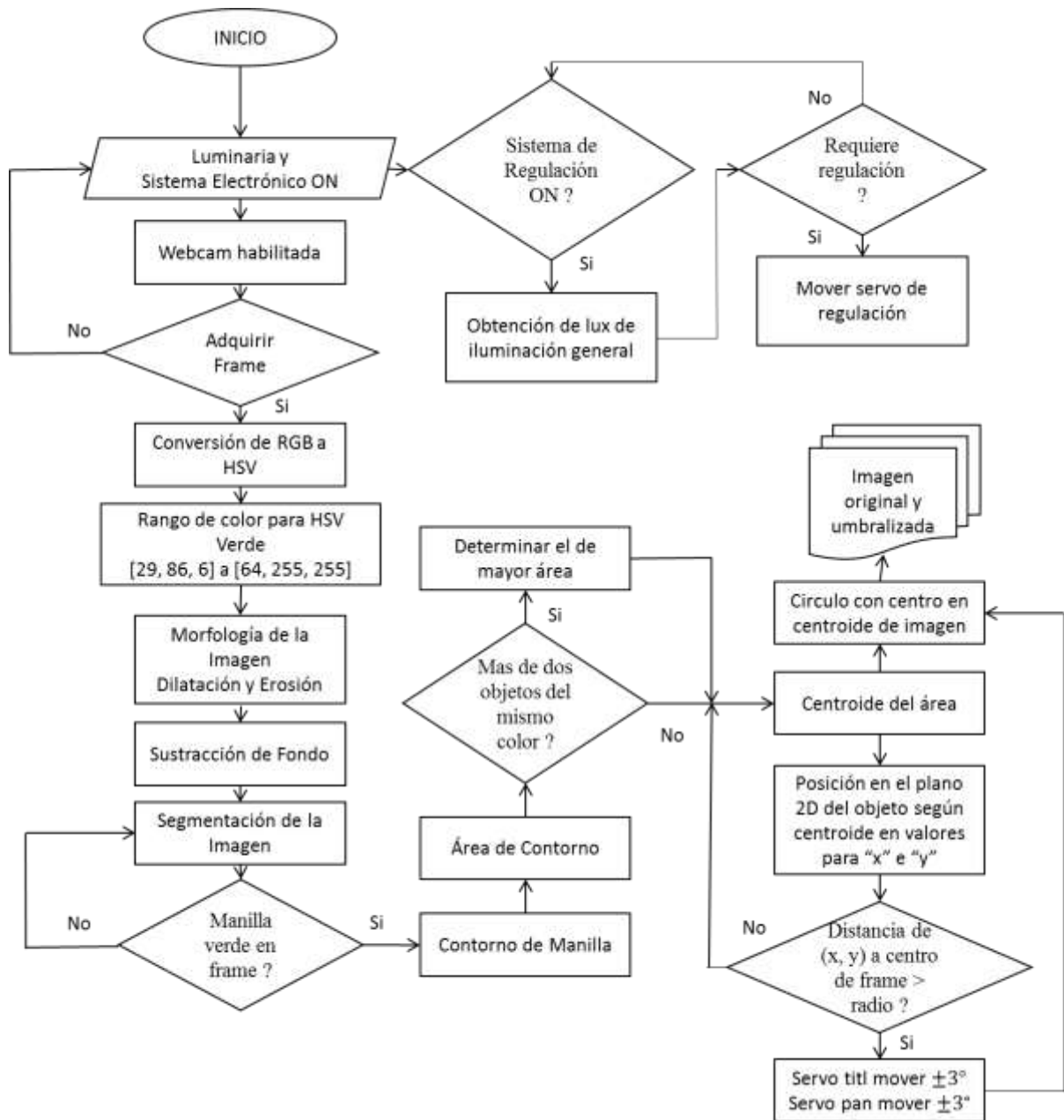


Figura 49. Diagrama de flujo de sistema electrónico

Fuente: Autoría

3.2.4.11. Cronograma de Recolección de Información

Se realizó un cronograma de las actividades realizadas para el levantamiento de información durante 8 meses. En la Figura 50 se muestra las actividades realizadas en la recopilación de información durante 8 meses aproximadamente.

La información recolectada se realizó con la finalidad de mejorar la funcionalidad del prototipo en diferentes condiciones ambientales y con distintos escenarios de trabajo, lo obtenido se presenta en el Anexo 09 donde se detalla las actividades y resultados obtenidos durante el periodo propuestos.

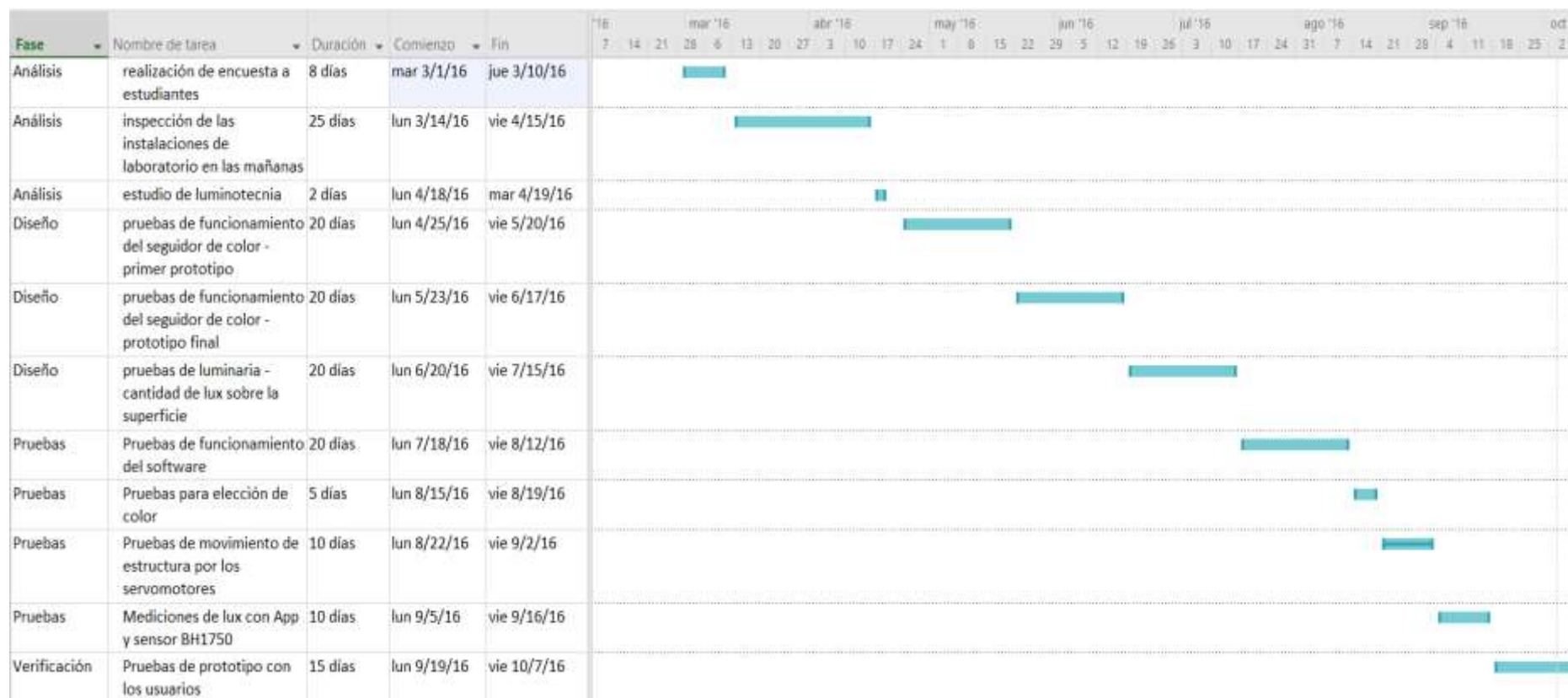


Figura 50. Cronograma de Recolección de Información

Fuente: Autoría

3.2.5. Desarrollo de Software (Programación)

Para el desarrollo de software implica la programación del sistema embebido Raspberry Pi 2 mediante el lenguaje de programación de Python, donde se crea un archivo ejecutable como por ejemplo nombre.py, con el lenguaje de programación desarrollaremos el software del sistema según requerimientos. Inicialmente tenemos que importar los módulos que necesitamos para el código en el script que creamos. Los módulos que utilizamos son:

- `import RPi.GPIO as GPIO`
- `import cv2`
- `import numpy as np`
- `import os`
- `import sys`
- `import math`

El entorno de programación Python permite utilizar operadores que permiten reducir operaciones y/o líneas de código, por ejemplo:

- `from operator import itemgetter`

Posteriormente se definen las funciones que se utilizan una vez que ya se han importado los módulos necesarios. Luego, podremos utilizarlas para configuración de entradas y/o salidas en los pines correspondientes, configuración de la resolución de la cámara utilizada según sus características, definición de variables locales, funciones matemáticas, entre otros usos.

También, dependiendo de la ubicación del objeto a seguir en el plano se obtienen valores mediante sentencias y así podemos con una segunda función que utilice la anterior declarada para poder definir la posición de los servomotores. El script completo se muestra en Anexo 01, mientras que en la Figura 51 se muestra una imagen del entorno de programación de Python

La resolución de la webcam debe ser configurada para determinar el frame con el que se va a trabajar, el cual permite mostrar en una ventana el video streamin de la misma y ejecutar las sentencias para el seguimiento de la manilla de color verde en un rango designado, por este motivo si la cámara no es configurada no será posible compilar el programa. A continuación de detalla en la Figura 53 las sentencias de configuración de webcam.

```

pi@raspberrypi ~
GNU nano 2.2.6 File: smart_lamp.py

capWebcam = cv2.VideoCapture(0) # declare a VideoCapture$

#print "default resolution = " + str(capWebcam.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH)$

capWebcam.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH, 320.0)
capWebcam.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT, 240.0)

#print "updated resolution = " + str(capWebcam.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH)$

if capWebcam.isOpened() == False: # check if Video$
    print "error: capWebcam not accessed successfully\n\n" # if not$
    os.system("pause") # pause $
    return # and ex$
# end if

intXFrameCenter = int(float(capWebcam.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH)) / 2.0)
intYFrameCenter = int(float(capWebcam.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT)) / 2.0)

Get Help WriteOut Read File Prev Page Cut Text Cur Pos
Exit Justify Where Is Next Page UnCut Text To Spell

```

Figura 53. Código de configuración de Webcam

Fuente: Autoría

Luego, se debe establecer el valor inicial para los servomotores que realizan el seguimiento y el que realiza la regulación, de manera que en la Figura 54 se muestra las líneas de código para ello.

```

pi@raspberrypi ~
GNU nano 2.2.6 File: smart_lamp.py Modified

# end if

intXFrameCenter = int(float(capWebcam.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH)) / 2.0)
intYFrameCenter = int(float(capWebcam.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT)) / 2.0)

panServoPosition1 = int(90) # pan servo position in degrees
panServoPosition2 = int(90) # pan servo position in degrees
tiltServoPosition = int(90) # tilt servo position in degrees

updateServoMotorPositions(pwmPanObject1, pwmPanObject2, pwmTiltObject, panServoPosition1, panServoPosition2, tiltServoPosition)
Line 93/283 (22%), col 1/81 (1%), char 3508/11387 (30%)

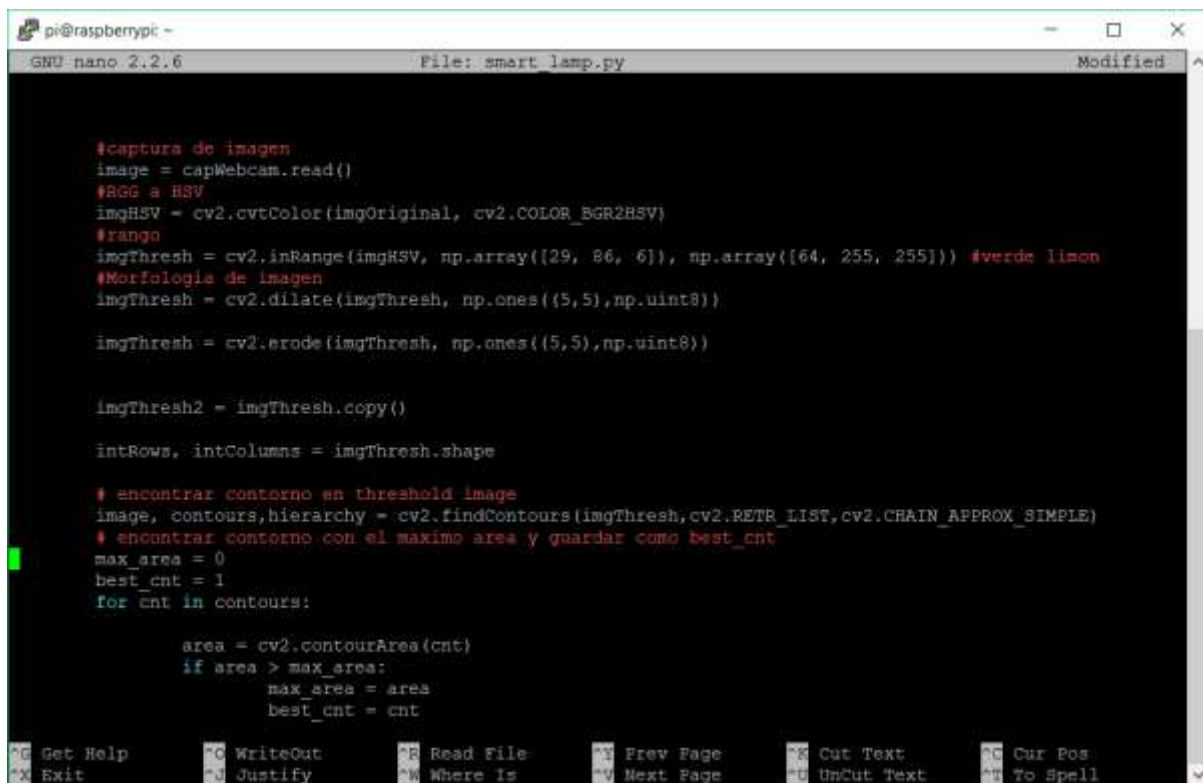
Get Help WriteOut Read File Prev Page Cut Text Cur Pos
Exit Justify Where Is Next Page UnCut Text To Spell

```

Figura 54. Código de posición inicial de servomotores

Fuente: Autoría

Después que el funcionamiento de la webcam es el correcto, se corresponde al tratamiento de la imagen con métodos de smoothing, esto se lo realiza mediante la conversión a HSV, segmentando, aplicando morfología por erosión y dilación, y obteniendo el objeto de seguimiento con el menor ruido posible para que este sea detectado. De la misma manera para el seguimiento se hace aplicación de encuentro de contorno, determinación de la mayor área y el umbral. A continuación en la Figura 55 se presenta las líneas de código que se aplican para el suavizado de imagen.



```
pi@raspberrypi ~  
GNU nano 2.2.6 File: smart_lamp.py Modified  
  
#captura de imagen  
image = capWebcam.read()  
#AGG a HSV  
imgHSV = cv2.cvtColor(imgOriginal, cv2.COLOR_BGR2HSV)  
#rango  
imgThresh = cv2.inRange(imgHSV, np.array([29, 86, 6]), np.array([64, 255, 255])) #verde limon  
#Morfología de imagen  
imgThresh = cv2.dilate(imgThresh, np.ones((5,5),np.uint8))  
  
imgThresh = cv2.erode(imgThresh, np.ones((5,5),np.uint8))  
  
imgThresh2 = imgThresh.copy()  
  
intRows, intColumns = imgThresh.shape  
  
# encontrar contorno en threshold image  
image, contours,hierarchy = cv2.findContours(imgThresh,cv2.RETR_LIST,cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)  
# encontrar contorno con el maximo area y guardar como best_cnt  
max_area = 0  
best_cnt = 1  
for cnt in contours:  
  
    area = cv2.contourArea(cnt)  
    if area > max_area:  
        max_area = area  
        best_cnt = cnt
```

Figura 55. Líneas de código del smoothing (suavizado de imagen)

Fuente: Autoría

Para el seguimiento del objeto una vez que se diferencia por parte del sistema, se dibuja un círculo en el centroide tomando este punto como centro de este. En la Figura 56 se detalla muestra la línea de código para el círculo de seguimiento.

```

pi@raspberrypi: ~
GNU nano 2.2.6 File: smart_lamp.py Modified
# encontrar centroide de best_cnt y dibujar un circulo alli
M = cv2.moments(best_cnt)
x,y = int(M['m10']/M['m00']), int(M['m01']/M['m00'])

cv2.circle(imgOriginal, (x,y), 10, (255,0,0), -1)
cicles = cv2.circle(imgOriginal, (x,y), 10, (255,0,0), -1)

^G Get Help ^O WriteOut ^R Read File ^Y Prev Page ^K Cut Text ^C Cur Pos
^X Exit ^J Justify ^W Where Is ^V Next Page ^U UnCut Tex ^T To Spell

```

Figura 56. Líneas de código para dibujar circulo sobre el objeto de seguimiento

Fuente; Autoría

Se toma en cuenta la posición del circulo en el frame que se presenta en video streaming, de manera que según su posición se determina el movimiento de los servomotores para el seguimiento, el cual una vez que la figura dibujada esta fuera del rango determinado por un radio, este ejecute las sentencias aumentando o disminuyendo el valor en grados del movimiento de los servomotores. En la Figura 57 se presenta las líneas de código que se utilizó.

```

pi@raspberrypi: ~
GNU nano 2.2.6 File: lamp.py
distancia = math.sqrt(((intXFrameCenter - x)**2)+((intYFrameCenter - y)**2))

if GPIO.input(sesquialento):
    time.sleep(1)
    i = i + 1
    #print str(i)
if i > 1:
    i = 0
    #print str(i)

if distancia > radio and distancia < 200 and i == 1:
    cv2.circle(imgOriginal, (x,y), 5, (255,0,0), -1)
    circles = cv2.circle(imgOriginal, (x,y), 10, (255,0,0), -1)
    #cv2.circle(imgOriginal, (x,y), 80, (255,0,0), 2)
    if x < intXFrameCenter and tiltServoPosition >= 50:
        tiltServoPosition = tiltServoPosition - 3
        #print "tilt\n"
    elif x > intXFrameCenter and tiltServoPosition <= 140:
        tiltServoPosition = tiltServoPosition + 3
        time.sleep(0.1)
    if y > intYFrameCenter and panServoPosition1 >= 40:
        panServoPosition1 = panServoPosition1 - 3
        #print "pan1\n"
    elif y < intYFrameCenter and panServoPosition1 <= 130:
        panServoPosition1 = panServoPosition1 + 3

else:
    tiltServoPosition = tiltServoPosition
    panServoPosition1 = panServoPosition1

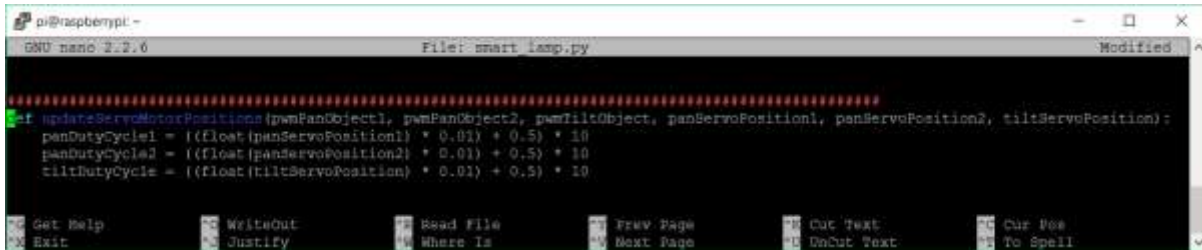
updateServoMotorPositions(pwmPanObject1, pwmTiltObject, panServoPosition1, tiltSerf
# and if

