



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

UNIDAD ACADÉMICA PROFESIONAL
TIANGUISTENCO

**CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE
COLOR PARA TINTADO DE MADERA USANDO UNA
PLACA ARDUINO UNO**

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

QUE PRESENTA

JOSUÉ DAVID TORRES VARA

DIRECTORES:

DR. CARLOS JUÁREZ TOLEDO
DRA. IRMA MARTÍNEZ CARRILLO

TIANGUISTENCO, MÉX. FEBRERO 2017

RESUMEN

El color es una representación de los objetos y características del medio ambiente los cuales pueden ser atractivos para la vista y proporcionar confort, el hombre se ha encargado de usarlos en diversos objetos cotidianos como son: vestimenta, calzado, artículos de madera, entre otros.

La tonalidad de un objeto es esencial para que pueda ser llamativo por el consumidor, se ha identificado que existen diferentes tipos de color para tintas de tipos de maderas y que es crucial el tono final del mueble para que tenga buena aceptación en el mercado.

En esta tesis se menciona las principales características que debe tener el color para que este sea de buena calidad y luzca en superficies de muebles de madera, se aborda la problemática e importancia que tiene la pintura para someterse a un tratamiento de tintado y la tonalidad final que adquiere.

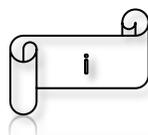
También se construyó un sistema de medición de color para tintado de madera usando una placa arduino uno, detallando e indicando los dispositivos utilizados para la construcción de dicho sistema.

Para mostrar la confiabilidad del prototipo se realizaron cuatro pruebas en papel tipo muestrario cuyos colores usados se seleccionaron por ser de los más comerciales: cedro, palo de rosa, nogal clásico y caoba clásico. Para complementar el estudio se realizó una medición en madera comercial de pino obteniendo resultados coherentes con el muestrario variando solo en la brillantez (luminosidad) final del acabado.

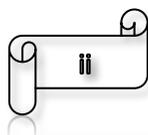
Finalmente se usó Matlab para procesar los datos obtenidos de las mediciones con el dispositivo desarrollado, mostrando los resultados de las mediciones en gráficas tridimensionales en el espectro RGB.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	6
1.1 INTRODUCCIÓN	6
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.3 OBJETIVOS.....	8
1.4 METODOLOGÍA	8
1.5 ANTECEDENTES	10
1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS	12
1.6 CRONOGRAMA	14
CAPÍTULO 2: CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS QUE DEFINEN EL COLOR EN LA MADERA.....	15
2.1 INTRODUCCIÓN	15
2.2 CARACTERÍSTICAS DEL COLOR	16
2.3 PINTURA EN LA MADERA.....	17
2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS MADERAS PARA SU USO EN MUEBLES..	19
2.5 PREPARACIÓN DE LA MADERA PARA PODER APLICAR EL TINTADO A LA SUPERFICIE	20
2.6 TIPOS DE ACABADOS PARA SUPERFICIE	22
2.7 TINTADO DE MADERA.....	22
2.7.1 COLORES DE TINTAS PARA MADERA	23
CAPÍTULO 3: CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE COLOR PARA TINTADO DE MADERA USANDO UNA PLACA ARDUINO UNO.....	33
3.1 INTRODUCCIÓN	33
3.2 PARÁMETROS QUE INTERVIENE EN LA IGUALACIÓN DE COLOR .	33
3.3 INTERVENCIÓN DE LA REFLEXIÓN DE INTENSIDAD LUMINOSA	36
3.4 IMPLEMENTOS Y MATERIAL PARA EL DISEÑO	36
3.5 DISEÑO (DIAGRAMAS).....	40
3.6 DESARROLLO	41
3.7 PROTOTIPO	47
3.8 PROGRAMACIÓN DE LA TARJETA ARDUINO UNO	47



CAPÍTULO 4: APLICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE COLOR PARA TINTADO DE MADERA USANDO UNA PLACA ARDUINO UNO.....	49
4.1 INTRODUCCIÓN	49
4.2 CASOS DE ESTUDIO.....	50
4.2.1 CASO A:	54
4.2.2 CASO B:	54
4.2.3 CASO C:	54
4.2.4 CASO D:	54
4.3 PARÁMETROS DE MEDICIÓN	55
4.4 RESULTADOS	64
4.5 CONCLUSIONES	74
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	76
5.1 CONCLUSIONES	76
5.2 TRABAJOS FUTUROS	76



ÍNDICE DE TABLAS Y DIAGRAMAS

TABLA 1.1. EVENTOS IMPORTANTES DE LA MEDICIÓN DEL COLOR [8], [9], [10], [11], [12], [13].....	10
TABLA 1.2. DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN DE COLOR [15].	12
TABLA 2.1. PARÁMETROS DEL COLOR [17].	16
TABLA 2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS MADERAS [19].	19
DIAGRAMA 2.1. PROCESO DE TINTADO DE LA MADERA.	21
TABLA 2.3. TIPOS DE ACABADOS EN LA MADERA.....	22
TABLA 2.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS TINTAS [21].	22
TABLA 2.5. TINTAS DE COLORES CONVENCIONALES TIPO 1 [21].....	24
TABLA 2.6. TINTAS DE COLORES CONVENCIONALES TIPO 2 [21].....	25
TABLA 2.7. TINTAS DE COLORES CONVENCIONALES TIPO 3 [21].....	26
TABLA 2.8. TINTAS DE COLORES CONVENCIONALES TIPO 4 [21].....	27
TABLA 2.9. TINTAS DE COLORES CONVENCIONALES TIPO 4 [21].....	28
TABLA 2.10. TINTAS DE COLORES DE MODA TIPO 1 [21].	29
TABLA 2.11. TINTAS DE COLORES DE MODA TIPO 2 [21].	30
TABLA 2.12. TINTAS DE COLORES DE MODA TIPO 3 [21].	31
TABLA 2.13. TINTAS DE COLORES DE MODA TIPO 3 [21].	32
TABLA 3.1. ELEMENTOS DE REGULARIZACIÓN.	36
TABLA 3.2. MATERIALES QUE DAN LUZ Y QUE MIDEN LA LUZ.	37
TABLA 3.3. MATERIALES CONECTORES DEL SISTEMA.	38
TABLA 3.4. MATERIALES PARA SOLDAR EL SISTEMA.....	39
TABLA 3.5. MATERIALES PARA MONTAR EL SISTEMA.	40
TABLA 4.1. MUESTRAS DE TINTAS PARA MEDIR COLOR CEDRO.....	50
TABLA 4.2. MUESTRAS DE TINTAS PARA MEDIR COLOR PALO DE ROSA.....	51
TABLA 4.3. MUESTRAS DE TINTAS PARA MEDIR COLORES NOGAL Y CAOBA.....	52
TABLA 4.4. MUESTRAS DE MADERA TINTADA.	53
TABLA 4.5. PRIMER PUNTO DE MEDICIÓN.	55
TABLA 4.6. SEGUNDO PUNTO DE MEDICIÓN.....	56
TABLA 4.7. TERCER PUNTO DE MEDICIÓN.	56
TABLA 4.8. CUARTO PUNTO DE MEDICIÓN.	57
TABLA 4.9. QUINTO PUNTO DE MEDICIÓN.	57
TABLA 4.10. SEXTO PUNTO DE MEDICIÓN.	58
TABLA 4.11. PRIMER PUNTO DE MEDICIÓN CONVERTIDO A 255.....	58
TABLA 4.12. SEGUNDO PUNTO DE MEDICIÓN CONVERTIDO A 255.	59
TABLA 4.13. TERCER PUNTO DE MEDICIÓN CONVERTIDO A 255.	59

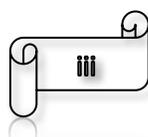
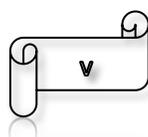


TABLA 4.14. CUARTO PUNTO DE MEDICIÓN CONVERTIDO A 255.....	60
TABLA 4.15. QUINTO PUNTO DE MEDICIÓN CONVERTIDO A 255.....	60
TABLA 4.16. SEXTO PUNTO DE MEDICIÓN CONVERTIDO A 255.	61
TABLA 4.17. PUNTO DE MEDICIÓN CON MEJOR RESOLUCIÓN.	61
TABLA 4.18. MEDIDA DE LUZ Y OSCURIDAD.....	62
TABLA 4.19. MEDICIONES EN MADERA TINTADA.....	64
TABLA 4.20. PRIMER PUNTO DE MEDICIÓN EN EL SELECTOR DE COLOR.	65
TABLA 4.21. SEGUNDO PUNTO DE MEDICIÓN EN EL SELECTOR DE COLOR.	65
TABLA 4.22. TERCER PUNTO DE MEDICIÓN EN EL SELECTOR DE COLOR.....	66
TABLA 4.23. CUARTO PUNTO DE MEDICIÓN EN EL SELECTOR DE COLOR.	66
TABLA 4.24. QUINTO PUNTO DE MEDICIÓN EN EL SELECTOR DE COLOR.	67
TABLA 4.25. SEXTO PUNTO DE MEDICIÓN EN EL SELECTOR DE COLOR.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. COLORÍMETROS COMERCIALES [5], [6], [7].	7
FIGURA 1.2. METODOLOGÍA A SEGUIR PARA EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO.	9
FIGURA 2.1. LIJADO DE UNA MADERA (TABLA DE PINO).	20
FIGURA 3.1. DIAGRAMA DEL SISTEMA DE COLOR.	41
FIGURA 3.2. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA EN PROTOBOARD.	42
FIGURA 3.3. COMPROBACIÓN DE ENCENDIMIENTO DE LEDS.	42
FIGURA 3.4. SOLDADURA DEL SISTEMA EN UNA PLACA.	43
FIGURA 3.5. SISTEMA SOLDADO Y CONECTADO A LA TARJETA.	44
FIGURA 3.6. LED RGB CONECTADO POR CAIMANES.	44
FIGURA 3.7. LEDS Y FOTORESISTENCIA SOLDADOS.	45
FIGURA 3.8. DISPOSITIVO MONTÁNDOLO EN LA CAJA.	45
FIGURA 3.9. PERFORACIONES DE POTENCIÓMETRO Y PUSH BOTÓN.	46
FIGURA 3.10. PERFORACIÓN DE PUERTO COM3 DE LA TARJETA ARDUINO UNO.	46
FIGURA 3.11. SISTEMA DE MEDICIÓN DE COLOR.	47
FIGURA 3.12. CÓDIGO PARA LA TARJETA ARDUINO UNO.	48
FIGURA 4.1. SECCIÓN DE MEDICIÓN CON ACOTACIONES EN MILÍMETROS.	63
FIGURA 4.2. LÍNEA QUE SIGUE CADA PUNTO DE MEDICIÓN.	68
FIGURA 4.3. GRÁFICA EN RGB DE LAS PRUEBAS EN MUESTRARIO DE PAPEL.	69
FIGURA 4.4. LUMINANCIA DE LAS PRUEBAS EN PAPEL.	70
FIGURA 4.5. GRÁFICA EN TERCERA DIMENSIÓN DE MEDICIONES EN MADERA.	71
FIGURA 4.6. GRÁFICA DE BARRAS DE LUMINOSIDAD DE MEDICIONES EN MADERA.	72
FIGURA 4.7. COMPARATIVO DEL TONO CEDRO.	73
FIGURA 4.8. COMPARATIVO DEL TONO NOGAL CLÁSICO.	73





CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

El color en la vida cotidiana de los seres humanos ha sido de gran importancia ya que proporciona confort, emociones, sentimientos [1]. Para búsqueda de métodos y estrategias para la homogenización de colores líquidos en maderas es importante tener una buena calidad en el producto final. Uno de los principales problemas para lograr semejanza entre los productos requeridos es la gran cantidad de pinturas existentes para madera llamadas tintas, por lo cual es difícil tener una identificación de dichos colores, así como también lograr igualar un color existente.