```

Figura 57. Líneas de código para determinar movimiento de servomotores

Fuente: Autoría

Para que los servomotores determinen un movimiento es necesario pasar el valor en grados a ciclos de trabajo o conocido como duty cycle para que el valor en porcentaje sea transferido en voltaje al servomotor. A continuación en la Figura 58 se muestra el método utilizado en el programa.



```
pi@raspberrypi:~$ nano smart_iasp.py
GNU nano 2.2.6 File: smart_iasp.py Modified
#####
def updateServoMotorPositions(pwmPanObject1, pwmPanObject2, pwmTiltObject, panServoPosition1, panServoPosition2, tiltServoPosition):
    panDutyCycle1 = ((float(panServoPosition1) * 0.01) + 0.5) * 10
    panDutyCycle2 = ((float(panServoPosition2) * 0.01) + 0.5) * 10
    tiltDutyCycle = ((float(tiltServoPosition) * 0.01) + 0.5) * 10
```

Figura 58. Método de actualización de duty cycle para servomotores

Fuente: Autoría

3.2.5.1.Desarrollo de Software – Arduino Mini Pro

El Arduino Mini Pro cumple la función de interpretar los datos del sensor BH1750 y determinar la cantidad de lux del área de trabajo en general, y así regular la cantidad de lux sobre el objeto de interés del usuario o punto focal de soldado. En la Figura 59 se muestra el Arduino IDE con el código de programación.



```
Sensor_BH1750 (Arduino) 1.6.7
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Sensor_ID:01750
#include <Wire.h>
#include <BH1750.h>

BH1750 lightMeter;
// the setup routine runs once when you power reset
void setup() {
  pinMode(2, OUTPUT);
  pinMode(3, OUTPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);
  pinMode(8, OUTPUT);
  lightMeter.begin();
}

// the loop routine runs over and over again forever.
void loop() {
  // read the input on analog pin 0:
  float sensorValue = lightMeter.readLightLevel();
}
```

Figura 59. Arduino IDE

Fuente: Autoría

El sensor digital BH1750 para tener una lectura por parte del Arduino Mini Pro necesita de dos librerías que se muestran en la Figura 60 a continuación.

```
control$  
#include <Wire.h>  
#include <BH1750.h>  
#include <Servo.h>
```

Figura 60. Librerías para el sensor BH1750

Fuente: Autoría

Finalmente, parte importante de la programación es determinar los pines que se utilizaran como salida (output) e inicializar el sensor con el código que se muestra en la Figura 61 a continuación. El programa completo se lo muestra en el Anexo 01.



```
control$  
  
Servo pan1_servo; // create servo object to control a servo  
BH1750 lightMeter;  
  
int mover;  
  
void setup() {  
  // put your setup code here, to run once:  
  pan1_servo.attach(8); //pan 2 attaches the servo on pin 8 to the  
  pinMode(2, OUTPUT);  
  pinMode(3, OUTPUT);  
  pinMode(4, OUTPUT);  
  pinMode(5, OUTPUT);  
  Serial.begin(9600);  
  lightMeter.begin();  
}  
  
void loop() {
```

Figura 61. Definición de pines e inicialización de sensor BH1750

Fuente: Autoría

En la Tabla 39 se muestra la relación de la cantidad de lux en referencia a la posición del servomotor de la sección 3.

Tabla 39. Relación de la cantidad de lux y los grados del servomotor en la sección 3

lux	Θ°
600	70
100	130

Fuente: Autoría

La relación de los valores parte del análisis realizado en 3.2.1.2 y determinación del movimiento de la estructura a los que el servomotor en la sección 3 realiza detallado en 4.2.

Se realiza una ecuación lineal para la regulación automática de la iluminación que brinda el dispositivo por lo que se muestra a continuación el desarrollo de la ecuación de regulación para el sistema electrónico.

Se determina los puntos donde se consideran los valores de lux y los valores en grados del servomotor, mismos que se muestran a continuación en la Tabla 40.

Tabla 40. Valores de lux con respecto a los grados del servomotor

Lux (lx)	Grados (°)
600	70
100	130

Fuente: Autoría

Determinamos los puntos en el plano en un gráfico a continuación en la Figura 62:

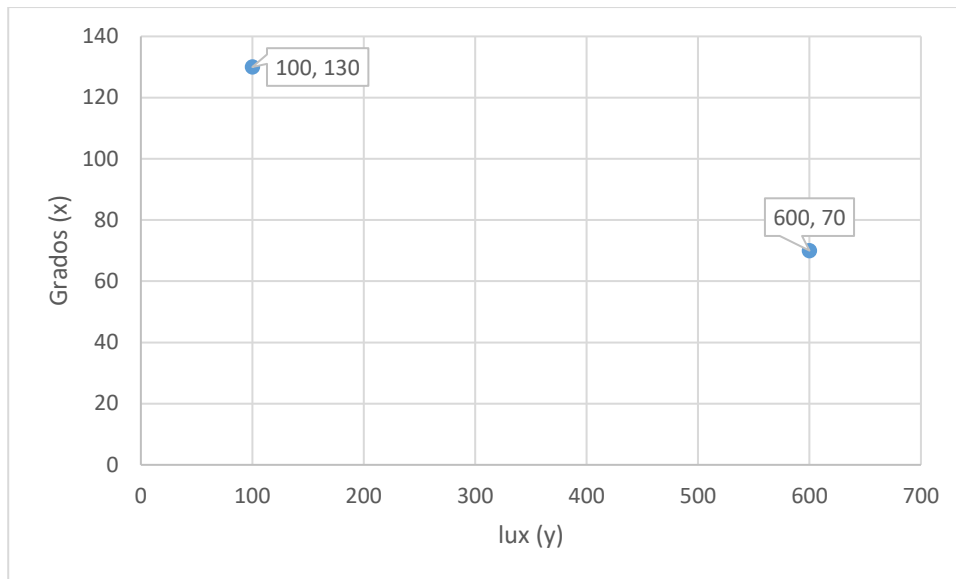


Figura 62 Plano de valores en lux con respecto a grados.

Fuente: Autoría

Para determinar la ecuación de la recta que forman los dos puntos, el cual nos permite conocer los valores de cada ángulo para los servos según la cantidad de lux, se parte de la ecuación punto-pendiente que se muestra en la Ecuación 11 siguiente:

$$y - y_1 = m (x - x_1)$$

Ecuación 11. Ecuación punto-pendiente

Fuente: (Gobran, Pérez, & Peña, 1990)

Donde:

x, y = variables en el plano

x_1, y_1 = punto en el plano

m = pendiente

Para determinar la ecuación se realizan los siguientes cálculos:

Si $m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$, entonces

$$m = \frac{600 - 100}{70 - 130} = -\frac{25}{3}$$

$$y - 600 = -\frac{25}{3}(x - 70)$$

$$3y - 1800 = -25x + 1750$$

$$3y + 25x = 3550$$

$$x = \frac{3550 - 3y}{25}$$

$$\theta = \left(\frac{(3550 - (3 \times Y))}{25} \right)$$

Ecuación 12. Ecuación para la regulación de iluminación

Fuente: Autoría

Donde:

Θ = Movimiento de servomotor en grados

Y = Valor del sensor BH1750 en lux

En la Figura 63 se muestra la lógica de programación realizada para la regulación automática.

```

#include <Servo.h>

Servo pan2_servo;

int sensorValue;

void setup() {
  pan2_servo.attach(9);
}

void loop() {
  sensorValue = analogRead(A0);

  if (sensorValue <= 400 || sensorValue >= 100) {
    move = ((3550 - (3 * sensorValue)) / 25) * 180;
    delay(15);
    pan2_servo.write(move);
  }

  if (sensorValue > 400) {
    delay(15);
    pan2_servo.write(70);
  }

  if (sensorValue < 100) {
    delay(15);
    pan2_servo.write(120);
  }
}

```

Figura 63. Lógica de programación para regulación automática

Fuente: Autoría

3.2.6. Desarrollo de Hardware (Integración)

El desarrollo del hardware refiere a la integración de las piezas que requiere el sistema en las distintas secciones, las cuales brindaran el movimiento a la lámpara de escritorio.

3.2.6.1. Armado de Estructura de la Lámpara

Para mejor comprensión de esta sección en necesario revisar Diseño de Piezas de Integración para Movimiento en la Figura 39 se muestra las partes que tiene la lámpara y que aquí se detalla cómo estas son ensambladas ya con las piezas diseñadas.

La base cilíndrica es parte de la sección 1 que se ajusta a la unión 3, para ello el tubo sobre ella debe unirse con el de la pieza nueva con el propósito que tenga un movimiento rotacional manual, y sostenga a toda la estructura una vez que se une con la sección 2. A continuación se muestra en la Tabla 41 el detalle de las secciones atornilladas con las características de sus tornillos y numero utilizado.

Tabla 41. Especificaciones tornillos utilizados en movimiento de sección 2

Detalle de tornillos	Sección 2 – unión 3	Pieza de movimiento - servo	Pieza de movimiento – varilla de sección 2
Diámetro (cm)	0.4	0.3	0.4
Largo (cm)	2.5	0.6	3.0
Número necesario	2	1	1

Fuente: Autoría

El modelo actual de Anglepoise se caracteriza por resortes que permiten la maniobrabilidad de la misma, en este caso se conservan y se los coloca como se muestra en la Figura 64.



Figura 64. Posicionamiento de resortes y características – Sección 2

Fuente: Autoría

La regulación automática de iluminación es la función de la sección 3 junto con la unión 2, de igual manera que la explicación anterior en esta se ajusta un servomotor que con la nueva pieza mostrada en la Figura 42 se mueve en forma vertical. En la Tabla 42 se detalla los tornillos utilizados para armar la siguiente parte de la estructura.

Tabla 42. Especificaciones tornillos utilizados en movimiento de sección 3

Detalle de tornillos	Sección 2 – unión 2	Sección 3 – unión 2	Pieza de movimiento - servo	Pieza de movimiento – varilla de sección 3
Diámetro (cm)	0.4	0.4	0.3	0.4
Largo (cm)	2.5	2.5	0.6	3.0
Número necesario	2	2	1	1

Fuente: Autoría

En la Figura 65 se muestra el posicionamiento de los resortes empleados en esta sección para facilitar el movimiento del diseño original y de igual manera para su automatización.

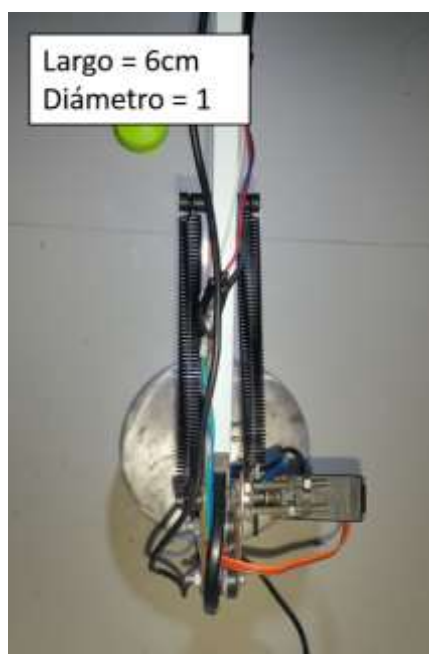


Figura 65. Posicionamiento de resortes y características – Sección 3

Fuente: Autoría

La sección 4 se moviliza de forma rotatoria lateral y vertical, para esto es necesario la pieza metálica mostrada en Figura 44 que junta sección 3 y sección 4 y la una segunda pieza de adaptada que se indica en la Figura 42 , y para obtención de un movimiento giratorio se muestra en la Figura 43 que se ajusta al servomotor y a la unión 1 por medio de la pieza que provee movimiento vertical. A continuación en la Tabla 43 se muestra en la los elementos necesarios para ajustar las secciones.

Tabla 43. Especificaciones tornillos utilizados en movimiento de sección 3

Detalle de tornillo	Diámetro (cm)	Largo (cm)	Número necesario
Sección 3 - unión 1	0.4	2.5	2
Sección 4 - servomotor	0.4	3.0	3
Unión 1 - pieza de movimiento vertical	0.4	2.5	1
Pieza de movimiento vertical – pieza de movimiento rotatorio	0.3	0.6	2

Servomotor – pieza de movimiento rotatorio	0.3	0.6	1
Pieza adaptada – servo	0.3	0.6	1
Pieza de movimiento vertical – pieza adaptada	0.4	2.5	1

Fuente: Autoría

3.2.6.2. PCB de la Fuente Externa para los Servomotores

Dado por terminado el diseño del circuito de la fuente externa que se muestra en la Figura 34 se realiza la placa de circuito impreso (PCB), lo cual se muestra en la Figura 66 a continuación.

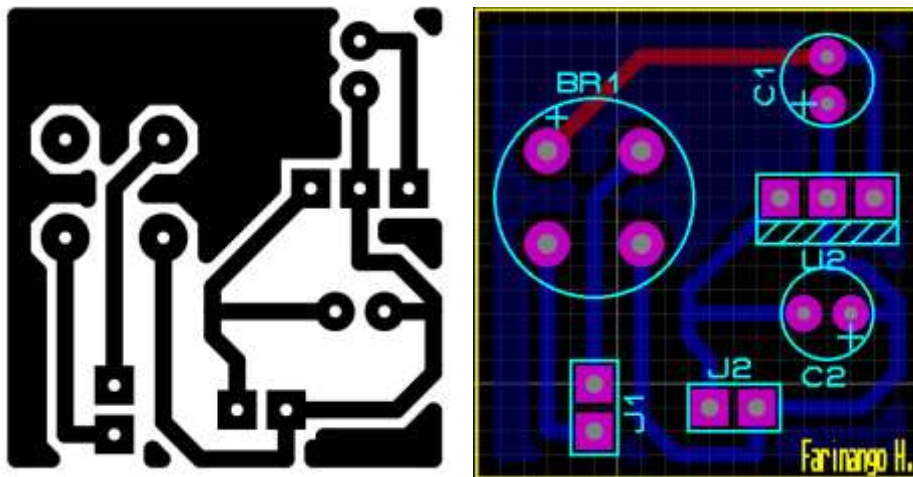


Figura 66. PCB de la Fuente Externa de Alimentación

Fuente: Autoría

CAPÍTULO IV. PRUEBAS Y CONCLUSIONES

En el presente capítulo se considera las pruebas realizadas de este proyecto el cual contempla test de software para el seguimiento de color e interacción de los servomotores. Luego, se realiza evaluación de hardware referente a la estructura de la lámpara Anglepoinse, donde los servomotores están colocados en las piezas modificadas para determinar el seguimiento en conjunto del sistema electrónico. Finalmente, al desarrollar el sistema electrónico con aplicación de Visión Artificial para iluminación regulable automática, que brinde la cantidad de luz óptima en el punto focal de soldado en mesas de trabajo del laboratorio de la CIERCOM a escala de laboratorio durante 8 meses se expone las correspondientes conclusiones.

4.1. PRUEBA DE SOFTWARE

La prueba de software corresponde a el seguimiento del color de un objeto, donde se verifica el funcionamiento en conjunto de los distintos dispositivos como son: cámara y servomotores. Estos terminales deben colocarse a unos braquets o soportes como en Figura 67 de tal manera que se arme una estructura junta y actúen según se indique en la programación.



Figura 67. Braquets para servomotores

Fuente: Autoría

Se determinan dos tipos de braquets para ajustar a los servomotores, para movimientos inclinados se tiene tilt y para movimientos horizontales o panorámicos se utiliza el pan. Estos soportes se pueden apreciar en la Figura 67.

La cámara web se ajusta en tilt, el cual se coloca junto con el servomotor en posición horizontal. El otro servomotor es atornillado a una base y el engrane apretado a pan que sostiene la estructura de inclinación. Para mayor detalle se aprecia en la Figura 68.



Figura 68. Estructura de prueba de software de seguimiento de objeto por color

Fuente: Autoría

4.1.1. Resultados de Prueba de Software

Los resultados de las pruebas de funcionamiento del software corresponden al seguimiento de la manilla ubicada en cualquier mano del usuario y que la imagen de la manilla sea distinguida por el software. De la misma manera se realiza pruebas de medición del software en el Arduino Mini Pro para determinar la cantidad de iluminancia general.

4.1.1.1.Pruebas de Seguimiento de Color

Una vez que se realizó la correspondiente programación, para lo cual se determina las dimensiones del área que corresponde al seguimiento según valores en el plano de “x” e “y”. A continuación, en la Figura 69 se muestra gráficamente las áreas de seguimiento del primer prototipo.



Figura 69. Áreas de seguimiento – Primer Prototipo

Fuente: Autoría

El programa determina el objeto del color a seguir, el mismo que en el cuadro o frame de la imagen se muestra un círculo sobre él y realiza las sentencias correspondientes para que los servomotores se muevan dado su valor en grados de 0° a 180°.

El tamaño del cuadro que muestra la imagen es dependiendo de la resolución de la cámara, la Logitech C170 precisa valores máximos de 1024 x 760, en la prueba de software utilizamos valores de cuadro y colores como se presenta a continuación en la Tabla 44.

Tabla 44. Resultado de seguimiento de objeto de color

Dimensiones de cuadro de imagen	Área de no seguimiento	Colores	Seguimiento
320 x 240	120 x 120	Celeste	Si
640 x 480	320 x 320	Verde	Si
320 x 240	120 x 120	Verde	Si
640 x 480	320 x 320	Celeste	Si

Fuente: Autoría

El seguimiento del objeto se realiza exitosamente sin importa el tamaño del frame de la imagen que se muestra. Los dos colores con los que se hizo la prueba se muestran claramente y se identifica el objeto. Una vez que se obtiene resultados en base a pruebas, se elige el color verde con los valores en rango de $H \rightarrow 29$ a 64 , $S \rightarrow 86$ a 255 y $V \rightarrow 6$ a 255 , y una resolución de 320×240 .

Para poder verificar el funcionamiento de la prueba de software se adjunta en el Anexo 05 el link de un video, demostrando el funcionamiento de la estructura armada con los braquets.

En el prototipo final se considera las mismas características de software que el primero, a diferencia que se cambia en el área de “no seguimiento” que se limita por una circunferencia que hace centro en el punto medio del frame como se indica en la Figura 70.



Figura 70. Áreas de seguimiento – Prototipo Final

Fuente: Autoría

Las pruebas realizadas en función del smoothing condesciende al uso de la morfología para discriminar de mejor manera los reflejos que son causados por la luminaria del dispositivo, ya que el color en este caso no se puede diferenciar; en la Figura 71 se muestra la aplicación de la erosión y dilatación, y únicamente esto se define con un objeto que refleje la luz.

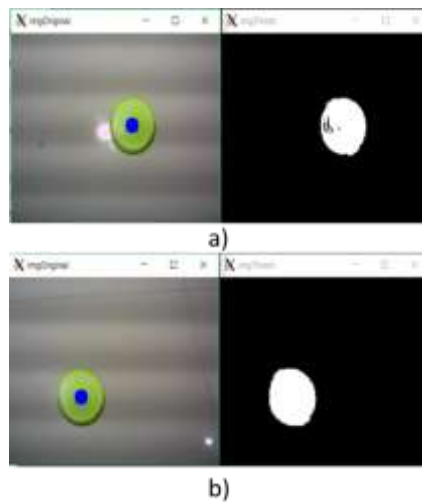


Figura 71. a) Aplicación de HSV y morfología. b) Solo aplicación de HSV

Fuente: Autoría

4.2. PRUEBAS DE HARDWARE

Las pruebas de hardware tratan del funcionamiento mecánico de la lámpara Anglepoise, es decir, lo correspondiente al conjunto de piezas integradas que remplazan a las originales del modelo. De la misma manera, los servomotores que se utilizara en la estructura deberán proporcionar el movimiento deseado para el seguimiento por color, una vez que estos ya son ajustados y calibrados en los ángulos correspondientes para partir de una posición inicial en funcionamiento.

4.2.1. Resultados de Pruebas de Hardware

Las diferentes secciones que se muestran en la Figura 39 poseen movimiento en conjunto para el seguimiento por color. Para ello, los servomotores son primordiales puesto que deben actuar de manera unificada, dado a que su movimiento influye en toda la estructura de la lámpara y por ende en la cantidad de iluminación de la mesa de trabajo.

Se presenta a continuación en la Tabla 45 los valores en ángulos que los servomotores manejan para dar un movimiento a las secciones, estos valores son los referentes para el desarrollo de software.

Tabla 45. Valores de servomotores para movimiento de la estructura

Movimiento	ángulo máximo	ángulo mínimo
	(°)	(°)
Sección 3	130	70
Sección 4 vertical	130	40
Sección 4 lateral	140	50

Fuente: Autoría

Los valores presentados son obtenidos en base a pruebas de la funcionalidad estructural que tiene la lámpara, es decir que son datos en los que se puede guiar para que la arquitectura del prototipo no se vea afectada.

4.2.1.1. Pruebas de Medición de Iluminancia General

Se hace una comparativa entre el modulo sensor de luz BH1750 y los valores que se puedan obtener del Smartphone con la aplicación Physics Toolbox Light Meter, de manera que en la Tabla 46 a continuación se presenta los resultados de la medición en condiciones ambientales distintas.

Tabla 46. Comparativa de mediciones con Physics Toolbox Light Meter y sensor de luz BH1750

Detalle	Physics Toolbox Light Meter (lux)	sensor de luz BH1750 (lux)
oscuro	0.00	0.00
Por la mañana Sin iluminación artificial	90.00	93.00
Por la tarde sin iluminación artificial	59.00	65.00
Por la noche sin iluminación artificial	30.00	36.00
Por la mañana con iluminación artificial	110.00	117.00
Por la tarde con iluminación artificial	123.00	128.00
Por la noche con iluminación artificial	89.00	91.00
Exterior nublado	846.00	860.00
Exterior claro	1213.00	1198.00

Fuente: Autoría

El resultado es satisfactorio de la comparativa ya que se tiene valores aproximados y con esta referencia se puede realizar los criterios de regulación automática por parte del dispositivo. En la Figura 72 se muestra la conexión entre el sensor de luz RH1750 y el Arduino Mini Pro.

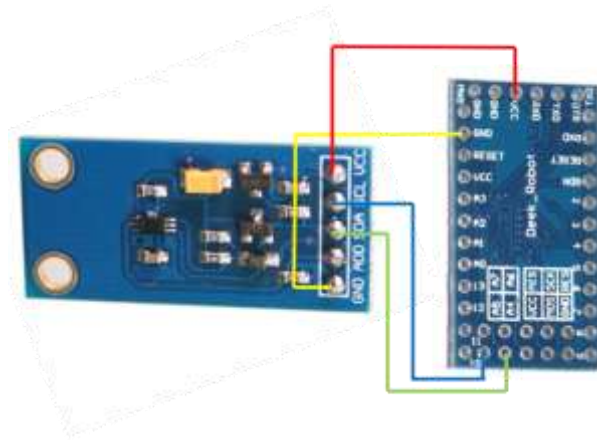


Figura 72. Arduino Mini Pro - Sensor de luz RH1750

Fuente: Autoría

La regulación automática es realizada por el servomotor colocado en la sección 3, el cual es controlado por el Arduino Mini Pro según los valores de lux del área de trabajo.

4.2.1.2. Pruebas de Medición de Iluminación del Prototipo Final con Respecto a la Iluminación General

Se realizaron pruebas de medición de la cantidad de iluminación localizada del dispositivo con respecto a la iluminación general en el área de trabajo, resultados que se presentan en la Tabla 47.

Tabla 47. Relación de Iluminación del Prototipo con respecto a la General

Iluminación Prototipo (lux)	Iluminación General	Valor de Relación
735	220	0.299
905	355	0.392
1020	389	0.381

Fuente: Autoría

Para determinar el valor de relación que existe entre las dos iluminaciones se la realiza considerando la normativa ecuatoriana en el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo en el Art. 56 adendum 2 sobre la iluminación localizada explica que “La iluminación general más débil será como mínimo de $\frac{1}{3}$ (0.333) de la iluminación localizada, medidas ambas en lux.” De manera que el valor de la relación del prototipo es aproximado.

4.3. VERIFICACIÓN POR EL USUARIO

Las verificaciones del usuario son esenciales para documentar los cambios necesarios en el sistema y poderlos corregir satisfactoriamente, otro objetivo muy importante es la comprobación de los anteriores requerimientos con su grado de satisfacción.

Se realizó una encuesta sobre el funcionamiento del prototipo a distintos estudiantes de entre cuarto y noveno semestre de la CIERCOM que utilizan el laboratorio de electrónica, los cuales tuvieron apertura a probar el prototipo mostrado en la Figura 73. Se desea conocer las observaciones del usuario con respecto a su funcionalidad y a la interacción que ha tenido con el dispositivo. Esto permite la depuración del mismo para una vez que se ha finalizado se corresponda a la implementación.



Figura 73. Prueba por estudiantes en el laboratorio de electrónica

Fuente: Autoría

Antes de encuestar a los estudiantes se realizó la prueba de soldar elementos a placas electrónicas en las cuales debían hacer el uso normal de los implementos de fusión (estaño, caudín y crema de soldadura) que se muestran en Figura 74 sin la utilización del prototipo. Luego, se realizó la misma acción con la participación del dispositivo y posteriormente consultar a los usuarios la experiencia.



Figura 74. Elementos utilizados en la prueba por parte de los usuarios

Fuente: Autoría

Para determinar el número de estudiantes que se necesita encuestar se debe sacar la muestra, en este caso se la realiza partiendo del valor de personar que fueron encuestadas para

el análisis en 3.2.1. Una vez realizada la muestra con la Ecuación 4 se obtiene un valor de 48 estudiantes de la CIERCOM.

- Parámetros utilizados

$N = 81$ (número total de estudiantes considerados para el análisis)

$\sigma = 0.5$

$Z = 1.96$

$e = 0.09$

$$n = \frac{(81)(0.5)^2(1.96)^2}{(81 - 1)(0.09)^2 + (0.5)^2(1.96)^2} = 48.366 \approx 48 \text{ estudiantes}$$

Una vez elaboradas las encuestas (formato de encuesta se muestra en el Anexo 07), se obtiene un grado de satisfacción positivo por parte de los estudiantes que probaron el prototipo por motivo que no se obtuvo respuestas negativas. El prototipo cumple con todos los requerimientos por parte del usuario y lo planteado para su funcionamiento, los resultados de la encuesta de verificación se muestran en el Anexo 07.

4.4. ANÁLISIS DE COSTOS

En esta sección se realiza un análisis de los costos tanto de hardware como software que se emplearon para el desarrollo del prototipo implementado, con la finalidad de tener una referencia económica de lo necesario para futuras replicas.

4.4.1. Costos de Hardware

Se detalla a continuación en la Tabla 48 los elementos y dispositivos electrónicos utilizados para la implementación del prototipo.

Tabla 48. Costos de Hardware

Elementos	Cantidad	Precio Unitario (Dólares)	Precio Total (Dólares)
Lámpara Anglepoise	1	15	15
Raspberry Pi 2	1	65	65
Logitech Webcam C270	1	36	36
Tower Pro MG946R	3	8	24
Sensor BH1750	1	8	8
Arduino Mini Pro	1	5	5
Bombillo LED	1	5	5
Piezas metálicas nuevas	1	50	50
Otros	1	20	20
TOTAL			228

Fuente: Autoría

Como se puede observar en la Tabla 48, el costo total de los materiales utilizados en la construcción del prototipo es de \$ 228. Es importante mencionar que el valor total del costo puede variar dependiendo del proveedor de los materiales electrónicos y de la cantidad de elementos adquiridos.

4.4.2. Costos de Software

Se muestra a continuación en la Tabla 49 los programas utilizados en el desarrollo del presente proyecto. El más importante en el presente trabajo es el Entorno de Desarrollo

Integrado de Python en el cual se desarrolló la programación del prototipo, este programa es de código abierto por lo tanto tiene distribución libre y es gratuito. Los programas OpenCV y Arduino IDE, el cual se utilizó una sola vez al programar y cargar al Arduino Mini Pro para lectura del sensor BH1750, son de libre distribución y uso.

Tabla 49. Costos de Software

Software	Cantidad	Precio Total (Dólares)
Python 2.7 IDE	1	0
Arduino IDE	1	0
OpenCV 3.0	1	0
TOTAL		0

Fuente: Autoría

4.5. DEPURACIÓN

El prototipo mejoró después de la realización de pruebas que permitieron depurar la funcionalidad y de la misma manera mantener parte de su diseño que fue realizado en base a la información recolectada posteriormente.

La determinación de un seguimiento continuo del objeto de color se tornó molesto para el usuario, por medio de las pruebas de movimiento de la estructura se modificó los grados máximos y mínimos de apertura de los servomotores de cada sección.

La cantidad de iluminación que pueda presentarse en cualquier ambiente de trabajo en el cual se pueda utilizar el dispositivo es una variable desconocida, por tal motivo el diseño comprende una ecuación lineal que fue determinada según valores de lux obtenidos dentro de las instalaciones del laboratorio de la CIERCOM y las pruebas

de movimiento estructural del dispositivo, de esta manera existe una regulación constante y pasiva que no afecte la funcionalidad.

Las pruebas del funcionamiento por parte de los usuarios es parte importante para el diseño, pues se determinó la implementación de un pulsador que detenga o active el seguimiento, y de la misma manera un retenedor para la estructura en la sección 2 que tenga como función evitar que el usuario posicione de una manera que afecte el uso del dispositivo.

4.6. CONCLUSIONES

- Se desarrolló un sistema electrónico con aplicación de visión artificial, acoplado a una lámpara del modelo Anglepoise, el cual regula un valor de iluminación aproximado de 600 lux de manera automática, cantidad óptima para áreas de trabajo donde se realizan actividades de concentración visual según la ISO 8995.
- Se determinó mediante un estudio de luminotecnia que el Laboratorio de Electrónica de la CIERCOM no cumple con valores recomendados de iluminación sobre las mesas de trabajo de 500 lux por la norma ISO 8995 obteniendo en los datos recolectado valores máximos y mínimos de 100 a 300 lux dentro de las instalaciones.
- La elección de hardware y software implementados en el sistema electrónico se determinó dados los requerimientos de stakeholders, los que se fundamenta en el estándar IEEE 29148.

- El prototipo brinda una iluminación localizada aproximadamente 3 veces mayor a la iluminación general en mesas de trabajo, indicado por la normativa ecuatoriana en el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo que permiten la validación de lo realizado.
- El desplazamiento de la estructura de la lámpara se determina mediante las pruebas realizadas obteniendo una delimitación física de la misma, dando valores máximos y mínimos en grados para la sección 4 de 130° - 40° y 140° - 50° para movimiento vertical y lateral respectivamente y la sección 3 de 130° - 70° para movimiento vertical.

4.7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el apoyo a propuestas que tienen como finalidad la inclusión de tecnologías innovadoras como aplicaciones de visión artificial, para el desarrollo de proyectos de investigación y así contribuir al cambio de la matriz productiva del país.
- Es recomendable acoger las indicaciones del manual de usuario para que el uso del prototipo sea de manera adecuada y este proporcione a la persona de sus beneficios.
- La utilización del este trabajo debe ser para actividades que requieran la visualización de detalles y concentración visual, que pueden ser distintas a la actividad de soldado de elementos electrónicos a placas de circuito impreso.
- Para utilización adecuada del dispositivo la mesa de trabajo donde se realiza la actividad de soldado debe carecer de color verde igual o similar al de la manilla para mejor desempeño del mismo.

- Se recomienda el uso de plataformas de software y hardware libre para desarrollo de proyectos como el presente para reducción de costos.
- La metodología del Modelo en V es recomendable para los sistemas electrónicos, ya que permite de manera ordenada tener la fundamentación correcta para desarrollo de proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, M. (2014). *Analisis, Diseño e Implementacion de un Sistema de Contro de Ingreso de Vehiculos Basado en Vicion Artificial*. Cuenca.
- Anónimo. (2009). *opensource.com*. Obtenido de <https://opensource.com/resources/what-open-so>
- Arduino. (s.f.). *Arduino*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Products.Compare>
- Barrionuevo, V., & Ozaetta, J. (12 de agosto de 2015). *El mundo de la biofísica*. Obtenido de http://biofisica2ugmedicina.blogspot.com/2015/08/unidad-iii_12.html
- Bermeo, M., & Granda, L. (marzo de 2013). Estudio técnico de iluminación en las aulas del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el período 2011-2012. Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.
- Blanco, A. (2012). *Slideshare*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/ablancomeza/intensidad-luminosa>
- Bradski, G., & Kaebler, A. (2008). *Learning OpenCV*. Cambridge: Newgen Publishing and Data Services.
- Cárdenas, M., & Lerena, O. (2012). *Automatizacion de un sistema de centrado de componentes utilizando vision artificial*. Cuenca: UPS.

- Castilla, N., Blanca, V., Martínez, A., & Pastor, M. (10 de noviembre de 2011). *Luminotecnia: Cálculo según el método de los lúmenes*. Valencia, España.
- Castro Gómez, A. (septiembre de 2012). *DISEÑO Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE UN BRAZO ROBÓTICO IMPRIMIBLE*. Leganés, Madrid, España.
- Cevallos, Á., & Jarama, E. (2010). *Análisis de Riesgos en Operaciones de Reparación de PCB's en el Laboratorio Electrónico de La CNT*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Claderón, M., & Maldonado, D. (2014). *Control por Vison de un Cuadricoptero Utilizando ROS*. Quito: EPN.
- Culjak, I., & Abram, D. (2012). A brief introduction to OpenCV. *MIPRO*, 1725-1730.
- De Bernardini, E. (01 de noviembre de 2009). *Astronomico*. Obtenido de <http://www.surastronomico.com/not-561-la-vision-y-la-adaptacion-a-la-oscuridad.html>
- Decreto No. 2393 . (03 de Febrero de 1998). *REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO*. Obtenido de <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/12/Reglamento-de-Seguridad-y-Salud-de-los-Trabajadores-y-Mejoramiento-del-Medio-Ambiente-de-Trabajo-Decreto-Ejecutivo-2393.pdf>
- Driessen, J. (2004). *Object Tracking in a Computer Vision based Autonomous See-and-Avoid System for Unmanned Aerial Vehicles*. Royal Institute of Technology .
- eLinux wiki. (29 de agosto de 2016). *eLinux wiki*. Obtenido de http://elinux.org/RPi_USB_Webcams
- Embedded Linux Wiki. (14 de julio de 2016). *Embedded Linux Wiki*. Obtenido de http://elinux.org/RPi_USB_Webcams

- Erenovable. (25 de octubre de 2016). *ERENOBABLE*. Obtenido de <http://erenovable.com/calculo-lumens-bombillas/>
- Faravar, A. (2014). *Design, Implementation and Control of a Robotic Arm*. Gazimagusa: Eastern Mediterranean University.
- Farrás, J. (2000). Iluminación. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*, 20.
- Feng, L., Xiaoyu, L., & Yi, C. (2014). An efficient detection method for rare colored capsule based on RGB and HSV color space. *Granular Computing (GrC), 2014 IEEE International Conference on* , 175 - 178.
- Frias, L. (27 de 05 de 2011). *Slide Share*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/kroata/punto-focal>
- Garcia, J. (2009). *Iluminación de Interiores*. Obtenido de www.edison.ee@upc.edu
- Gobran, A., Pérez, A. R., & Peña, E. (1990). *Álgebra elemental*. Grupo Editorial Iberoamérica.
- Gonzales, R. C., & Woods, R. E. (2002). *Digital Image Processing*. New Jersey.
- Herranz, C., & Jáuregui, F. (2011). LA ILUMINACIÓN CON LED Y EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA. *Astronimia*, 36 - 46.
- INSHT. (2006). Iluminación de Centros de Trabajo. *NTP 211*.
- Itamar, S. (agosto de 2009). DECISION FRAMEWORK FOR SELECTING A SUITABLE SOFTWARE DEVELOPMENT PROCESS.
- K., A. (2015). Instrumnts, sensors and apps are turning smatphones into engineering measuremnt tools . *Mechanical Engineering* , 42-45.
- Lynnette, R. (2013). *Mouser Electronics* . Obtenido de <http://www.mouser.ec/applications/galileo-2-raspberry-pi-2/>
- Margan, & Čandrlić. (2015). The success of open source software: A review . *Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, 1463 - 1468

- Martinez, A. (2002). *Capítulo 6. Principios Fundamentales*. Universidad del País Vasco.
- Matuska, S., Hudec, R., & Miroslav, B. (2012). The Comparison of CPU Time Consumption for Image Processing Algorithm in Matlab and OpenCV. *IEEE*, 75 - 78.
- McAllister, G., McKenna, S. J., & Ricketts, I. W. (2000). Tracking a driver's hands using computer vision. *Systems, Man, and Cybernetics, 2000 IEEE International Conference on (Volume:2)*, 1388 - 1393.
- Naylamp Mecatronics. (s.f.). *Naylamp Mecatronics*. Obtenido de <http://www.naylampmechatronics.com/>
- Pardo Lara , J. (20 de 09 de 2011). *johannapardo0041.blogspot.com*. Obtenido de johannapardo0041.blogspot.com
- Pedre, S. (12 de octubre de 2012). *UBA*. Obtenido de http://www-2.dc.uba.ar/charladeborrachos/presentaciones/charla_2012-10-12.pdf
- Peñahora, M. (2006). *Iluminación en el Puesto de Trabajo*. Ministerio de Empleo y Seguridad Social de España.
- Posada, M. G. (2015). *Diseño de Prototipo de Recogida Automatizada de Bolos Mediante Brazo Robótico y Visión Artificial*. Oviedo.
- ProcesosdeSoftware . (2005). *ProcesosdeSoftware* . Obtenido de <https://procesosdesoftware.wikispaces.com/file/view/ciclosdevidadelsoftware.pdf/579330701/ciclosdevidadelsoftware.pdf>
- Prohías Martinez, J. (s.f.). *www.sld.cu*. Obtenido de www.sld.cu
- Raspberry Pi. (09 de octubre de 2013). *Raspberry Pi Español*. Obtenido de <http://www.raspberrypi.es/wp/pcduino-una-computadora-de-similares-caracteristicas-la-raspberry-pi/>
- Raspberry Pi Foundation. (s.f.). *Raspberry Pi Foundation*. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/>

- Raspbian.org. (s.f.). *Raspbian*. Obtenido de <https://www.raspbian.org/>
- Rossius, S. (s.f.). *Reconocimiento de objetos mediante WebCam en tiempo real*. Gandía: Universidad Politécnica de Valencia.
- Russell, L. (2012). Low-Cost, Rapid Prototyping of IMU and Pressure Monitoring System using an Open Source Hardware Design. *Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)*, , 2695 - 2699.
- Salleh, Z., & S.I., S. (2008). Color Thresholding Method For Image Segmentation Algorithm Of . *Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control, 2008. CCE 2008. 5th International Conference on* , 212 - 217.
- Samsung. (2016). *SAMSUNG*. Obtenido de <http://www.samsung.com/es/consumer/mobile-devices/smartphones/galaxy-note/SM-N910FZKEPHE>
- Sánchez, D. (10 de abril de 2013). *El androide libre*. Obtenido de <http://www.elandroidelibre.com/2013/04/la-tecnologia-y-sensores-detras-del-samsung-galaxy-s4.html>
- Sans Tresserras, J., Manjón Herrera, F., Pereira, A., Gómez-Tejedor, J., & Monsoriu Soriano, J. (2013). Oscillations studied with the smartphone ambient light sensor. *European Journal of Physics*, 1349-1354.
- Santamaria, P. (09 de mayo de 2012). *Xataka*. Obtenido de <http://www.xatakahome.com/iluminacion-y-energia/cinco-ventajas-de-la-iluminacion-led>
- Seki, K., Yokoi, H., & Iwasaki, M. (2012). Experimental Evaluations of Friction Behavior in Micro-Displacement Region Positioning for Servo Motor with Air Bearings. *Proceeding of IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics*, 731-736.
- Shah, M. (1997). *Fundamentals of Computer Vision*. Orlando: University of Central Florida.