La colorimetría es el área de la ciencia que se encarga del estudio del color mediante un conjunto de técnicas y procedimientos con los que establece el valor de concentración de una sustancia en disolución, principalmente de la caracterización del color en escalas para tener el color cuantificado [2].

La colorimetría es la medición de color a través de los colores primarios rojo, verde y azul comúnmente llamado RGB (por sus siglas en inglés), con la combinación de estos tonos se puede obtener cualquier pigmento requerido.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El color es uno de los puntos cruciales que el ser humano toma en cuenta para comprar cualquier cosa material, por lo que es importante tener un color homogéneo en la superficie del material, como lo es en los artículos de madera, a simple vista no es fácil identificar el color de tinta que tiene la madera o si es

homogéneo en todas las caras, es por eso que se pretende construir un sistema de medición de tintas para la mejor identificación del color.

El tono final de los productos en las industrias es importante por lo que les interesa conocer la tonalidad final de algún material y además estudian la degradación del color ante la exposición de agentes externos como podrían ser la radiación o exposición a un clima extremo [3], [4].

En el mercado existen equipos que cumplen apropiadamente con la medición de la tonalidad de diferentes objetos los cuales son llamados coloquialmente colorímetros (ver figura 1), el problema con estos dispositivos son los precios tan altos que van alrededor desde 20, 000 hasta los 65,000 pesos mexicanos, por lo que es complicado adquirirlo en diversos talleres o negocios como podrían ser : hojalatería, herrería, vendedores de pintura, carpintería, o microempresas donde el color sea un punto fundamental para la venta.



Figura 1.1. Colorímetros comerciales [5], [6], [7].

En este proyecto se pretende diseñar y construir un sistema de medición de color para tintado de madera para conocer la semejanza del color en la superficie pintada con respecto a la deseada mediante una placa arduino uno, con la característica de que sea más accesible económicamente y pueda ser utilizado en cualquier sector comercial que requiera la adquisición de tonalidades específicas de objetos sólidos.

1.3 OBJETIVOS

El objetivo principal de esta tesis es construir un sistema de medición de color para obtener la tonalidad requerida en tintas para su uso en artículos de madera.

Objetivos particulares:

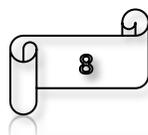
Los objetivos particulares son:

- Comprobar la resolución del sistema.
- Garantizar la homogeneidad de color en la madera.
- Distinguir la tonalidad de un color de tinta para madera conforme a otro tono similar.

1.4 METODOLOGÍA

La metodología a emplear para el desarrollo de este trabajo es:

- 1. Planteamiento del problema:** Para dimensionar y situar la problemática de usos de colores en maderas.
- 2. Recopilación y selección de información bibliográfica:** Para conocer las formas convencionales de aplicación de colores en la madera.
- 3. Selección e identificación de los parámetros de medición:** Conocer e identificar los aspectos elementales que intervienen en el mezclado de colores con respecto a la colorimetría deseada.
- 4. Diseño y construcción de un sistema de medición de color:** Mediante la tarjeta arduino uno, se podrá construir un sistema de medición de color que nos permita ver la luminosidad en los colores de tintas para madera.
- 5. Implementación y experimentación del sistema de medición para tinto de madera:** Realización de diversas pruebas de tintas de maderas ante condiciones diversas para conocer sobre la funcionalidad del dispositivo.
- 6. Resultados y conclusiones:** Para argumentar sobre el alcance de los objetivos planteados y trabajos futuros.



1.5 ANTECEDENTES

El color ha tenido una gran importancia para la humanidad desde el principio de los tiempos, por eso se han realizado diversas investigaciones de sus características, patrones, mediciones, etc. Los aspectos más importantes cronológicamente, se muestran en la tabla 1.

Tabla 1.1.

Eventos importantes de la medición del color [8], [9], [10], [11], [12], [13].

FECHA	ACONTECIMIENTO	ASPECTO IMPORTANTE
384-322 a.C.	Aristóteles empieza con los conceptos y medición de los colores.	Establece la medición del color
1666	Isaac Newton descubre la descomposición de la luz	Lo descubre viendo un haz de luz que traspasa un prisma de cristal, donde se dividía en un espectro de colores que eran: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, añil y violeta.
1700	Newton crea la rueda de color.	Es el primer sistema para medir el tono.
1802	Young emite hipótesis de la trivalencia visual.	Dice que no debe de existir más de tres receptores en el ojo los que son: sensible al rojo, el segundo al amarillo (combinado después al verde) y el tercero al azul.
1855	Maxwell realiza las primeras medidas visuales para validar la hipótesis tricromática.	Prueba la exactitud y unifica las teorías sobre la visión de colores. Los resultados de Maxwell se representan los colores por tres números.
1891	Ludwig von Helmholtz, completa las teorías de Young, explica una teoría donde no sólo el fenómeno de la visión de los colores sino también las anomalías de la misma.	Como conclusión dice que existe alguna forma de estímulo triple generado en la retina del ojo.

<p>1915</p>	<p>Surge el sistema de Munsell.</p>	<p>Menciona que cada color dispone de tres cualidades: brillo, tono y saturación, el brillo es la claridad que tiene el color, el tono es la diferencia de longitud de onda y la saturación se refiere a la intensidad de color.</p>
<p>1931</p>	<p>Surge la Comisión Internationale de l'Éclairage (CIE), en español Comisión Internacional sobre la Iluminación.</p>	<p>Es un sistema que determina el color de acuerdo a su teoría tricromática, la cual es la utilización de los tres colores primarios (rojo, verde y azul).</p>

Los trabajos que se tienen mediante la implementación de un colorímetro utilizando una placa arduino uno, es la de un estudiante de la UAP Tianguistenco aplicada para clasificar telas de acuerdo a su tonalidad, pero aún no existe algo diseñado para la identificación de tintas o bien a la luminosidad que tienen estos colores por ser tonos rojos y visualmente parecidos [14].