- Sobrado, E. (2009). *SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL RECONOCIMIENTO Y MANIPULACIÓN DE OBJETOS UTILIZANDO UN BRAZO ROBOT*. Lima: Pontificia Universidad Católica de Perú.
- Soneira, R. (2014). *DisplayMate Technologies Corporation of Amherst*. Obtenido de http://www.displaymate.com/Galaxy_Note4_ShootOut_1.htm
- Swenson , P. (2013). *Ehow*. Obtenido de http://www.ehowenespanol.com/definicion-punto-focal-arte-sobre_122828/
- Terms, G. (21 de abril de 2006). *University of Minnesota Characterization Facility website*. Obtenido de <http://web.archive.org/web/20080302163401/http://www.charfac.umn.edu/glossary/f.html>
- The MagPi Team. (2013). The camera module. *The MagPI*, 35.
- Torres, M., & Paz, K. (2014). Tamaño de una Muestra para Investigación del Mercado. En *Boletín Electronico N° 02* (pág. 13). Guatemala: Universida Rafael Landívar. Obtenido de http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_02_BAS02.pdf
- UC3M. (noviembre de 2011). *ASROB*. Obtenido de <http://asrob.uc3m.es/index.php/RaspberryPi#Servo>
- Velez, J., Moreno, A., Sánchez, A., & Sánchez, J. (2003). *Visión por Computador*. Universidad Rey Juan Carlos .
- Vieyra, C., & Vieyra, R. (2015). *Physics Toolbox Apps*. Obtenido de <http://www.vieyrasoftware.net/#!about/c46c>
- Vieyra, C., Jeanjacquot, P., & Marti, A. (diciembre de 2015). *Physics Toolbox Apps*. Obtenido de http://static.nsta.org/files/tst1509_32.pdf

- Vieyra, R. (junio de 2016). *Physics Toolbox Apps*. Obtenido de <http://www.vieyrasoftware.net/#!Reason-for-the-Season/iycqv/5752b3b70cf245cf719f15e3>
- Viraktamath, S., Mukund, K., Aditya, K., & Pavan, K. (2013). Face Deteccion and Traking using OpenCV. 45-50.
- Zhou, S., Ben-Dror, A., & Doggett, J. (28 de noviembre de 2012). *Creative Applications Network*. Obtenido de <http://www.creativeapplications.net/processing/pinokio-the-animatronic-lamp-that-is-aware-of-its-environment/>

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Anglepoise: Modelo de lámpara de escritorio.

Binarización: reducción de información en la que los valores únicos son 1 y 0.

CIERCOM: Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación.

GUI: Interfaz gráfica de usuario del inglés Graphical User Interface.

HSV: define un modelo de color en términos de sus componentes donde el matiz H, la saturación S y la V ligereza.

Intel: Intel Corporation es el mayor fabricante de circuitos integrados del mundo.

Interfaz C/C++: conjunto de funciones que se establecen para llamar al diver con la operación requerida.

Kernel: traducción ha español es núcleo.

Lenguaje C: lenguaje de programación muy utilizado con estructura en funciones.

Licencia BSD: licencia de software para los sistemas Berkeley Software Distribution, un tipo Unix-ike.

Lux: Unidad de intensidad de iluminación del Sistema Internacional, de símbolo lx.

Minucias: pequeñez, insignificancia.

PCB: Placa de Circuito Impreso.

Reflectancia: Capacidad de un cuerpo de reflejar la luz.

RGB: siglas en inglés de red, Green, blue es la composición del color en términos de la intensidad de los colores primarios de la luz.

Stakeholders: persona u organización que tenga un derecho, acción, reclamo, o interés en un sistema o en su posesión características que satisfagan sus necesidades y expectativas.

Visión Artificial: Transformación de datos de programación en computador para procesar imágenes.

Umbral: selección en una imagen blanca y negra.

ANEXO 01. PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA

Programación en Python 2.7 para Raspberry Pi 2

```
#!/usr/bin/env python #Linea de inicialización
# para correr programa, escribir:
# sudo python pan_and_tilt_tracker.py headed      (GUI)
# sudo python pan_and_tilt_tracker.py headless   (no GUI)

import RPi.GPIO as GPIO #Modulos Importados
import cv2
import numpy as np
import os
import sys
import time
import math
from operator import itemgetter

#####
#####

def main(): #Declaracion de Funciones
    headed_or_headless = ""

    if len(sys.argv) == 2 and str(sys.argv[1]) == "headed":
        headed_or_headless = "headed"
        print "entering headed mode"
    elif len(sys.argv) == 2 and str(sys.argv[1]) == "headless":
        headed_or_headless = "headless"
        print "entering headless mode"
    else:
        print "\nprogram usage:\n"
        print "for headed mode (GUI interface) @command prompt type: sudo python
pan_and_tilt_tracker.py headed\n"
        print "for headless mode (no GUI interface, i.e. embedded mode) @ command prompt
type: sudo python pan_and_tilt_tracker.py headless\n"
        return
    # end if else

    GPIO.setmode(GPIO.BCM) # Usa numeracion GPIO, no numeracion de pin fisica

    pan2_gpio = 24 #nombre a pins GPIO
    pan1_gpio = 23
    tilt_gpio = 17

    re2 = 5
    re3 = 6
    re4 = 13
```

```

re5 = 19

radio = 80 # variable

pwmFrequency = 100          # Frecuencia en Hz
pwmInitialDutyCycle = 14    # duty cycle inicial en %

GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setup(pan1_gpio, GPIO.OUT)
GPIO.setup(pan2_gpio, GPIO.OUT)
GPIO.setup(tilt_gpio, GPIO.OUT)
GPIO.setup(re2, GPIO.IN, pull_up_down = GPIO.PUD_DOWN)
GPIO.setup(re3, GPIO.IN, pull_up_down = GPIO.PUD_DOWN)
GPIO.setup(re4, GPIO.IN, pull_up_down = GPIO.PUD_DOWN)
GPIO.setup(re5, GPIO.IN, pull_up_down = GPIO.PUD_DOWN)
GPIO.output(tilt_gpio, GPIO.LOW)
GPIO.output(pan1_gpio, GPIO.LOW)
GPIO.output(pan2_gpio, GPIO.LOW)
time.sleep(0.1)

pwmPanObject1 = GPIO.PWM(pan1_gpio, pwmFrequency)
pwmPanObject2 = GPIO.PWM(pan2_gpio, pwmFrequency)
pwmTiltObject = GPIO.PWM(tilt_gpio, pwmFrequency)

pwmPanObject1.start(pwmInitialDutyCycle)
pwmPanObject2.start(pwmInitialDutyCycle)
pwmTiltObject.start(pwmInitialDutyCycle)

capWebcam = cv2.VideoCapture(0) # declara objeto video captura y asocial a webcam

print "default resolution = " + str(capWebcam.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH)) +
"x" + str(capWebcam.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT))

capWebcam.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH, 320.0)
capWebcam.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT, 240.0)

print "updated resolution = " + str(capWebcam.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH)) +
"x" + str(capWebcam.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT))

if capWebcam.isOpened() == False:          # verificar si objeto video captura fue
asocial a webcam
    print "error: capWebcam not accessed successfully\n\n"      # si no, mensaje error
    os.system("pause")
    return              # salir de la funcion
# end if

intXFrameCenter = int(float(capWebcam.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH)) / 2.0)
#determinar punto sentral en el frame
intYFrameCenter = int(float(capWebcam.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT)) / 2.0)

```

```

panServoPosition1 = int(90)      # posicion inicial de servomotores
panServoPosition2 = int(90)
tiltServoPosition = int(90)

updateServoMotorPositions(pwmPanObject1,    pwmPanObject2,    pwmPanObject3,
pwmTiltObject, panServoPosition1, panServoPosition2, panServoPosition3, tiltServoPosition)

while cv2.waitKey(1) != 27 and capWebcam.isOpened():      # hasta que Esc es
precionado o la coneccion con camara se pierda
    blnFrameReadSuccessfully, imgOriginal = capWebcam.read()      # leer frame

    if not blnFrameReadSuccessfully or imgOriginal is None:      # si frame no lee
correctamente
        print "error: frame not read from webcam\n"      # print mensaje de error
        os.system("pause")
        break      # salir de while (sale del programa)
    # end if

    image = capWebcam.read()

    imgHSV = cv2.cvtColor(imgOriginal, cv2.COLOR_BGR2HSV)

    imgThresh = cv2.inRange(imgHSV, np.array([29, 86, 6]), np.array([64, 255, 255]))
#verde limon

    imgThresh = cv2.dilate(imgThresh, np.ones((5,5),np.uint8))
    imgThresh = cv2.erode(imgThresh, np.ones((5,5),np.uint8))

    imgThresh2 = imgThresh.copy()

    intRows, intColumns = imgThresh.shape

    # encuentra contorno en la imagen umbralizada
    image, contours,hierarchy =
cv2.findContours(imgThresh,cv2.RETR_LIST,cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
    # encontrar el contorno con mayor area y ponerla como best_cnt
    max_area = 0
    best_cnt = 1
    for cnt in contours:

        area = cv2.contourArea(cnt)
        if area > max_area:
            max_area = area
            best_cnt = cnt
# encontrar centroide de best_cnt y dibujar un circulo alli
    M = cv2.moments(best_cnt)
    x,y = int(M['m10']/M['m00']), int(M['m01']/M['m00'])
    #print "position x = " + str(x) + ", y = " + str(y)

```

```

cv2.circle(imgOriginal,(x,y),10,(255,0,0),-1)
cicles = cv2.circle(imgOriginal,(x,y),10,(255,0,0),-1)

distancia = math.sqrt(((intXFrameCenter - x)**2)+((intYFrameCenter - y)**2))
#distancia de puntos

if distancia > radio and distancia < 200:

    if x < intXFrameCenter and tiltServoPosition >= 30:
        tiltServoPosition = tiltServoPosition - 3
    elif x > intXFrameCenter and tiltServoPosition <= 160:
        tiltServoPosition = tiltServoPosition + 3
    time.sleep(0.1)
    if y > intYFrameCenter and panServoPosition1 >= 30:
        panServoPosition1 = panServoPosition1 - 3
    elif y < intYFrameCenter and panServoPosition1 <= 80:
        panServoPosition1 = panServoPosition1 + 3
    if GPIO.input(re5) == 1 and panServoPosition2 <= 100 :
        panServoPosition2 = panServoPosition2 + 2
        panServoPosition1 = panServoPosition1 + 1
    if GPIO.input(re4) == 1 and panServoPosition2 <= 100 :
        panServoPosition2 = panServoPosition2 + 2
    if GPIO.input(re4) == 1 and panServoPosition2 <= 100 :
        panServoPosition2 = panServoPosition2 + 2
    if GPIO.input(re3) == 1 and panServoPosition2 >= 40 :
        panServoPosition2 = panServoPosition2 - 2
    if GPIO.input(re2) == 1 and panServoPosition2 >= 40 :
        panServoPosition2 = panServoPosition2 - 2
        panServoPosition1 = panServoPosition1 - 1

    updateServoMotorPositions(pwmPanObject1,    pwmPanObject2,    pwmTiltObject,
panServoPosition1, panServoPosition2, tiltServoPosition)

# end if

if headed_or_headless == "headed":
    cv2.imshow("imgOriginal", imgOriginal)          # mostrar ventanas
    cv2.imshow("imgThresh", imgThresh2)
# end if
# end while

cv2.destroyAllWindows()          # remover ventanas de memoria
return
#####
#####
#def updateServoMotorPositions(pwmPanObject2,    pwmPanObject,    panServoPosition2,
panServoPosition, pwmTiltObject, tiltServoPosition):

```



```

def updateServoMotorPositions(pwmPanObject1,  pwmPanObject2,  pwmTiltObject,
panServoPosition1, panServoPosition2, tiltServoPosition):
    panDutyCycle1 = ((float(panServoPosition1) * 0.01) + 0.5) * 10
    panDutyCycle2 = ((float(panServoPosition2) * 0.01) + 0.5) * 10
    tiltDutyCycle = ((float(tiltServoPosition) * 0.01) + 0.5) * 10

    pwmPanObject1.ChangeDutyCycle(panDutyCycle1)
    pwmPanObject2.ChangeDutyCycle(panDutyCycle2)
    pwmTiltObject.ChangeDutyCycle(tiltDutyCycle)

#####
#####
if __name__ == "__main__":
    main()

```

Programación en IDE Arduino para Arduino Mini Pro

```

#include <Wire.h>

#include <BH1750.h>

BH1750 lightMeter;

void setup() {

    pinMode(2, OUTPUT);

    pinMode(3, OUTPUT);

    pinMode(4, OUTPUT);

    pinMode(5, OUTPUT);

    lightMeter.begin();

}

void loop() {

    uint16_t sensorValue = lightMeter.readLightLevel();

    if (sensorValue >= 600)

    {

        digitalWrite(2, HIGH);

```

```
digitalWrite(3, LOW);  
digitalWrite(4, LOW);  
digitalWrite(5, LOW);  
}  
if (sensorValue < 600 && sensorValue > 500)  
{  
    digitalWrite(2, LOW);  
    digitalWrite(3, HIGH);  
    digitalWrite(4, LOW);  
    digitalWrite(5, LOW);  
}  
if (sensorValue <= 500 && sensorValue > 400)  
{  
    digitalWrite(2, LOW);  
    digitalWrite(3, LOW);  
    digitalWrite(4, HIGH);  
    digitalWrite(5, LOW);  
}  
if (sensorValue <= 400)  
{  
    digitalWrite(2, LOW);  
    digitalWrite(3, LOW);  
    digitalWrite(4, LOW);  
    digitalWrite(5, HIGH);  
}}
```

ANEXO 02. HOJA DE DATOS SERVOMOTOR MG946R

Specifications

Weight: 55 g

Dimension: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm approx.

Stall torque: 9.4 kgf·cm (4.8 V), 11 kgf·cm (6 V)

Operating speed: 0.17 s/60° (4.8 V), 0.14 s/60°

Operating voltage: 4.8 V a 7.2 V

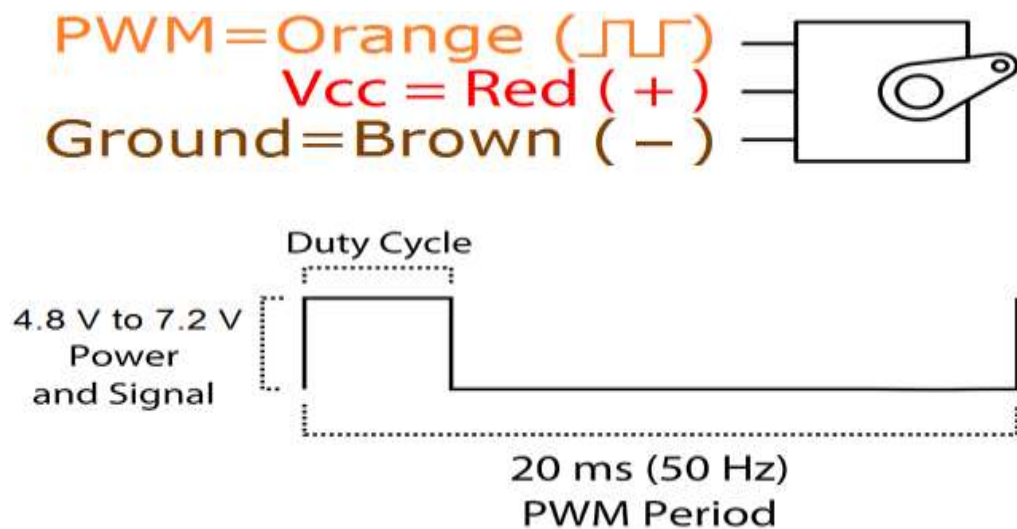
Running Current 500 mA – 900 mA (6V)

Stall Current 2.5 A (6V)

Dead band width: 5 μ s

Stable and shock proof double ball bearing design

Temperature range: 0 °C – 55 °C



TOWER PRO SERVO SPECIFICATION									
Type	Dimension	Weight	Stall torque	Operating speed	Operating voltage	Temperature rang	Dead band width	Gear type	apply for
SG50	21.5x11.7x25.1mm	5	0.6kg/cm(4.8V)	0.1sec/60degree(4.8v)	4.8V	0℃_ 55℃	10μs	nylon	Helicopter,3D-flyer,F3A
SG51R	21.5x11.7x25.1mm	5	0.7kg/cm(4.8V)	0.1sec/60degree(4.8v)	4.8V	0℃_ 55℃	10μs	nylon	
SG90	23x12.2x29mm	9g	1.8kg/cm(4.8V)	0.1sec/60degree(4.8v)	4.8V	0℃_ 55℃	10μs	nylon	
SG91R	23x12.2x29mm	9g	1.8kg/cm(4.8V)	0.1sec/60degree(4.8v)	4.8V	0℃_ 55℃	10μs	nylon	
SG5010	40.2x20.2x43.2mm	38g	5.5kg/cm(4.8V) 6.5kg/cm(6V)	0.2sec/60degree(4.8v) 0.16sec/60degree(6v)	4.8-6V	0℃_ 55℃	10μs	nylon	cars&airplane
MG945	40.7*19.7*42.9mm	55g	10kg/cm(4.8V), 12kg/cm(6V)	0.23sec/60degree(4.8v) 0.2sec/60degree(6.0v)	4.8-7.2V	0℃_ 55℃	5μs	metal	1/8 buggy, cars
MG945R	40.7*19.7*42.9mm	55g	10kg/cm(4.8V), 12kg/cm(6V)	0.23sec/60degree(4.8v) 0.2sec/60degree(6.0v)	4.8-7.2V	0℃_ 55℃	5μs	metal	
MG995	40.7*19.7*42.9mm	55g	8.5kg/cm(4.8V), 10kg/cm(6V)	0.20sec/60degree(4.8v) 0.16sec/60degree(6.0v)	4.8-7.2V	0℃_ 55℃	5μs	metal	1/10 buggy, cars
MG995R	40.7*19.7*42.9mm	55g	8.5kg/cm(4.8V), 10kg/cm(6V)	0.20sec/60degree(4.8v) 0.16sec/60degree(6.0v)	4.8-7.2V	0℃_ 55℃	5μs	metal	
9805BB	66x30.2x64.4mm	160g	20kg/cm(4.8V), 25kg/cm(6V)	0.20sec/60degree(4.8v) 0.16sec/60degree(6v)	4.8-7.2V	0℃_ 55℃	5μs	nylon	Cars
MG16R	29*11.2*29mm	18.8g	2.7kg.cm(4.8v) .2.9kg/cm(6.0)	0.10sec/60degree(4.8v) 0.08sec/60degree(6v)	4.8v-6V	0℃_ 55℃	5μs	metal	Helicopter
MG946R	40.7*19.7*42.9mm	55g	10.5kg/cm(4.8V), 13kg/cm(6V)	0.20sec/60degree(4.8v) 0.17sec/60degree(6.0v)	4.8-7.2V	0℃_ 55℃	5μs	metal	Gasoline engine plane, train-flyer
MG996R	40.7*19.7*42.9mm	55g	9.4kg/cm(4.8V), 11kg/cm(6V)	0.17sec/60degree(4.8v) 0.14sec/60degree(6v)	4.8-7.2V	0℃_ 55℃	5μs	metal	
MG955H	40.7*19.7*42.9mm	55g	7.0kg/cm(4.8V), 8.5kg/cm(6V)	0.17sec/60degree(4.8v) 0.14sec/60degree(6v)	4.8-7.2V	0℃_ 55℃	5μs	metal	Helicopter
MG956R	40.7*19.7*42.9mm	55g	7.5kg/cm(4.8V), 9kg/cm(6V)	0.15sec/60degree(4.8v) 0.12sec/60degree(6v)	4.8-7.2V	0℃_ 55℃	5μs	metal& 1 nylon gear	

Marks: "R" means RoHS, It is a material standard for European area, means non-toxic,non-leaded,no harm to enviroment

ANEXO 03. FORMATO DE ENCUESTA Y TABULACIÓN DE RESULTADOS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CIERCOM

ENCUESTA DIRIGIDA A ESTUDIANTES DE 4to A 9no SEMESTRE

Esta encuesta va dirigida a los estudiantes de la carrera de Electrónica y Redes de Comunicación con la finalidad de levantar información de los problemas que tienen al soldar elementos electrónicos a placas de circuito impreso.

1. Cuál es el tiempo en que considera usted que le toma soldar elementos electrónicos a placas complejas de proyectos, tareas, etc. Seleccione una.
 - a. Menor a 5 minutos
 - b. Mayor a 5 minutos
 - c. 10 Minutos
 - d. Mayor a 10 minutos

2. Que tan complicado le resulta soldar elementos electrónicos a las placas de circuito impreso (se considera corregir cuando se reduce el exceso de soldadura, mala polarización, equivocación de elemento). Seleccione una.
 - a. Muy complicado (corrijo casi siempre lo que he soldado)
 - b. De mediana dificultad (al menos corrijo dos veces)
 - c. Lo realizo sin problemas (no realizo correcciones)

3. La falta de iluminación en el laboratorio le afecta al visualizar elementos electrónicos al soldar a las placas de circuito impreso. Seleccione según sus experiencias las que considere.
 - a. No se observa bien los puntos a soldar.

- b. Tengo que movilizarme o cambiar de posición la placa al no visualizar bien los elementos.
 - c. Complica diferenciar las características de los elementos (ej: colores de resistencias, código de compuertas, etc.)
 - d. No, no tengo inconvenientes.

- 4. Para soldar elementos electrónicos a las placas de circuito impreso usted lo realiza de forma:
 - a. Incomoda
 - b. Confortable

- 5. Para sostener los elementos electrónicos el momento de soldar lo realiza:
 - a. Sosteniendo con las dos manos
 - b. Sosteniendo con las dos manos y boca
 - c. Sosteniendo con las dos manos y ayuda de una segunda persona
 - d. Utiliza un dispositivo de soporte para ello

- 6. Seleccione cuál de estos problemas ha tenido al momento de realizar una placa de circuito impreso.
 - a. Exceso de estaño en el punto de soldado.
 - b. Falta de estaño en los puntos de soldado.
 - c. Soldado por error dos o más puntos de soldado por no poder manipular los elementos de soldado.
 - d. Repetir la placa a causa de levantamiento de pista por exceso de calor por error al manipular los elementos.
 - e. Daño de elementos electrónicos por calentamiento del cautín puesto por error sobre ellos.
 - f. Ninguno



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CIERCOM

ENCUESTA DIRIGIDA A ESTUDIANTES DE 4to A 9no SEMESTRE

Esta encuesta va dirigida a los estudiantes de la carrera de Electrónica y Redes de Comunicación con la finalidad de levantar información de los problemas que tienen al soldar elementos electrónicos a placas de circuito impreso.

1. Cuál es el tiempo en que considera usted que le toma soldar elementos electrónicos a placas complejas de proyectos, tareas, etc. Seleccione una.
 - a. Menor a 5 minutos
 - b. Mayor a 5 minutos
 - c. 10 Minutos
 - d. Mayor a 10 minutos

2. Que tan complicado le resulta soldar elementos electrónicos a las placas de circuito impreso (se considera corregir cuando se reduce el exceso de soldadura, mala polarización, equivocación de elemento). Seleccione una.
 - a. Muy complicado (corrijo casi siempre lo que he soldado)
 - b. De mediana dificultad (al menos corrijo dos veces)
 - c. Lo realizo sin problemas (no realizo correcciones)

3. La falta de iluminación en el laboratorio le afecta al visualizar elementos electrónicos al soldar a las placas de circuito impreso. Seleccione según sus experiencias las que considere.
 - a. No se observa bien los puntos a soldar.
 - b. Tengo que movilizarme o cambiar de posición la placa al no visualizar bien los elementos.
 - c. Complica diferenciar las características de los elementos (ej: colores de resistencias, código de compuertas, etc.)

- d. No, no tengo inconvenientes.
4. Para soldar elementos electrónicos a las placas de circuito impreso usted lo realiza de forma:
- a. Incomoda
 - b. Confortable
5. Para sostener los elementos electrónicos el momento de soldar lo realiza:
- a. Sosteniendo con las dos manos
 - b. Sosteniendo con las dos manos y boca
 - c. Sosteniendo con las dos manos y ayuda de una segunda persona
 - d. Utiliza un dispositivo de soporte para ello
6. Seleccione cuál de estos problemas a tenido al momento de realizar una placa de circuito impreso.
- a. Exceso de estaño en el punto de soldado.
 - b. Falta de estaño en los puntos de soldado.
 - c. Soldado por error dos o más puntos de soldado por no poder manipular los elementos de soldado.
 - d. Repetir la placa a causa de levantamiento de pista por exceso de calor por error al manipular los elementos.
 - e. Daño de elementos electrónicos por calentamiento del caudín puesto por error sobre ellos.
 - f. Ninguno



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CIERCOM

ENCUESTA DIRIGIDA A ESTUDIANTES DE 4to A 9no SEMESTRE

Esta encuesta va dirigida a los estudiantes de la carrera de Electrónica y Redes de Comunicación con la finalidad de levantar información de los problemas que tienen al soldar elementos electrónicos a placas de circuito impreso.

1. Cuál es el tiempo en que considera usted que le toma soldar elementos electrónicos a placas complejas de proyectos, tareas, etc. Seleccione una.
 - a. Menor a 5 minutos
 - b. Mayor a 5 minutos
 - c. 10 Minutos
 - d. Mayor a 10 minutos

2. Que tan complicado le resulta soldar elementos electrónicos a las placas de circuito impreso (se considera corregir cuando se reduce el exceso de soldadura, mala polarización, equivocación de elemento). Seleccione una.
 - a. Muy complicado (corrijo casi siempre lo que he soldado)
 - b. De mediana dificultad (al menos corrijo dos veces)
 - c. Lo realizo sin problemas (no realizo correcciones)

3. La falta de iluminación en el laboratorio le afecta al visualizar elementos electrónicos al soldar a las placas de circuito impreso. Seleccione según sus experiencias las que considere.
 - a. No se observa bien los puntos a soldar.
 - b. Tengo que movilizarme o cambiar de posición la placa al no visualizar bien los elementos.
 - c. Complica diferenciar las características de los elementos (ej: colores de resistencias, código de compuertas, etc.)

- d. No, no tengo inconvenientes.
4. Para soldar elementos electrónicos a las placas de circuito impreso usted lo realiza de forma:
- a. Incomoda
 - b. Confortable
5. Para sostener los elementos electrónicos el momento de soldar lo realiza:
- a. Sosteniendo con las dos manos
 - b. Sosteniendo con las dos manos y boca
 - c. Sosteniendo con las dos manos y ayuda de una segunda persona
 - d. Utiliza un dispositivo de soporte para ello
6. Seleccione cuál de estos problemas a tenido al momento de realizar una placa de circuito impreso.
- a. Exceso de estaño en el punto de soldado.
 - b. Falta de estaño en los puntos de soldado.
 - c. Soldado por error dos o más puntos de soldado por no poder manipular los elementos de soldado.
 - d. Repetir la placa a causa de levantamiento de pista por exceso de calor por error al manipular los elementos.
 - e. Daño de elementos electrónicos por calentamiento del caudín puesto por error sobre ellos.
 - f. Ninguno

- Tabulación de los datos

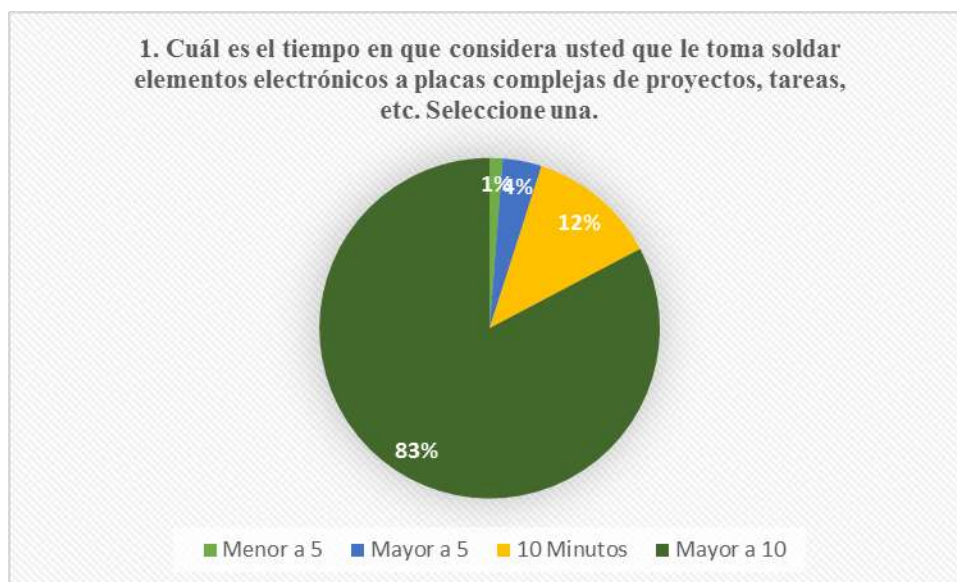


Figura 75. Grafica de Encuesta de Análisis - Pregunta 1

El resultado en la encuesta para la pregunta uno es que el 83% de los encuestados consideran que les toma un tiempo mayor a 10 minutos soldar elementos electrónicos, esto indica que la concentración visual en esta actividad es prolongada.

2. Que tan complicado le resulta soldar elementos electrónicos a las placas de circuito impreso (se considera corregir cuando se reduce el exceso de soldadura, mala polarización, equivocación de elemento). Seleccione una.

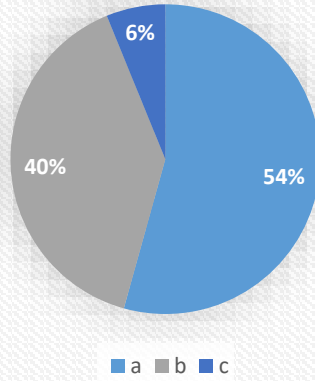


Figura 76. Grafica de Encuesta de Análisis - Pregunta 2

El resultado de la encuesta para la pregunta dos es del 54% de los estudiantes considera a la actividad de soldar elementos electrónicos a las placas como muy complicado y el 40% de mediana dificultad, con la realización del proyecto se busca que los estudiantes con una iluminación que brinde confort a su vista, disminuya los errores a causa de exceso de estaño sobre las placas de circuito impreso y así no pierda tiempo en rectificar los puntos soldados.

3. La falta de iluminación en el laboratorio le afecta al visualizar elementos electrónicos al soldar a las placas de circuito impreso. Seleccione según sus experiencias las que considere.

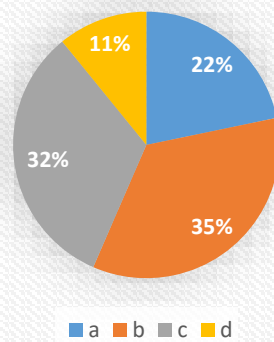


Figura 77. Grafica de Encuesta de Análisis - Pregunta 3

En esta pregunta se tiene un total de 92 selecciones ya que la pregunta considera múltiples selecciones de las cuales 10 estudiantes únicamente no cree que la iluminación le afecte al visualizar elementos electrónicos, por tal razón se determina que el uso de iluminación localizada puede facilitar a los estudiantes el observar a mayor detalle objetos pequeños, distinguir colores, ver relieves por exceso de estaño o carencia del mismo, etc.

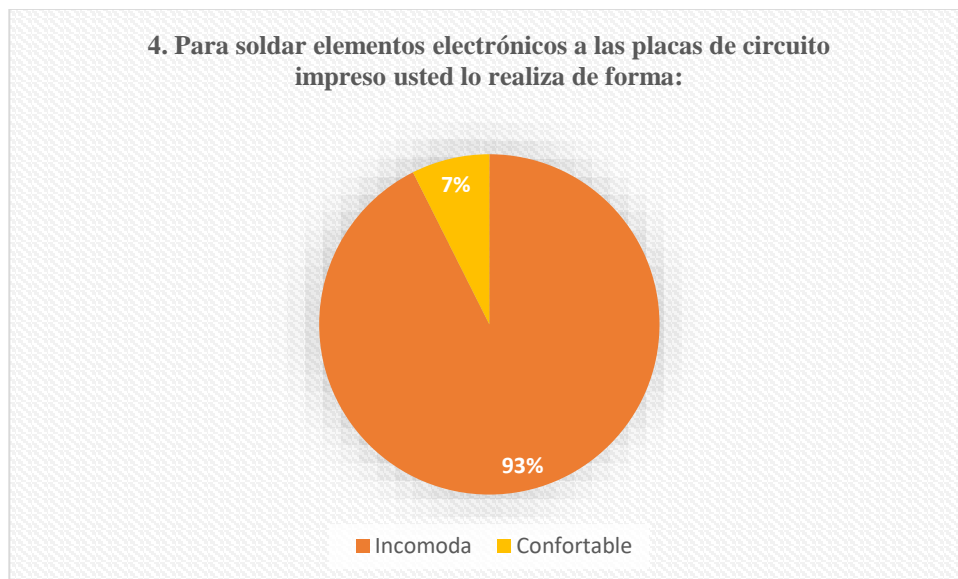


Figura 78. Gráfica de Encuesta de Análisis - Pregunta 4

El resultado de la encuesta para la pregunta dos es del 93% de los estudiantes considera a la actividad de soldar elementos electrónicos a las placas una actividad incomoda, de manera que en este proyecto se considera que el sistema debe ser automático donde el usuario sea beneficiario de una buena iluminación sin que este pueda incomodarlo.

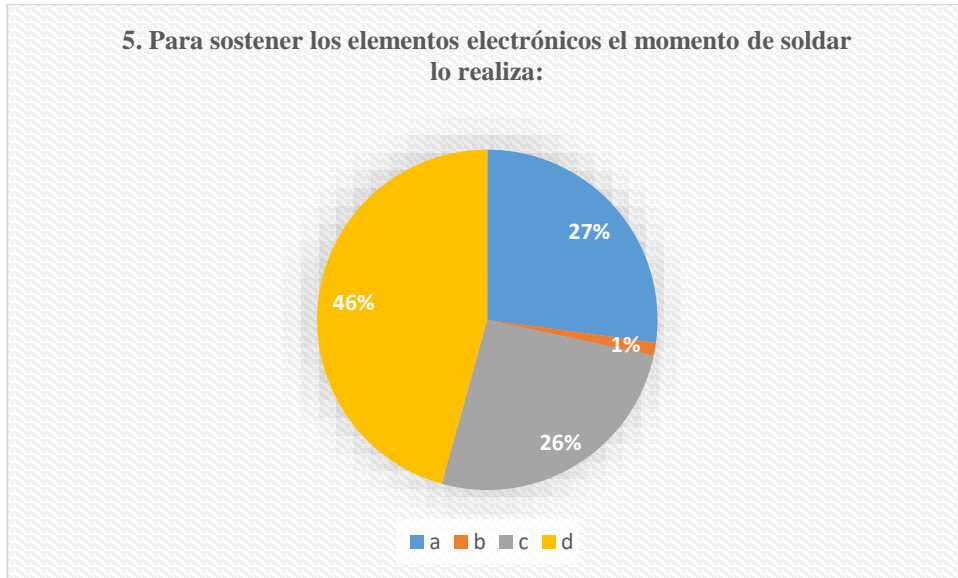


Figura 79. Grafica de Encuesta de Análisis - Pregunta 5

Los estudiantes en general utilizan las dos manos para soldar, de tal manera que indistintamente de un apoyo para soldar los estudiantes no podían ubicar la luminaria, por lo cual el prototipo debe tener un seguimiento hacia el punto focal de la mesa de trabajo.