El diseño del sistema anterior, se basa en la detección del color a través de la reflexión en una superficie y medida con la ayuda de un sensor, la luz es dada por leds, y con la ayuda de una placa arduino con interfaz en la computadora.

En la actualidad existen diversos prototipos de medición de color pero los dispositivos para la medición de color utilizado comúnmente son los que se describen en la tabla 2.

Tabla 1.2.
Dispositivos de medición de color [15].

DISPOSITIVO	FUNCIONAMIENTO	IMAGEN
<p>DENSITÓMETRO</p>	<p>Consiste en medir el grado de oscuridad de una muestra, se proyecta una luz sobre la superficie y se mide la cantidad de luz que no es absorbida por el color.</p>	
<p>ESPECTROFOTÓMETRO</p>	<p>Consiste en iluminar una superficie o bien muestra con luz blanca y luego calcular la cantidad de luz reflejada de dicha muestra en una serie de intervalos de longitudes de onda.</p>	
<p>COLORÍMETRO</p>	<p>Consiste en el aparato que ocupa los tres colores primarios rojo, verde, azul, y lo hace con la ayuda de un led RGB, se mide conforme a la reflexión, estos son más baratos de fabricar y fáciles de transportar.</p>	

1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS

La estructura propuesta es la siguiente:

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se realiza una breve descripción del trabajo.

CAPÍTULO 2. CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS QUE DEFINEN EL COLOR EN LA MADERA.

En este capítulo se describen los parámetros de color, así como también la medición de la tonalidad.

CAPÍTULO 3. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE COLOR PARA TINTADO DE MADERA USANDO UNA PLACA ARDUINO UNO.

En este capítulo se desarrolla un sistema de tipificación para el uso de

identificación del color en tipos de pintura para la madera.

CAPÍTULO 4. APLICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE COLOR PARA TINTADO DE MADERA USANDO UNA PLACA ARDUINO UNO.

En esta sección se implementa el sistema de tipificación en algunos tipos de tintas para la madera, para obtener pruebas que nos ayuden a comprobar su eficiencia de dicho dispositivo.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

Se mencionan las conclusiones obtenidas del capítulo anterior y se visualizan los trabajos futuros.

1.6 CRONOGRAMA

ACTIVIDAD A DESARROLLAR	TIEMPO EN MESES						
	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO
RECOPILACIÓN DE DATOS PARA EL PROTOCOLO							
ESCRITO DEL PROTOCOLO DE TITULACIÓN							
APROBACIÓN DE PROTOCOLO DE TITULACIÓN.							
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA UTILIZAR.							
REALIZACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS.							
ESCRITURA DE LA TESIS							
APROBACIÓN DE LA TESIS							
TRAMITE PARA EL EXAMEN RECEPCIONAL							



CAPÍTULO 2

CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS QUE DEFINEN EL COLOR EN LA MADERA.

2.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se tratan las características que debe tener el color, para que este sea de buena calidad y atractivo a la vista humana. También se aborda la problemática e importancia que tiene la pintura para madera de acuerdo a sus características físicas para someterse a un tratamiento de tintado y la tonalidad final que adquiere. También se hace una descripción de la preparación de la superficie de una madera para que la pintura tome la tonalidad deseada, debido a que la preparación de la madera influye en la calidad de tonalidad final, así mismo, se nombrarán los acabados en la superficie, es decir, lo que hace que la madera brille y le de protección en contra del sol o la humedad.

Por último, se muestran las tintas para maderas, sus características y su forma de aplicación, pero también la diferencia que hay entre los dos tipos de tintas como lo es la tinta al aceite y la tinta al alcohol, así también, se muestra un catálogo de algunos colores convencionales y los colores que están de moda.

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL COLOR

El control de color tiene que ver con el test de los colores, el cual es diseñado por Max Lüscher, este test de colores está conformado por la preferencia que tiene la persona por una serie de colores, teniendo en cuenta el color que más le parece agradable hasta el que menos lo hace, es decir, cuando una persona elige un accesorio o bien un artículo lo selecciona por los juicios estéticos (color) [16].

El color es uno de los primeras estrategias en la mercadotecnia esta va enfocada a sectores por edades, sexo, ocupación y es lo que el cliente más le atrae y por lo cual lo adquiere o no el producto. El color debe contar con ciertos parámetros para poder tener una buena calidad y aceptación comercial, dichos parámetros se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1.
Parámetros del color [17].

PARÁMETRO	DEFINICIÓN
TONO (HUE)	También llamado como matiz, color o tinte. El tono se refiere al tipo de longitud de onda reflejada de color, es decir, la cantidad de rojo, verde y azul que se contiene, y es lo que diferencia un color de otro.
SATURACIÓN (SATURATION)	Es el contenido de color o cromacidad de una superficie, es decir, lo que hace que un color se vea intenso o vivo, o bien sino está muy saturado se vea descolorido y gris. La saturación es la pureza de un color.
BRILLO (BRIGHTNESS)	Es el atributo de una sensación visual de acuerdo con el cual un área parece emitir más o menos luz, es decir, la oscuridad o claridad que tiene una superficie. El brillo también es adjetivo de luminosidad.

2.3 PINTURA EN LA MADERA

Los artículos de madera son muy utilizados para el ser humano, por eso a lo largo de la historia el darle una buena presentación en el acabado es de suma importancia, por lo que la pintura debe tener estándares tanto en su consistencia como en el tono del color.

El color de las pinturas para madera, tiene la problemática de la identificación del tono por la gran variedad que hay de estos, que muchas veces son muy similares. Pero también las pinturas y barnices para madera deben tener la capacidad de penetración adecuada y por lo tanto deberá utilizarse un recubrimiento adecuado a cada caso [18].