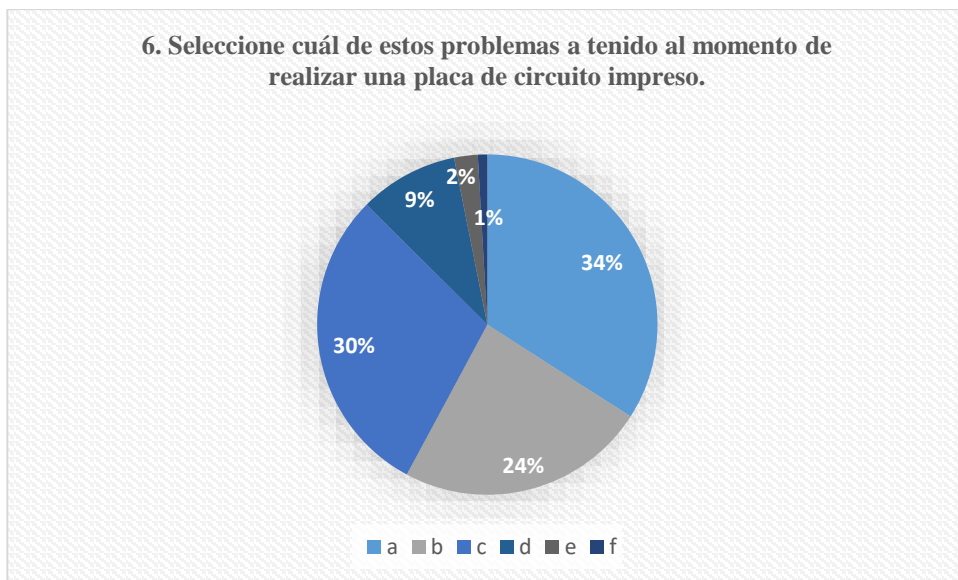


Figura 80. Grafica de Encuesta de Análisis - Pregunta 6

De los estudiantes encuestados en la pregunta 6, la selección es arbitraria. Se obtuvo un total de 216 respuestas, destacando que 76 consideran que han tenido problemas con el exceso de estaño y 66 que han tenido problemas al soldar dos o más puntos por error. De esta manera se considera que los errores pueden darse por falta de una iluminación adecuada en las áreas de trabajo y una carencia de iluminación localizada en las mesas.

ANEXO 04. FOTOGRAFÍAS DE LO REALIZADO

IMÁGENES DE INTEGRACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

- Sección 3 debe ser perforada para ajustar las piezas de movimiento.



- Sección 4 es modificada para ajustar el servomotor interno



- En la base se coloca la pieza para la unión 3 como sostén principal.



- Servomotor es ajustado en la unión 2.



- Se ajusta el servomotor a la unión 3.



- Se ajusta el servomotor a la unión 1.



- Servomotor y cámara en el interior de la sección 4.



- Todas las uniones y secciones se han unido.



ENCUESTA A ESTUDIANTES DE LA CIERCOM



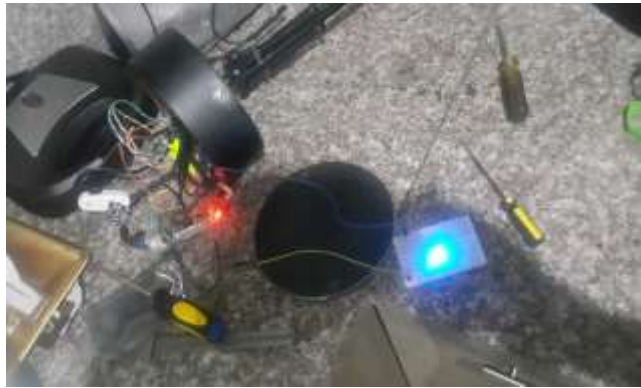
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES





ARMADO DE LA ESTRUCTURA





ANEXO 05. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

- Video de funcionamiento de software

<https://youtu.be/AFdZ388ESSk>

- Video de pruebas de hardware

<https://youtu.be/qUIO7Y9oWiY>

<https://youtu.be/AghgvkeNNOk>

ANEXO 06. HOJA DE DATOS BH1750

<http://rohms.rohm.com/en/products/databook/datasheet/ic/sensor/light/bh1750fvi-e.pdf>

Ambient Light Sensor IC Series

Digital 16bit Serial Output Type

Ambient Light Sensor IC



BH1750FVI

No.11046EDT01

●Descriptions

BH1750FVI is a digital Ambient Light Sensor IC for I²C bus interface. This IC is the most suitable to obtain the ambient light data for adjusting LCD and Keypad backlight power of Mobile phone. It is possible to detect wide range at High resolution. (1 - 65535 lx).

●Features

- 1) I²C bus Interface (f / s Mode Support)
- 2) Spectral responsibility is approximately human eye response
- 3) Illuminance to Digital Converter
- 4) Wide range and High resolution. (1 - 65535 lx)
- 5) Low Current by power down function
- 6) 50Hz / 60Hz Light noise reject-function
- 7) 1.8V Logic input interface
- 8) No need any external parts
- 9) Light source dependency is little. (ex. Incandescent Lamp. Fluorescent Lamp. Halogen Lamp. White LED. Sun Light)
- 10) It is possible to select 2 type of I²C slave-address.
- 11) Adjustable measurement result for influence of optical window
(It is possible to detect min. 0.11 lx, max. 100000 lx by using this function.)
- 12) Small measurement variation (+/- 20%)
- 13) The influence of infrared is very small.

●Applications

Mobile phone, LCD TV, NOTE PC, Portable game machine, Digital camera, Digital video camera, PDA, LCD display

●Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Ratings	Units
Supply Voltage	Vmax	4.5	V
Operating Temperature	Topr	-40~85	°C
Storage Temperature	Tstg	-40~100	°C
SDA Sink Current	I _{max}	7	mA
Power Dissipation	Pd	260 ^m	mW

※ 70mm × 70mm × 1.6mm glass epoxy board. Derating is done at 3.47mW/°C for operating above Ts=25°C.

●Operating Conditions

Parameter	Symbol	Ratings			Units
		Min.	Typ.	Max.	
Vcc Voltage	Vcc	2.4	3.0	3.6	V
I ² C Reference Voltage	V _{VI}	1.85	-	Vcc	V

ANEXO 07. FORMATO DE ENCUESTA DE VERIFICACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CIERCOM

ENCUESTA DIRIGIDA A ESTUDIANTES DE 4to A 9no SEMESTRE

Esta encuesta va dirigida a los estudiantes de la carrera de Electrónica y Redes de Comunicación con la finalidad de verificar el grado de satisfacción que tienen frente al uso del prototipo de un “SISTEMA ELECTRÓNICO CON APLICACIÓN DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA ILUMINACIÓN REGULABLE AUTOMÁTICA QUE BRINDE LA CANTIDAD DE LUZ ÓPTIMA EN EL PUNTO FOCAL DE SOLDADO EN MESAS DE TRABAJO A ESCALA DE LABORATORIO”.

		Satisfacción		
Marque con un X el nivel de Satisfacción, al frente de cada pregunta.		Baja - Media	Alta	Muy alta
Iluminación	Iluminación sobre los elementos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	En relación al no uso del prototipo, mejora la visualización de los objetos de la PCB.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Usabilidad	Manipulación del prototipo con respecto a su mecánica y posición en la mesa de trabajo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Facilidad de uso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Seguimiento	El seguimiento del prototipo a la manilla	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Recuperación del seguimiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Posicionamiento de la luminaria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros	Tiempo de espera hasta su funcionamiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CIERCOM

ENCUESTA DIRIGIDA A ESTUDIANTES DE 4to A 9no SEMESTRE

Esta encuesta va dirigida a los estudiantes de la carrera de Electrónica y Redes de Comunicación con la finalidad de verificar el grado de satisfacción que tienen frente al uso del prototipo de un "SISTEMA ELECTRÓNICO CON APLICACIÓN DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA ILUMINACIÓN REGULABLE AUTOMÁTICA QUE BRINDE LA CANTIDAD DE LUZ ÓPTIMA EN EL PUNTO FOCAL DE SOLDADO EN MESAS DE TRABAJO A ESCALA DE LABORATORIO".

		Satisfacción		
Marque con un X el nivel de Satisfacción, al frente de cada pregunta.		Baja - Media	Alta	Muy alta
Iluminación	La visualización de los elementos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	En relación al no uso del prototipo, mejora la visualización de los objetos de la PCB.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Usabilidad	Manipulación del prototipo con respecto a su mecánica y posición en la mesa de trabajo	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Facilidad de uso	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Seguimiento	El seguimiento del prototipo a la manilla	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Recuperación del seguimiento	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Posicionamiento de la luminaria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Otros	Tiempo de espera hasta su funcionamiento	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CIERCOM

ENCUESTA DIRIGIDA A ESTUDIANTES DE 4to A 9no SEMESTRE

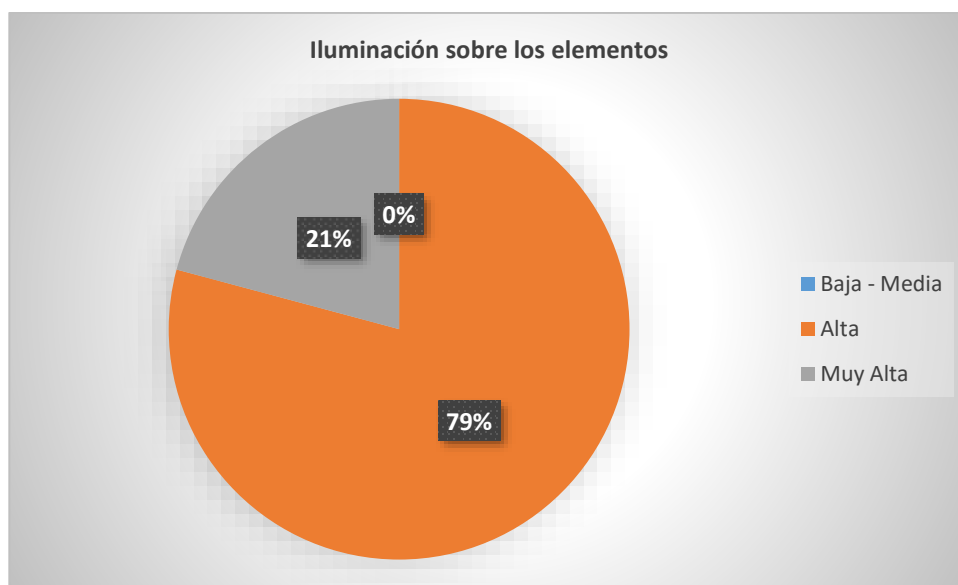
Esta encuesta va dirigida a los estudiantes de la carrera de Electrónica y Redes de Comunicación con la finalidad de verificar el grado de satisfacción que tienen frente al uso del prototipo de un "SISTEMA ELECTRÓNICO CON APLICACIÓN DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA ILUMINACIÓN REGULABLE AUTOMÁTICA QUE BRINDE LA CANTIDAD DE LUZ ÓPTIMA EN EL PUNTO FOCAL DE SOLDADO EN MESAS DE TRABAJO A ESCALA DE LABORATORIO".

		Satisfacción		
Marque con un X el nivel de Satisfacción, al frente de cada pregunta.		Baja - Media	Alta	Muy alta
Iluminación	La visualización de los elementos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	En relación al no uso del prototipo, mejora la visualización de los objetos de la PCB.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Usabilidad	Manipulación del prototipo con respecto a su mecánica y posición en la mesa de trabajo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Facilidad de uso	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Seguimiento	El seguimiento del prototipo a la manilla	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Recuperación del seguimiento	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Posicionamiento de la luminaria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Otros	Tiempo de espera hasta su funcionamiento	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- **Tabulación de datos de encuesta de verificación**

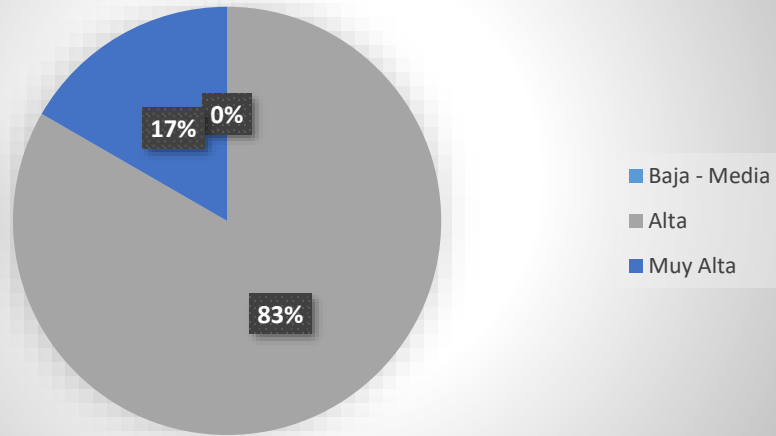
Iluminación

Los estudiantes encuestados en su mayoría afirman que la iluminación sobre los elementos que se utilizan es satisfactoria.



Los estudiantes pudieron probar la diferencia que existe al usar el dispositivo y no utilizar nada que aporte iluminación dirigida, de manera que la mayoría afirma que su satisfacción es alta con respecto a la mejora de la visualización de los objetos de la placa de circuito impreso (PCB).

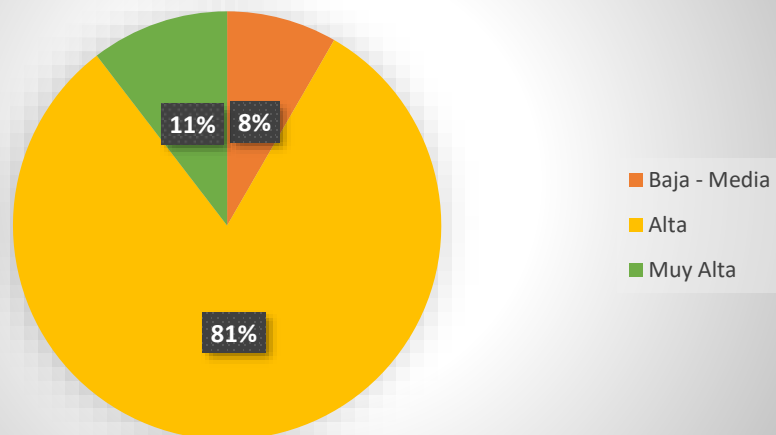
En relación al no uso del prototipo, mejora la visualización de los objetos de la PCB.



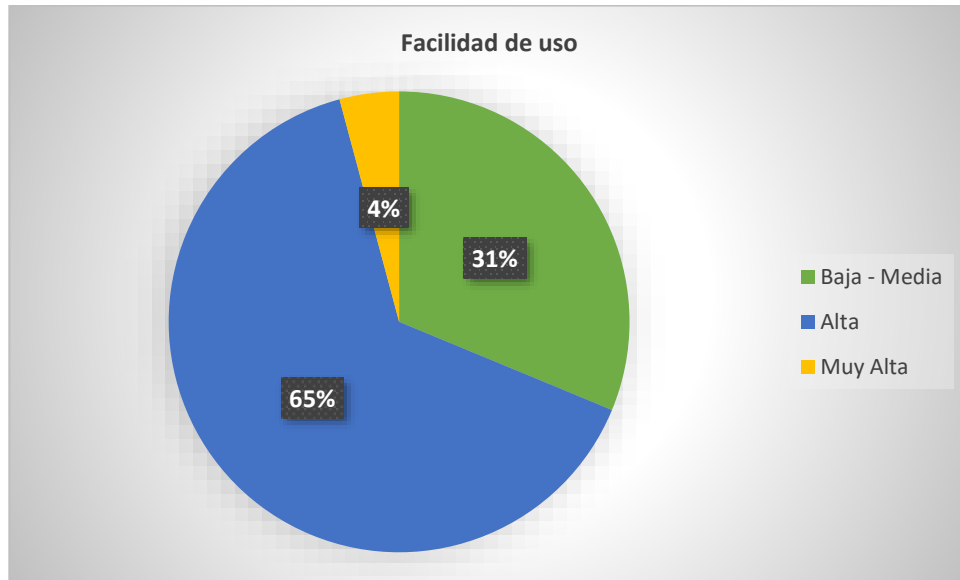
Usabilidad

Los estudiantes consideran en su mayoría que manipular el dispositivo es satisfactoriamente positivo con respecto a su mecánica y posicionar el dispositivo en la mesa de trabajo.

Manipulación del prototipo con respecto a su mecánica y posición en la mesa de trabajo

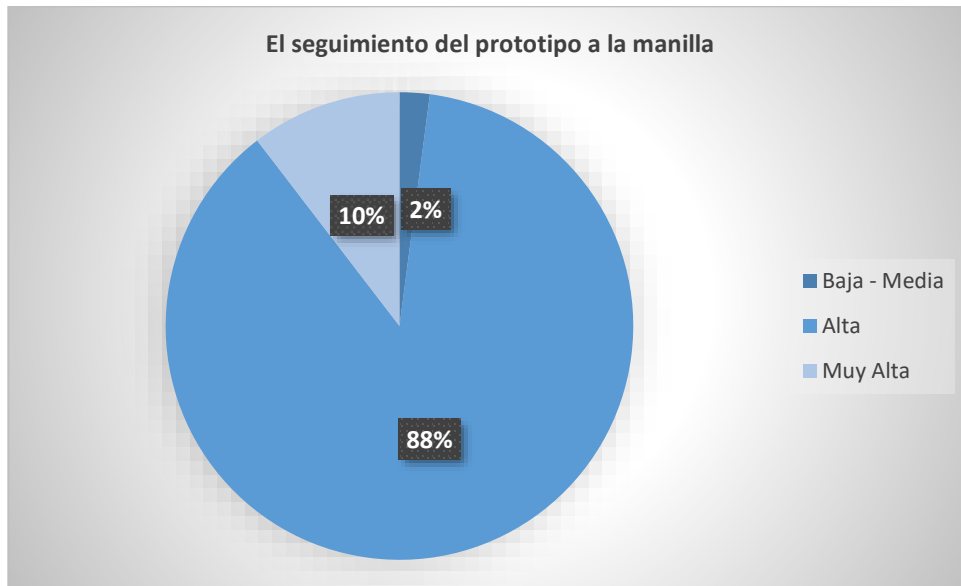


Con respecto a la facilidad de uso los estudiantes en su mayoría consideran alta la satisfacción, considerando que un 31% la considera que es Baja-Media.



Seguimiento

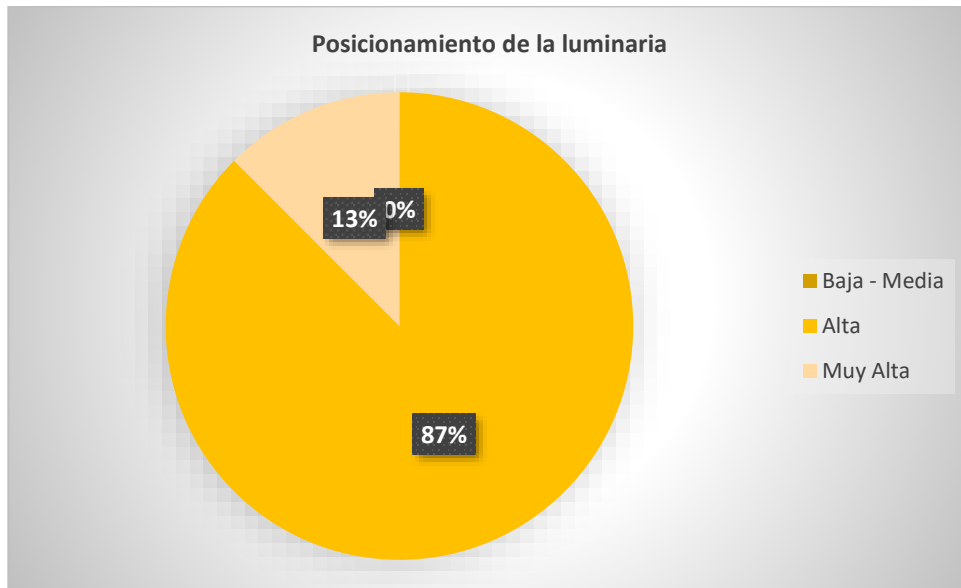
El seguimiento de hacer el dispositivo a la manilla de color verde tiene una alta satisfacción por parte de los estudiantes, considerando que se les requirió realizar la actividad de soldar un elemento electrónico a una placa de circuito impreso.