Las pinturas toman un tono un poco diferente en la madera dependiendo del tipo que se esté utilizando, por lo que también existen varios tipos de pinturas como también barnices, por lo que cada uno tiene una finalidad.

Las pinturas para madera como el vinilo, la urea o el poliuretano, los cuales son pigmentos sólidos. Es necesario dar varias capas de pintura al producto para tener un buen acabado, por lo que es conveniente dar hasta cinco capas de pintura, tener una pintura con buenas cualidades selladoras y por supuesto un buen lijado con diversas lijas de diferentes granos [19].

El acabado que tiene al final es importante en el producto de los artículos de madera, por lo que al tener un buen acabado hace que la tinta tenga una mejor presentación.

Existen diferentes colores para madera como es el blanco, pasando por el rojo, el verde, marrón hasta llegar al negro, pero la diferencia del color en la madera depende de cada especie de madera, por lo que al aplicar un tipo de pintura aunque sea la misma va tomar una tonalidad diferente dependiendo de su especie [20].

Al tener una variación de tonalidad dependiendo de su especie de madera, se tendrán diferentes tintas de maderas, por eso se maneja la repetitividad de

color, sin embargo, en la industria encargada a realizar pinturas para madera, es indispensable contar con un control de calidad o bien un patrón de color, para poder satisfacer las necesidades que se tienen con el cliente.

El proceso de fabricación de color de pintura para madera es muy atractivo, por lo que incluye procesos de igualación de otras maderas que lo tienen de forma natural como lo son la madera de tipo caoba, nogal, roble, entre otras.

2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS MADERAS PARA SU USO EN MUEBLES

Las maderas también cuentan con una clasificación y de acuerdo a ella adoptan un color diferente por las características que tiene cada una de ellas, dicha clasificación se muestran en la tabla 2.2.

Tabla 2.2.
Clasificación de las maderas [19].

CLASIFICACIÓN DE MADERA	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>MADERAS BLANDAS</p>	<p>El crecimiento de estos árboles de maderas es rápido, por eso son económicas y son las más utilizadas. Su color de este tipo de maderas es claro amarillento, con nodos y vetas. Algunos tipos de esta clasificación es el pino, cedro, abeto, ciprés, tuya, enebro.</p>	 <p>Tabla de tipo pino.</p>
<p>MADERAS DURAS</p>	<p>Son de altos precios debido a su crecimiento lento, esta clasificación de maderas tienen mayor variedad de colores y texturas. No es necesario tintarlas dicho que con solo barnizarlas toman un color agradable, las maderas duras es el roble, teca, tilo y caoba.</p>	 <p>Madera caoba con una parte con barniz.</p>
<p>MADERAS FALSAS</p>	<p>Son las maderas que imitan la textura y consistencia de otras maderas, estas son desechos (virutas) de maderas procesadas, dichos desechos se combinan con adhesivos para mantenerlas compactadas. Las maderas falsas son el aglomerado y las chapas.</p>	 <p>Pedazo de madera MDF.</p>

2.5 PREPARACIÓN DE LA MADERA PARA PODER APLICAR EL TINTADO A LA SUPERFICIE

Lo primero es escoger la madera, ya sea que se ocupe en forma de tabla o bien en hoja de triplay, debe de tomarse en consideración que la madera esté en su totalidad seca o bien que no se encuentre húmeda, así como también, el que tenga los menos nodos posibles, ya que en los nodos toma un tono de color distinto con respecto a toda la madera.

A continuación, se lleva a cabo el proceso de resanar, el cual consiste en tapar las imperfecciones o poros que presenta la madera, este proceso se aplica con un desarmador plano o bien una cuña.

Después de haber secado el resanador, se lleva a cabo el proceso del lijado de la madera, este proceso se realiza con una maquina lijadora o en otro caso manualmente, se deberá lijar en sentido de la veta de la madera. Este proceso tiene una gran importancia por lo que se tiene que dejar ninguna imperfección o mancha por lo que al momento de aplicar cualquier tipo de acabado en la superficie, ya que de ello depende el tener un buen acabado, durabilidad y una buena calidad, dicho proceso se ve en la figura 2.1.



Figura 2.1. Lijado de una madera (tabla de pino).

Por lo consiguiente, se realiza el proceso de cortado de la madera en donde se corta dependiendo de la medida y especificación del producto, también se vuelve a lijar las partes cortadas para que no se vean las imperfecciones.

Enseguida se realiza el ensamblado de producto ya se trate de un tocador, puerta, mesa, cama, entre otros productos.

Para finalizar se aplica la tinta al producto del color que el cliente lo requiera o sea de su satisfacción, también se puede aplicar la tinta o color a la madera antes de ser armado.

El proceso de tintado en la madera se muestra en el diagrama 2.1.

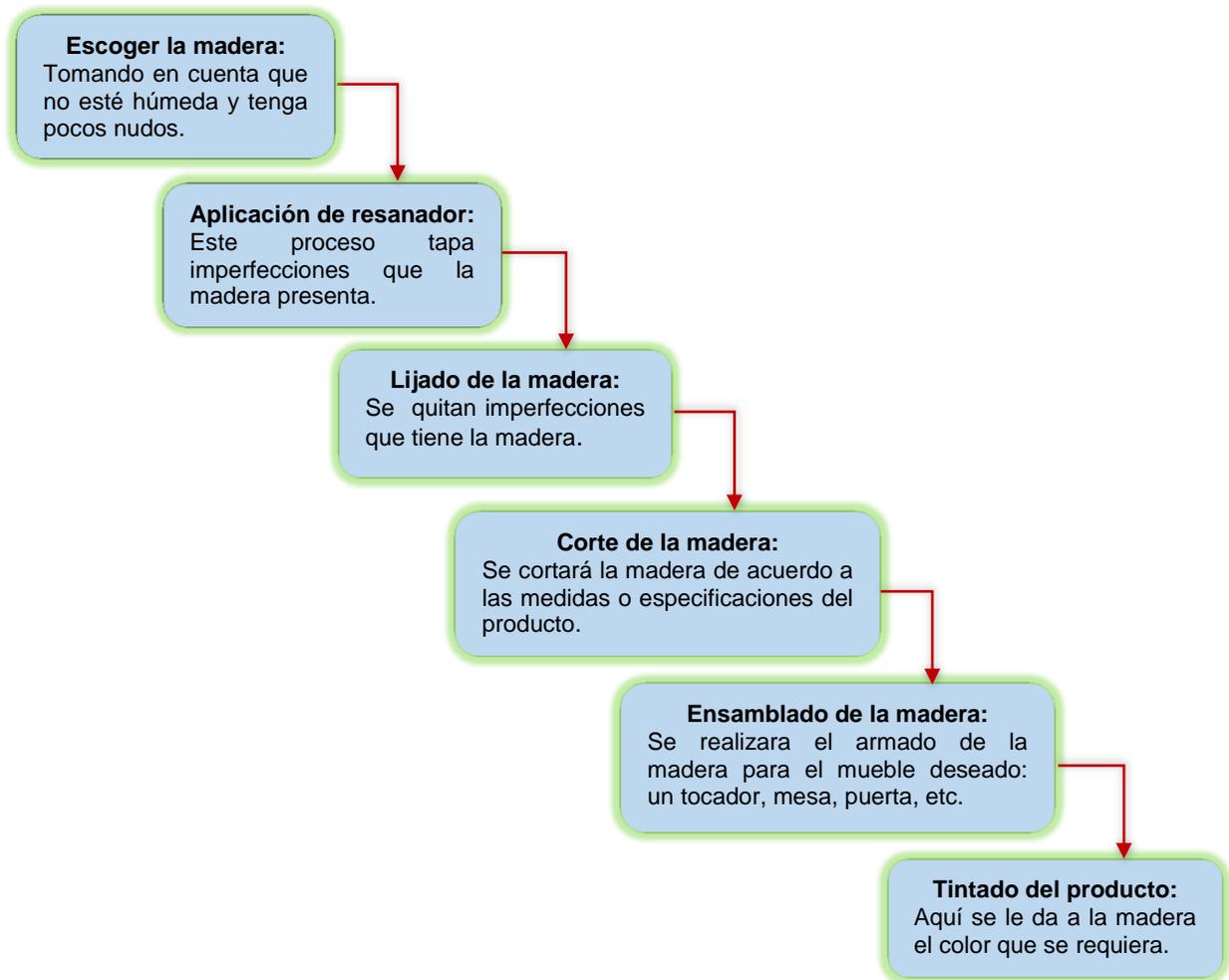


Diagrama 2.1. Proceso de tintado de la madera.

2.6 TIPOS DE ACABADOS PARA SUPERFICIE

En los muebles o artículos hechos de madera tienen cada uno un diferente tipo de acabado, esto depende del uso que se le valla a dar al producto o de las especificaciones del cliente. Algunos de los tipos de estos acabados en la superficie se ven en la tabla 2.3.

Tabla 2.3.
Tipos de acabados en la madera.

TIPO DE ACABADO	DESCRIPCIÓN
NATURAL	La superficie se deja en su estado natural
ENTINTADO	En este acabado se trata de aplicar a una madera más económica un acabado de una madera que es de mayor precio, esto se realiza a través de la aplicación de una tinta que se le aplica a la madera para obtener un color deseado.
NITROCELULOSA	La base del producto es de tipo metacrilato de metilo, de tipo concentrado, por lo cual fue diluido en una proporción 1:3 del diluyente, dicho diluyente por lo general es thinner.
POLIURETANO	Consiste de un sellador y un acabado final de pre polímero de uretano. El acabado es aplicado siguiendo las especificaciones del fabricante.

2.7 TINTADO DE MADERA

Para el proceso de tintado de madera, se aplica una pintura que está hecha a base de alcohol o a base de aceite, cada una de estas tintas tienen diferentes características como se muestra en la tabla 2.4.

Tabla 2.4.
Características de las tintas [21].

TINTA AL ACEITE	TINTA AL ALCOHOL
Base de pigmentos.	Base de colorantes.
Para procesos de nitrocelulosa, poliuretanos, acrílicos y polyester.	Compatible con procesos de nitrocelulosa, poliuretano y polyester.
Tonos más intensos, profundos y uniformes.	Tonos más intenso, brillantes y translúcidos.
Mejor penetración, con lo que resalta en gran medida las vetas de la madera.	
Secado más rápido.	
Fácil aplicación con pistola o trapo.	Se recomienda aplicar con trapo.
Se pueden mezclar entre sí para lograr tonos especiales.	

Se tintan las maderas por la razón de que se quieren igualar colores de otras maderas como los son roble, nogal, caoba, entre otras, por lo que este tipo de maderas son de elevado costo, y se aplican en maderas económicas como es el pino. También se le aplican colores neutros como lo es el negro, blanco, azul, naranja, etc.

2.7.1 COLORES DE TINTAS PARA MADERA

En las tintas para madera hay una gran variedad de colores, y se pueden dividir en dos clases:

- ✓ Colores convencionales: son los colores naturales de la madera, a los cuales solo se les aplica el brillo como lo es el sellador, o bien muchas veces son las tintas que son colores que se le aplican a maderas del tipo blandas, para asemejarlas a las maderas del tipo duras las cuales son costosas. Algunos de estos colores de tintas de la marca sayer lack se muestran en la tabla 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9.

Tabla 2.5.
Tintas de colores convencionales tipo 1 [21].