El dispositivo al perder el objeto de seguimiento, debe recuperarse para su utilización, de los cuales los estudiantes consideran una satisfacción alta para esta acción.



EL posicionamiento de la luminaria es dependiente del seguimiento a la manilla de color verde por lo cual según los estudiantes consideran altamente satisfactoria la ubicación en la que se encuentra al realizar el seguimiento.



Otro

El sistema al ser encendido tiene una demora de 50 segundos para comenzar a funcionar, este tiempo de espera es considerado por los estudiantes alto en satisfacción.



ANEXO 08. NORMA ISO 8995

NORMA CUBANA



Obligatoria

ISO 8995/CIE S 008: 2003
(Publicada por la ISO y la CIE, 2002)

ILUMINACION DE PUESTOS DE TRABAJO EN
INTERIORES
(ISO 8995:2002/CIE S 008-2001, IDT)

Lighting of indoor workplaces

ICS: 91.160.10

1. Edición

Octubre 2003

REPRODUCCION PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de La Habana. Teléf.:
830-0835 Fax: (537) 33-8048 E-mail: nc@nonorma.cu

ANEXO 09. OBTENCIÓN DE DATOS

En la encuesta realizada a los estudiantes de cuarto a noveno semestre se obtuvo información de las necesidades que existen al momento de soldar, dando como resultado:

- La falta de iluminación ocasiona dificultades al momento de soldar elementos electrónicos a las placas de circuito impreso.
- Los varios elementos que son necesarios para la actividad de soldado de elementos electrónicos a placas e circuito impreso incomodan a los estudiantes.

Dado a los resultados de la encuesta se realiza un sistema electrónico que se incorpora a una lámpara del modelo Anglepoise. De esta manera se dota a este instrumento un movimiento de seguimiento a un punto de interés y una regulación automática de la cantidad de iluminación que la luminaria brinda sobre la mesa de trabajo.

En la inspección realizada al laboratorio de electrónica se determinó las características del ambiente de trabajo de los estudiantes para posteriormente determinar si las condiciones en las que se realiza las actividades, en especial la de soldar elementos electrónicos, son idóneas según las normativas ISO 9895 y lo estipulado en la normativa ecuatoriana en el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo en el Art. 56 del (Decreto No. 2393 , 1998). De lo cual se determinó que las condiciones no son las requeridas para actividades que requieren concentración visual, lo que podría afectar en la salud del estudiante. Todo esto fue determinado con pruebas de medición de lux dentro de las instalaciones, realizando un mapeo del área de trabajo y así consiguiendo

recolección de datos de iluminación. Recolectando los datos del 14 de marzo de 2016 al 15 de abril de 2016 se recolecto los siguientes valores mostrados en la Tabla 50.

día	exterior	pasillo	mesa1	mesa2	mesa3	mesa4	mesa5	mesa6	optimo
1	5274	175	111	130	162	206	171	123	500
1	5247	175	111	144	164	206	180	137	500
1	5247	176	113	131	172	215	188	126	500
1	5275	177	111	131	180	216	195	125	500
1	5242	180	110	129	197	224	223	134	500
2	5309	180	110	137	195	223	228	139	500
2	5395	183	121	130	189	230	239	144	500
2	5914	186	124	135	181	245	293	139	500
2	6093	190	119	141	175	262	322	139	500
2	6408	192	119	141	171	284	311	147	500
3	6520	194	124	139	166	281	279	149	500
3	6768	198	126	141	166	276	272	146	500
3	6767	200	126	139	168	274	264	147	500
3	6821	197	128	138	175	272	262	147	500
3	6854	195	130	138	175	274	261	146	500
4	6888	195	132	138	175	274	261	149	500
4	6888	193	131	136	175	274	259	149	500
4	6888	191	134	139	180	275	261	146	500
4	6981	190	140	136	184	277	261	146	500
4	7175	190	142	136	184	274	261	149	500
5	6872	191	141	137	182	274	261	147	500
5	6473	194	147	136	183	275	261	146	500
5	6125	199	145	137	185	275	259	146	500
5	6026	206	148	136	184	275	262	146	500
5	7206	209	148	138	184	273	262	147	500
6	7750	214	151	139	184	277	262	147	500
6	9039	217	151	143	184	277	262	146	500
6	7964	217	153	150	184	277	262	146	500
6	7254	215	152	152	184	277	262	146	500

6	8015	211	155	152	184	277	262	146	500
7	6760	205	155	152	186	278	262	147	500
7	7734	202	152	152	186	278	262	147	500
7	7980	198	150	155	186	280	262	144	500
7	8066	197	147	155	184	280	262	147	500
7	8193	196	144	155	184	280	262	147	500
8	8193	194	144	155	184	280	262	144	500
7	8193	192	144	153	184	280	262	147	500
8	8159	185	144	153	183	283	262	146	500
8	8195	180	146	152	183	283	264	147	500
8	8159	176	146	149	183	283	264	147	500
9	8126	173	146	147	183	283	262	144	500
9	8166	173	146	149	183	282	264	144	500
9	8166	178	148	147	183	282	264	145	500
9	8131	185	148	150	181	283	264	145	500
9	8098	192	148	148	180	283	263	145	500
10	8105	197	148	150	181	283	261	147	500
10	8133	200	148	150	180	283	261	144	500
10	8098	203	148	150	180	283	261	144	500
10	8105	204	149	150	178	281	264	145	500
10	8100	203	148	150	177	282	263	144	500
11	8100	203	146	151	177	280	263	144	500
11	8100	202	148	153	177	280	263	144	500
11	8105	202	149	153	177	279	262	147	500
11	8100	202	149	154	177	277	261	144	500
11	8066	201	151	152	177	277	263	147	500
12	8066	198	151	154	177	279	263	144	500
12	8073	196	148	151	177	279	263	147	500
12	8071	194	151	152	177	277	261	147	500
12	8038	191	149	152	177	278	263	146	500
12	8073	191	151	152	177	278	263	147	500
13	8073	195	151	151	179	280	264	144	500
13	8038	197	151	149	177	276	263	144	500
13	8005	199	151	143	177	278	263	144	500

13	8040	201	151	141	177	278	264	145	500
13	8040	202	151	140	177	281	264	144	500
14	8040	201	151	136	177	278	264	144	500
14	8012	200	149	134	177	278	266	144	500
14	8012	198	151	131	179	278	264	147	500
14	8006	194	151	131	179	281	264	147	500
14	8006	191	151	129	177	278	266	147	500
15	8012	190	149	125	177	276	264	147	500
15	7978	188	148	125	178	278	264	144	500
15	7973	182	149	125	177	278	264	147	500
15	8013	177	149	127	180	276	264	149	500
15	7980	174	149	130	180	278	264	149	500
16	7945	173	149	130	177	278	264	149	500
16	7973	172	149	129	180	278	263	147	500
16	7980	172	151	132	177	276	264	146	500
16	7980	175	152	130	178	276	263	146	500
16	7945	174	149	130	177	278	264	146	500
17	7945	174	149	132	175	278	261	146	500
17	7952	174	149	134	175	276	261	146	500
17	7947	174	149	136	175	276	259	149	500
17	7947	173	147	135	175	276	254	147	500
17	7918	174	147	136	173	274	254	146	500
18	7918	173	147	135	173	276	255	147	500
18	7918	173	149	137	173	276	254	147	500
18	7918	173	147	138	173	276	254	147	500
18	7920	173	149	139	173	274	257	147	500
18	7918	173	147	142	173	273	256	146	500
19	7885	173	147	139	173	272	256	149	500
19	7885	172	146	139	173	275	257	149	500
19	7892	170	146	140	173	276	256	149	500
19	7887	168	147	142	173	278	256	149	500
19	7885	165	149	139	173	278	256	149	500
20	7852	163	147	142	175	276	257	146	500
20	7892	161	149	142	173	279	255	149	500

20	7859	160	149	139	175	276	257	149	500
20	7859	160	149	139	175	276	257	146	500
20	7859	160	151	139	173	274	259	149	500
21	7859	163	149	142	175	273	259	146	500
21	7859	165	151	142	173	270	259	148	500
21	7859	167	152	142	173	272	261	147	500
21	7866	167	152	144	175	272	263	147	500
21	7825	165	152	144	173	272	264	144	500
22	7825	162	152	142	173	270	262	147	500
22	7825	155	152	144	175	273	262	145	500
22	7832	151	152	141	175	271	262	147	500
22	7832	147	149	143	173	271	262	145	500
22	7825	144	151	143	175	271	262	144	500
23	7792	140	154	144	173	271	262	147	500
23	7799	137	154	142	175	271	260	145	500
23	7799	136	154	140	173	271	262	144	500
23	7799	134	152	145	173	269	262	145	500
23	7764	133	154	145	173	269	259	144	500
24	7799	132	154	145	173	267	259	145	500
24	7799	134	152	148	173	269	257	145	500
24	7765	131	151	149	173	267	256	145	500
24	7765	130	151	147	173	267	259	144	500
24	7765	125	151	146	175	269	254	144	500
25	7771	122	154	150	175	269	254	144	500
25	7765	121	154	152	173	269	254	142	500
25	7765	119	151	145	173	269	254	144	500
25	7772	120	154	139	175	269	254	142	500
25	7737	121	154	127	175	269	254	144	500
26	7732	122	154	123	173	269	254	144	500

Tabla 50. Datos Obtenidos en Inspección al Laboratorio de Electrónica

Fuente: Autoría

Luego de las mediciones, se realizó un estudio de luminotecnia determinando que el número de luminarias que por las condiciones del laboratorio de electrónica requiere es de 13 lámparas.

Las pruebas de seguimiento por color determinaron un seguimiento adecuado de un objeto por color, los servomotores actúan según los valores de posición en el frame del círculo dibujado sobre el centro de la imagen de color de seguimiento. Se terminó que el área de no seguimiento debe ser un círculo, por motivo que en la programación se hace un cálculo de la distancia del centro al centroide del objeto a seguir limitado por un radio para dar movimiento a la estructura.

Para brindar una regulación por parte del dispositivo se debe determinar las características lumínicas que la luminaria posicionada en la lámpara brinda, lo cual se realizó haciendo de la altura de la luminaria con respecto al plano de trabajo en condiciones lumínicas distintas, buscando determinar la cantidad de lux que brinda el dispositivo a una altura máxima y mínima. Por otra parte, esto permite determinar la ecuación de regulación en la programación del Arduino Mini Pro determinada por los valores en lux respecto a los grados del servomotor.

Las pruebas de software realizadas corresponden a la interacción que tiene el programa realizado con el hardware y cómo este funciona. De los cuales se llegó a un programa final donde los servomotores tienen un duty cycle que depende de la posición del objeto de color en el frame de la imagen trabada.

Se realizaron pruebas de seguimiento a objetos de distintos colores de los cuales se determinó un seguimiento correcto, el cual depende de que no existan objetos del mismo color en el frame. Por otro lado, las condiciones lumínicas pueden influir en el seguimiento y distinción de colores, por ello se determinó que el color verde es la mejor opción por sus características en el espectro visible.

El movimiento de la estructura se realiza dando un ángulo de movimiento a cada servomotor y calibrar que la estructura no sufra una desorientación. Con respecto a lo mencionado, se realizaron pruebas de la estructura actuando con los movimientos de los servomotores dándoles ángulos de giro. Los resultados fueron positivos determinando ángulos máximos y mínimos para cada uno.

Se realizaron mediciones de lux por parte del dispositivo utilizado de medición, dispositivo móvil Samsung Galaxy Note 4, y el sensor de luz BH1750. Se comparó los valores que se obtienen de cada uno y revisar que sean cercanos.

Después de una verificación del dispositivo por parte de los estudiantes se consideró realizar una depuración agregando un pulsador para activar y detener el seguimiento y que la luminaria se apague o encienda independiente del sistema.

ANEXO 10. RASPBERRY PI 2



Raspberry Pi



Raspberry Pi 2, Model B

Product Name Raspberry Pi 2, Model B

Product Description The Raspberry Pi 2 delivers 6 times the processing capacity of previous models. This second generation Raspberry Pi has an upgraded Broadcom BCM2836 processor, which is a powerful ARM Cortex-A7 based quad-core processor that runs at 900MHz. The board also features an increase in memory capacity to 1Gbyte.

Specifications

Chip	Broadcom BCM2836 SoC
Core architecture	Quad-core ARM Cortex-A7
CPU	900 MHz
GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
Memory	1GB LPDDR2
Operating System	Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system
Dimensions	85 x 56 x 17mm
Power	Micro USB socket 5V, 2A

Connectors:

Ethernet	10/100 BaseT Ethernet socket
Video Output	HDMI (rev 1.3 & 1.4)
Audio Output	3.5mm jack, HDMI
USB	4 x USB 2.0 Connector
GPIO Connector	40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines
Camera Connector	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
JTAG	Not populated
Display Connector	Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane
Memory Card Slot	Micro SDIO

INSTALACIÓN DE RASPBIAN EN RASPBERRY PI 2



Esta guía le indicará paso a paso como instalar el sistema operativo Raspbian para poder empezar a utilizar su Raspberry Pi 2.

1. INTRODUCCIÓN:

RASPBERRY PI.- Se trata de un ordenador de placa reducida o SBC (Single Board Computer) desarrollado por la Fundación Raspberry Pi, fue creado con el objetivo de mejorar la metodología de enseñanza de informática en las escuelas de Reino Unido, actualmente es utilizado a nivel mundial y contempla aplicaciones en otras áreas además de la educación. La placa incluye: chip Broadcom BCM2835 que contiene un CPU a 700 MHz, procesador gráfico Broadcom Video Core IV, memoria RAM 2GB (dependiendo del modelo de la placa), el sistema operativo por defecto es RaspBian aunque soporta la mayoría de versiones de Linux e incluso se podría instalar Windows 10. El sistema requiere una SD card para el almacenamiento debido a que no dispone de un disco duro incorporado. Entre las principales características de hardware cuenta con un puerto RJ-45, puertos USB, entradas y salidas de video con un consumo energético que va desde los 500mA hasta los 800mA en los modelos más recientes. (Raspberry Pi Foundation, s.f.)

RASPBIAN.- Sistema operativo libre desarrollado específicamente para las placas Raspberry Pi, es una versión modificada de Debian. Raspbian se caracteriza por ser más que un sistema operativo puro debido a que incluye 35000 paquetes precompilados para ser instalados en las placas Raspberry. La construcción inicial de 35000 paquetes se completó en

junio de 2012, hasta la actualidad se siguen desarrollando nuevos paquetes para mejorar la estabilidad y el manejo de las placas. (Raspbian.org, s.f.)

2. REQUERIMIENTOS PARA LA INSTALACIÓN

¿Qué necesitamos?

HARDWARE

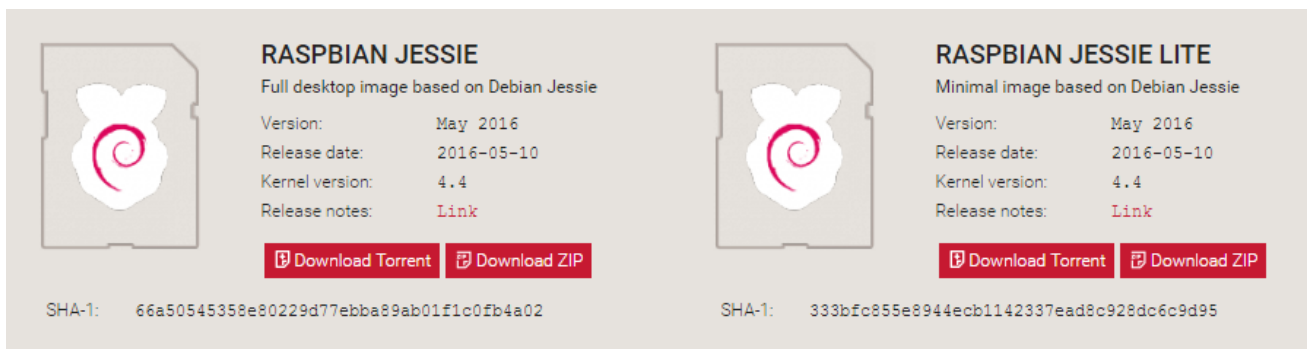
- Placa Raspberry Pi 2
- Micro SD Clase 10 (se recomienda 8 o 16 Gb dependiendo de los programas a utilizar)
- Fuente de Alimentación (Output: 5V y 1A)
- Monitor y cable HDMI
- Mouse USB
- Teclado USB

SOFTWARE

El sistema operativo lo pueden descargar del sitio oficial de Raspberry Pi:

<https://www.raspberrypi.org/downloads/>

Dentro de esta página tenemos dos opciones que son NOOBS y RASPBIAN, procedemos directamente a descargar Raspbian, nos aparecerá la siguiente pantalla:



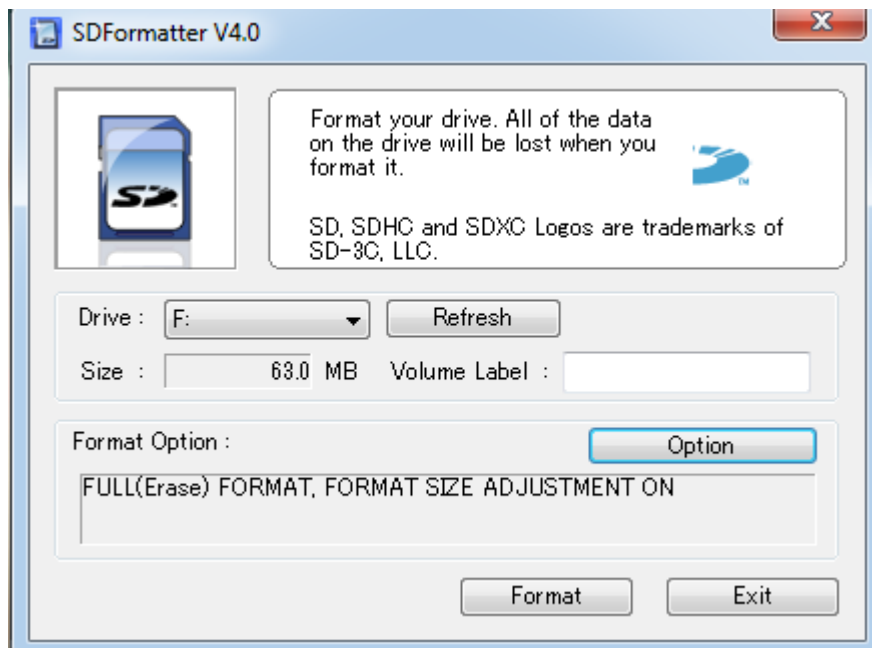
The screenshot displays two download options for Raspbian Jessie. Each option includes a Raspberry Pi logo icon, a title, a description, version information, release date, kernel version, release notes link, and download buttons for Torrent and ZIP. The SHA-1 hashes are also provided at the bottom of each option.

Option	Description	Version	Release date	Kernel version	Release notes	Download Torrent	Download ZIP	SHA-1
RASPBIAN JESSIE	Full desktop image based on Debian Jessie	May 2016	2016-05-10	4.4	Link	Download Torrent	Download ZIP	66a50545358e80229d77ebba89ab01f1c0fb4a02
RASPBIAN JESSIE LITE	Minimal image based on Debian Jessie	May 2016	2016-05-10	4.4	Link	Download Torrent	Download ZIP	333bfc855e8944ecb1142337ead8c928dc6c9d95

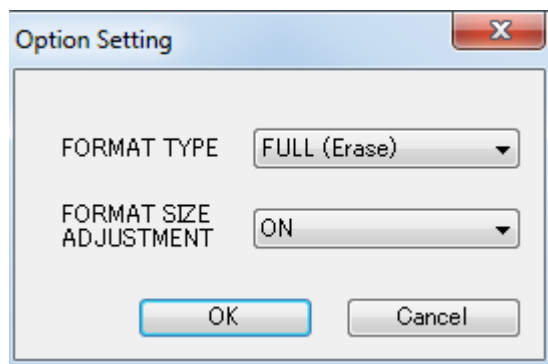
Descargamos el .zip de cualquiera de las dos opciones de Raspbian, esto dependerá del uso que le vamos a dar al Raspberry.

3. PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN

PASO 1: Lo primero que vamos a hacer es formatear la micro SD, para ello utilizamos una herramienta llamada *SD FORMATTER*:

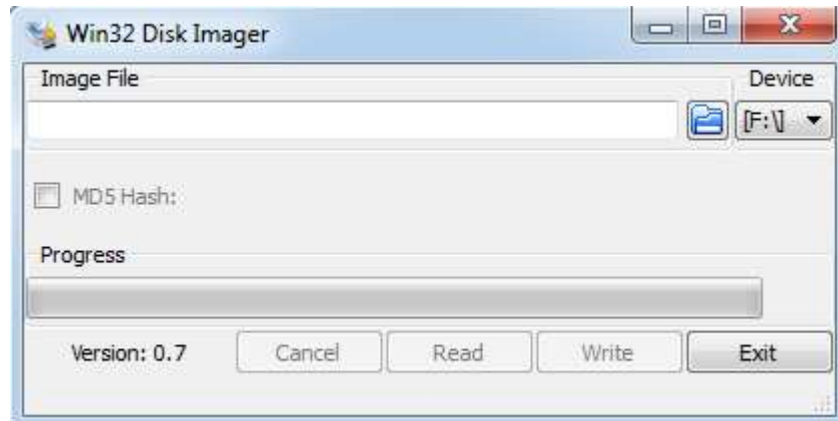


Ingresamos a Option y configuramos como se ve a continuación:

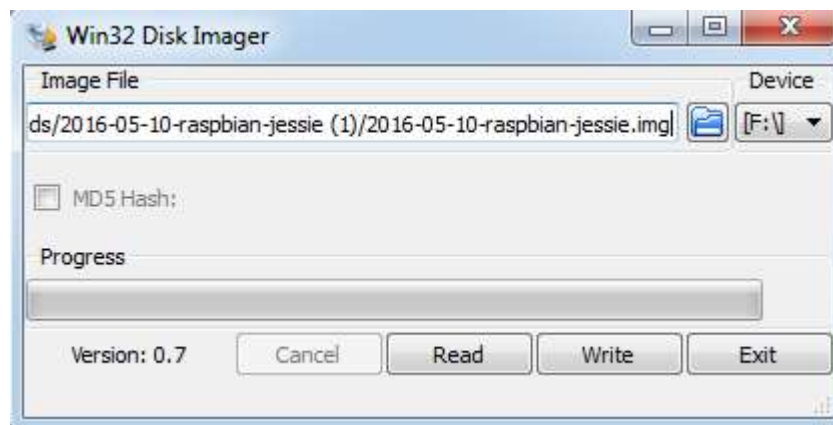


Damos click en OK, esperamos unos segundos y nos aparecerá un mensaje indicando que se formateó correctamente.

PASO 2: A continuación para cargar la imagen IOS y bootear la micro SD vamos a utilizar el programa *WIN 32 DISK IMAGER*, ejecutamos el programa y tenemos la siguiente pantalla:



Seleccionamos la unidad de almacenamiento, en este caso (F:) y cargamos la imagen IOS, y damos click en Write.



Este paso puede tomar un par de minutos hasta que se cargue la imagen del sistema operativo.

PASO 3: El siguiente paso es insertar la tarjeta micro SD en la ranura del Raspberry Pi. Es importante indicar que antes de encender la placa se debe conectar todos los periféricos. Una vez se inserta la micro SD automáticamente el sistema se instalará e iniciará, su Raspberry Pi ahora está listo para usarse.

Manual de Instalación de Opencv 3 en Raspbian Jessie para Python

Para realizar pruebas y no tener que conectar a un display nuestro raspberry vamos a instalar solos siguiente programa para Windows, mismo que funcionan con en protocolo SSH.

PuTTY and Xming

- Instalamos PuTTY (<http://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty/download.html>, choose "putty.exe")

La instalación no es necesaria únicamente se podrá ejecutarlo

- Instalación de Xming and Xming-fonts (<http://sourceforge.net/projects/xming>)

al instalar Xming y Xming-fonts, optar por crear un acceso directo Xming en el escritorio y para instalar todas las fuentes, para todas las demás opciones de los valores por defecto están bien, los Xming-fonts instalar puede incitar "El directorio Xming ya existe, desea instalar xming-tipos al mismo directorio? ", si este mensaje aparece elija " sí "

- Reboot despues de instalar PuTTY, Xming, and Xming-fonts

Inicial Putty y configuramos:

-IP de raspberry pi

-Terminal -> Bell -> None (bell disabled)

-Connection -> Seconds between keepalives -> set to "30"

-Connection -> expand SSH -> X11 -> check "Enable X11 forwarding"

a continuación, guardar la configuración mediante la introducción de un nombre preferido en el cuadro "Guardado de sesiones", por ejemplo "mi defecto", al elegir Guardar

Para iniciar seccion en Putty, load en lo configurado y click "Open"

Iniciamos Xming antes de Putty

Para verificar PuTTY and Xming funcionan, comensamos Putty y ponemos:

```
pwd          # present working directory, should say "/home/pi" as this is the default location
for the user "pi"
```

```
ls -l        # lists the files in the current directory
```

```
pcmanfm &    # this is the graphical Raspbian file browser and should open as a separate
window
```

```
epiphany-browser & # this is the graphical default Raspbian internet browser, which can also
be used to browse files, FTP, etc.
```

to paste into a PuTTY window simply right-click anywhere in the PuTTY window, to copy from a PuTTY window simply highlight what you would like to copy (not necessary to press Ctrl+C)

note that the "&" starts (in Linux parlance "forks") programs as a separate process from the command line session

from this point on most of the cheat sheet is commands to be copied / pasted into a PuTTY session

- En caso de utilizar una Webcam vemos si funciona así:

```
lsusb       # your webcam should be listed
```

```
cd /dev     # cd to dev directory
```

```
ls -l       # verify "video0" is listed, this is your webcam
```

```
cd ~        # back to home directory
```

```
sudo apt-get install fswebcam # install program to take still images with your webcam
```

```
fswebcam -r 640x480 --no-banner image.jpg # take a still image with your webcam
```

```
ls -l      # verify "image.jpg" is there
```

```
pcmanfm &          # double click on "image.jpg" to view
```

```
epiphany-browser "image.jpg" & # or you can view image.jpg in the Epiphany browser with this command
```

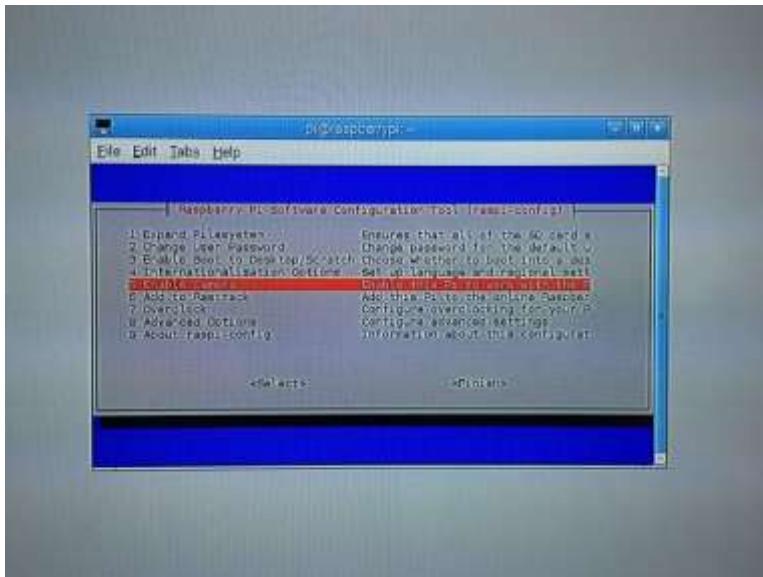
```
sudo apt-get install luvview      # install webcam stream viewer
```

```
luvview -s 320x240      # test webcam
```

- En caso de tener el módulo cámara de raspberry

```
$ sudo raspi-config
```

Nos muestra lo siguiente donde habilitamos el modulo



- Probamos la cámara

```
$ raspistill -o output.jpg
```

- Instalamos picamera

```
$ pip install "picamera[array]"
```

- OpenCV instalación

Esto toma bastante tiempo alrededor de 2 horas en el raspberry pi 2

```
$cd ~
```

```
$sudo apt-get update
```

```
$sudo apt-get upgrade
```

```
$sudo apt-get install python-numpy python-scipy python-matplotlib
```

```
$sudo apt-get install build-essential cmake pkg-config
```

```
$sudo apt-get install default-jdk ant
```

```
$sudo apt-get install libgtkglext1-dev
```

```
$sudo apt-get install v4l-utils
```

```
$sudo apt-get install libjpeg8 \
```

```
libjpeg8-dev \
```

```
libjpeg8-dbg \
```

```
libjpeg-progs \
```

```
libavcodec-dev \
```

```
libavformat-dev \
```

```
libgstreamer0.10-0-dbg \
```

```
libgstreamer0.10-0 \
```

```
libgstreamer0.10-dev \
```

```
libxine2-dev \
```

```
libunicap2 \
```

```
libunicap2-dev \
```

```
swig \
```

```
libv4l-0 \
```

```
libv4l-dev \
```

```
python-numpy \
```

```
libpython2.7 \
```

```
python-dev \
```

```
python2.7-dev \  
libgtk2.0-dev \  
libjasper-dev \  
libpng12-dev \  
libswscale-dev
```

```
$wget http://sourceforge.net/projects/opencvlibrary/files/opencv-unix/3.0.0/opencv-3.0.0.zip
```

```
$unzip opencv-3.0.0.zip
```

```
$cd opencv-3.0.0
```

```
$mkdir build
```

```
$cd build
```

```
$cmake -D CMAKE_BUILD_TYPE=RELEASE \  
-D INSTALL_C_EXAMPLES=ON \  
-D INSTALL_PYTHON_EXAMPLES=ON \  
-D BUILD_EXAMPLES=ON \  
-D CMAKE_INSTALL_PREFIX=/usr/local \  
-D WITH_V4L=ON ..
```

- El siguiente comando tomaras alrededor de 1 hora 30 min y el raspberry necesita estar descubierto para evitar sobrecalentamiento.

```
$sudo make
```

```
$sudo make install
```

```
$sudo nano /etc/ld.so.conf.d/opencv.conf
```

- opencv.conf estara vacio, donde ingresamos:

```
/usr/local/lib
```

(dejamos un espacio en despues de lo ingresado opencv.conf)

- Regresamos a la línea de comando

```
$sudo ldconfig
```

```
$sudo nano /etc/bash.bashrc
```

```
# Ingresamos las siguientes líneas de comando al final de bash.bashrc
```

```
PKG_CONFIG_PATH=$PKG_CONFIG_PATH:/usr/local/lib/pkgconfig # enter these at the  
bottom of bash.bashrc, NOT at the command line
```

```
export PKG_CONFIG_PATH # enter these at the bottom of bash.bashrc,  
NOT  
at the command line
```

```
(leave a blank line at the end of bash.bashrc)
```

- Guardamos y regresamos a la línea de comando

```
$sudo shutdown -r now
```

- Después de reiniciar verificamos la instalación de OpenCV

```
$python # enter interactive Python prompt session
```

```
>>> import cv2
```

```
>>> cv2.__version__
```

```
# should say your OpenCV version, i.e. '3.0.0', press Ctrl+D to exit the Python prompt session
```

Ahora podemos probar Opencv.

ANEXO 13. INSTRUCTIVO DE USUARIO

INSTRUCTIVO PARA EL USUARIO

Este es un instructivo elaborado con la finalidad de brindar un soporte al usuario que desea manipular nuestro sistema que lo llamaremos Smart Lamp para un mejor entendimiento de su uso y así obtener los mejores beneficios de este, a continuación se detallan las indicaciones.

El usuario de Smart Lamp deberá tener claro el fin del uso de este dispositivo que no tiene como la finalidad de ser un apoyo en la actividad de utilizar elementos electrónicos a las placas de circuitos impresos o actividades similares.



LUGAR

Posicionar la Smart Lamp en una mesa de trabajo estable y sin dispositivos en su superficie.



ON / OFF

La Smart Lamp posee dos switch, para la luminaria y del sistema electrónico. Y un pulsador para activar o detener el seguimiento.



SISTEMA

El sistema de seguimiento tarda 50 segundos en su inicio hasta que su indicador led rojo se encienda.



SEGUIMIENTO

Debe colocarse la manilla en una de sus manos y posicionar la Smart Lamp diagonal a la manilla, y que esté bajo la luminaria.



ÁREA DE TRABAJO

El área de trabajo debe carecer de objetos de color igual o similares al de la manilla para que el seguimiento se realice de la mejor manera.



VOLVER A SEGUIR

Para recuperar el seguimiento del sistema deberá mover la manilla bajo la luminaria. El seguimiento se realiza a movimientos pasivos como los que se realiza al soldar.



REGULACIÓN

La regulación de luz del sistema se realiza en base a la luminosidad generada y al bajar o subir la luminaria. No debe de tocar al sensor de luz, los movimientos bruscos harán caer la Smart



MANIPULACIÓN

La manipulación del Smart Lamp debe ser cuidadosa para evitar caer y afectar al sistema electrónico. Sostener la base para mover las secciones de la estructura. Cuenta con un sensor para evitar movimientos bruscos.

El uso de la Smart Lamp es sencillo y simple, después se acostumbrará y la necesitará a cada momento para sus proyectos de electrónica.

Autor: Henry Farinango

ANEXO 14. HOJA DE DATOS 78S05

<http://www.datasheet39.com/PDF/503098/7805-pdf.html>



**SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA**

7805

LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

3-TERMINAL POSITIVE VOLTAGE REGULATOR

2

FEATURES

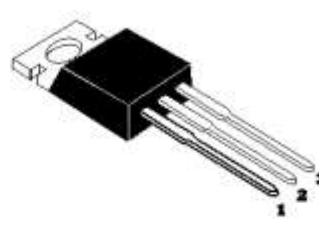
- *Output current In Excess Of 1A
- *Fixed output voltage of 5V available
- *Thermal overload shutdown protection
- *Short circuit current limiting
- *Output transistor SOA protection

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

(Operating temperature range applies unless otherwise specified)

Characteristic	Symbol	Rating	Unit
Input voltage	V_I	35	V
Output Current	I_O	1.5	A
Power Dissipation	P_D	Intensity Limited	mW
Operating Junction Temperature Range	T_{OPR}	-20~150	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	T_{STG}	-55~150	$^{\circ}C$

Package: TO-220



PIN:	1	2	3
STYLE	1	2	3
NO.1	1	G	O

ELECTRICAL CHARACTERISTICS at Tamb=25 $^{\circ}C$

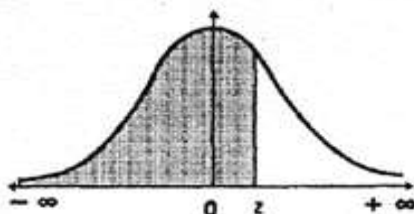
($V_I=10V, I_O=0.5A, 0^{\circ}C < T_J < 125^{\circ}C, C_I=0.33\mu F, C_O=0.1\mu F$, unless otherwise specified)(Note 1)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions
Output Voltage	V_O	4.8	5	5.2	V	$T_J=25^{\circ}C$
Output Voltage	V_O	4.75		5.25	V	$8V \leq V_I \leq 20V, I_O=5mA-1.0A$ $PD < 15W$
Load Regulation	ΔV_O		1.3	100	mV	$T_J=25^{\circ}C, I_O=5mA-1.5A$
Load Regulation	ΔV_O		0.15	50	mV	$T_J=25^{\circ}C, I_O=0.25A-0.75A$
Line Regulation	ΔV_O		5	100	mV	$7V \leq V_I \leq 25V, T_J=25^{\circ}C$
Line Regulation	ΔV_O		1.3	50	mV	$8V \leq V_I \leq 12V, T_J=25^{\circ}C$
Quiescent Current	I_q		3.2	8	mA	$T_J=25^{\circ}C$
Quiescent Current Change	ΔI_q			1.3	mA	$8V \leq V_I \leq 25V$
Quiescent Current Change	ΔI_q			0.5	mA	$5mA \leq I_O \leq 1.0A$
Output Noise Voltage	V_N		10		μV	$10Hz \leq f \leq 100kHz$
Temperature coefficient of V_O	$\Delta V_O / \Delta T$		-0.30		mV/ $^{\circ}C$	
Ripple Rejection	RR		68		dB	$8V \leq V_I \leq 18V, f=120Hz, T_J=25^{\circ}C$
Peak Output Current	I_{pk}		2.2		A	$T_J=25^{\circ}C$
Short-Circuit Current	I_{sc}		200		mA	$V_I=35V, T_J=25^{\circ}C$
Dropout Voltage	V_D		2.0		V	$T_J=25^{\circ}C, I_O=1A$

Note1: The maximum steady state usable output current is dependent on input voltage, heat sinking, lead length of the package and copper pattern of PCB. The data above represent pulse test conditions with junction temperatures specified at the initiation of test.

ANEXO 15. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN NORMAL PARA LOS NIVELES DE CONFIANZA

FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN NORMAL N(0;1)



z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	0.99886	0.99889	0.99893	0.99897	0.99900
3.1	0.99903	0.99906	0.99909	0.99913	0.99916	0.99918	0.99921	0.99924	0.99926	0.99929
3.2	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.99940	0.99942	0.99944	0.99946	0.99948	0.99950
3.3	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958	0.99959	0.99961	0.99962	0.99964	0.99965
3.4	0.99966	0.99968	0.99969	0.99970	0.99971	0.99972	0.99973	0.99974	0.99975	0.99976
3.5	0.99977	0.99978	0.99978	0.99979	0.99980	0.99981	0.99981	0.99982	0.99983	0.99983
3.6	0.99984	0.99985	0.99985	0.99986	0.99986	0.99987	0.99987	0.99988	0.99988	0.99989
3.7	0.99989	0.99990	0.99990	0.99990	0.99991	0.99991	0.99991	0.99992	0.99992	0.99992
3.8	0.99993	0.99993	0.99993	0.99994	0.99994	0.99994	0.99994	0.99995	0.99995	0.99995
3.9	0.99995	0.99995	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99997	0.99997
4.0	0.99997	0.99997	0.99997	0.99997	0.99997	0.99997	0.99998	0.99998	0.99998	0.99998

Nota: En el interior de la tabla se da la probabilidad de que la variable aleatoria Z, con distribución N(0;1), esté por debajo del valor z.