COLOR	CÓDIGO	IMAGEN
NOGAL AMERICANO	TS-6114	
NOGAL CLÁSICO	TS-6115	
MAPLE	TS-6116	
CAOBA INGLÉS	TS-6117	

Tabla 2.6.
Tintas de colores convencionales tipo 2 [21].

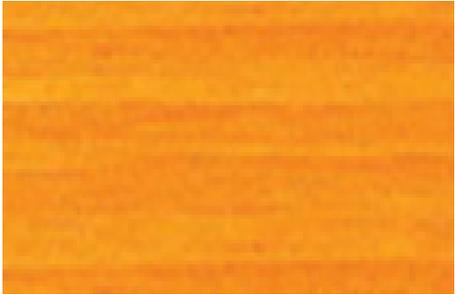
COLOR	CÓDIGO	IMAGEN
CAOBA COMERCIAL	TS-6118	
CAOBA CLÁSICO	TS-6119	
ROBLE	TS-6120	
ARCE	TS-6121	

Tabla 2.7.
Tintas de colores convencionales tipo 3 [21].

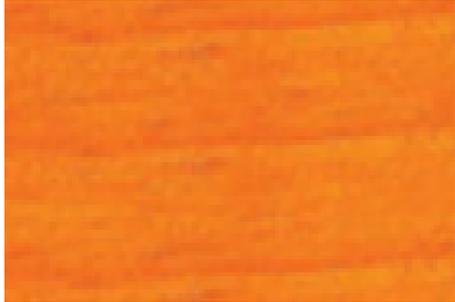
COLOR	CÓDIGO	IMAGEN
CEDRO	TS-6122	
OLMO	TS-6123	
OYAMEL	TS-6124	
MAGNOLIA	TS-6125	

Tabla 2.8.
Tintas de colores convencionales tipo 4 [21].

COLOR	CÓDIGO	IMAGEN
CIPRÉS	TS-6126	
AMARANTO	TS-6127	
PALO DE ROSA	TS-6128	
AVELLANA	TS-6130	

Tabla 2.9.
Tintas de colores convencionales tipo 4 [21].

COLOR	CÓDIGO	IMAGEN
NOGAL CLARO	TS-6132	
ENCINO AMERICANO	TS-6133	

- ✓ Colores de moda: son los colores que actualmente el cliente demanda como lo son los colores neutros, dichos colores pertenecen el azul, blanco, negro, chocolate, amarillo entre otros. Este tipo de colores hace que se pierda en muchas veces la veta de la madera, este tipo de colores de la marca sayer lack se ven en las tablas 2.10, 2.11, 2.12, 2.13.

Tabla 2.10.
Tintas de colores de moda tipo 1 [21].

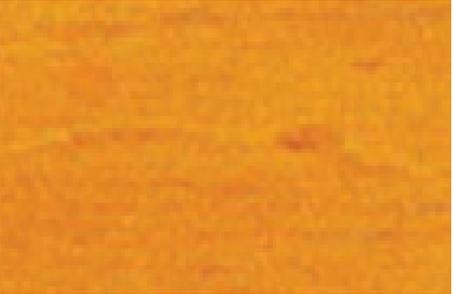
COLOR	CÓDIGO	IMAGEN
BLANCO	TS-6101	
NEGRO	TS-6102	
OCRE	TS-6103	
AMARILLO ORO	TS-6105	

Tabla 2.11.
Tintas de colores de moda tipo 2 [21].

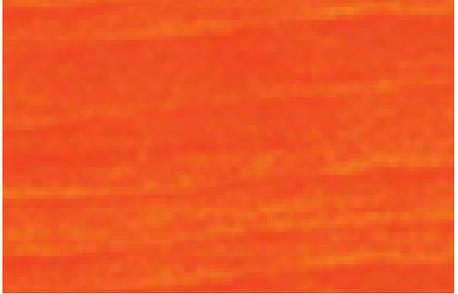
COLOR	CÓDIGO	IMAGEN
ROJO COLONIAL	TS-6106	 A rectangular color swatch showing a deep, slightly muted red color with a fine, grainy texture.
ROJO VIVO	TS-6107	 A rectangular color swatch showing a bright, vibrant red color with a fine, grainy texture.
NARANJA	TS-6108	 A rectangular color swatch showing a bright orange color with a fine, grainy texture.
AZUL	TS-6109	 A rectangular color swatch showing a deep blue color with a fine, grainy texture.

Tabla 2.12.
Tintas de colores de moda tipo 3 [21].

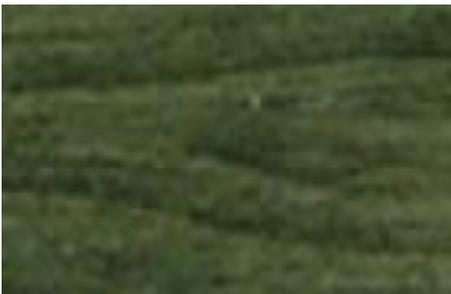
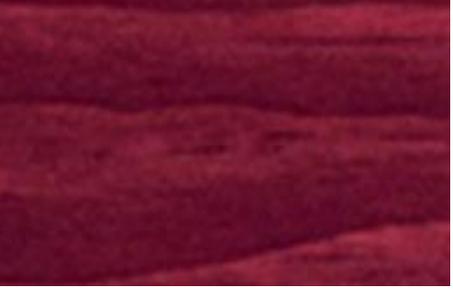
COLOR	CÓDIGO	IMAGEN
VERDE	TS-6110	
ROYAL MARRÓN	TS-6111	
EARLY AMERICAN	TS-6112	
VERDE FICUS	TS-6113	

Tabla 2.13.
Tintas de colores de moda tipo 3 [21].

COLOR	CÓDIGO	IMAGEN
CHOCOLATE	TS-6129	
CHERRY	TS6131	



CAPÍTULO 3

CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE COLOR PARA TINTADO DE MADERA USANDO UNA PLACA ARDUINO UNO.

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe detalladamente los componentes y proceso que se llevaron a cabo en la construcción el sistema de medición de color para tintado de madera usando una placa arduino uno.

En este apartado se mencionan ecuaciones para la medición del color, las cuales son la primera ley de Grassmann, así como también la segunda ley de Grassmann o ley de la luminancia.

También se describe el diseño del sistema de medición de color para tintado de maderas usando una placa arduino uno, así como también la construcción de dicho sistema, donde también se hablara de las partes que lleva y como se fue fabricando hasta llegar al prototipo final.

3.2 PARÁMETROS QUE INTERVIENE EN LA IGUALACIÓN DE COLOR

El físico alemán Grassmann estableció el color como un factor donde interviene el elemento, la reflexión de la luz sobre un objeto y el ojo humano, la clasificación básica de los colores es el RGB [22], la igualación de color se define por la ecuación:

$$L_C = L_r(R) + L_g(G) + L_b(B) \quad (1)$$

Donde:

- C : color requerido
- L_C : es la luminancia de C
- R : color rojo
- L_r : unidades de rojo
- G : color verde.
- L_g : unidades de verde.
- B : color azul.
- L_b : unidades de azul.

Pero también, la luminancia de cualquier color es equivalente a la suma de las luminancias de los colores primarios, como se ve en la ecuación de la ley de luminancia o segunda ley de Grassmann [23], dicha ecuación se muestra a continuación:

$$L_C = L_r + L_g + L_b \quad (2)$$

Donde:

- L_C : luminancia requerida de color
- L_r : luminancia de rojo
- L_g : luminancia de verde
- L_b : luminancia de azul

El experimento de Grassmann para obtener blanco manejando lúmenes en lugar de unidades tricromáticas T [24], donde las unidades tricromáticas están relacionadas con los lúmenes de la siguiente forma:

1 unidad de T de rojo= 0,30 lúmenes de rojo.

1 unidad de T de verde= 0,59 lúmenes de verde.

1 unidad de T de azul= 0,11 lúmenes de azul.

Mediante la ecuación 1, se expresa la ecuación tricromática del color, esta se muestra a continuación:

$$c(C) = \sigma(R) + \nu(G) + a(B) \quad (3)$$

Donde:

- $c(C)$: Color requerido.
- σ : flujo luminoso de rojo.
- ν : flujo luminoso de verde.
- a : flujo luminoso de azul.
- $(R), (G), (B)$: son cualitativas.

Por ser $(R), (G), (B)$ aspectos cualitativos, es decir, lo que está relacionado con la cualidad o con calidad de un objeto [25]. A los flujos σ, ν, a se les denomina componentes tricromáticos, son de forma cuantitativa, es decir, es lo referente o relativo a la cantidad [26]. Los componentes tricromáticos se miden en vatios o lúmenes [27], la ecuación anterior se representa de la siguiente forma:

$$c = \sigma + \nu + a \quad (4)$$

De la antepuesta ecuación se representa la ecuación unitaria de color [28], que se muestra enseguida:

$$I = r + g + b \quad (5)$$

Donde:

- I : es el color requerido.
- $r = \frac{\sigma}{a + \sigma + \nu}$
- $g = \frac{\nu}{a + \sigma + \nu}$
- $b = \frac{a}{a + \sigma + \nu}$

En esta ecuación r, g, b son coeficientes tricromáticos de color.

La diferencia entre la ecuación 3 y la ecuación 4, es que en la primera mencionada cuenta con componentes tricromáticos y en la otra tiene coeficientes tricromáticos, por lo que un componentes se refiere a las cantidades necesarias de cada color primario, así que un coeficiente es la cantidad necesaria de cada color primario para igualar a una unidad de luminancia de color requerido.

3.3 INTERVENCIÓN DE LA REFLEXIÓN DE INTENSIDAD LUMINOSA

La reflexión es el entorno de las ondas luminosas del límite de un medio, con lo que parte de la luz es reflejada y la otra parte es absorbida por el objeto reflejante. La cantidad que refleja un cuerpo depende del material con que fue realizado, de que tan lisa sea su superficie, entre otros aspectos [29].

3.4 IMPLEMENTOS Y MATERIAL PARA EL DISEÑO

El material que se requiere para la construcción del sistema de medición de color para tintado de madera usando una placa arduino uno, se describen los elementos en las tablas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5.

Tabla 3.1.
Elementos de regularización.

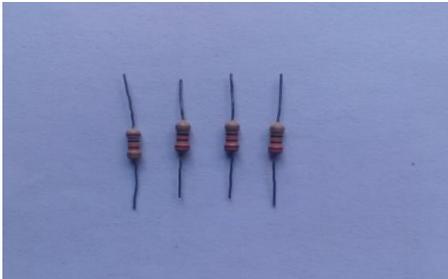
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
POTENCIÓMETRO	5k Ω	
RESISTENCIAS	1 de 1k Ω , 3 de 220 Ω	

Tabla 3.2.
Materiales que dan luz y que miden la luz.

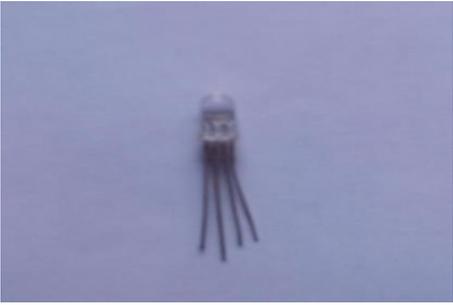
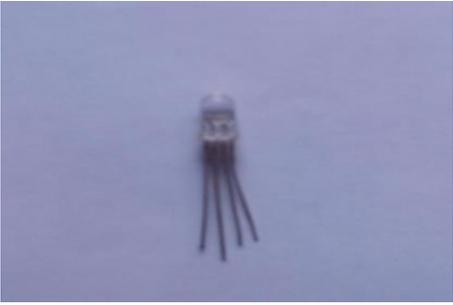
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
1 LED RGB	Ánodo común de cuatro patas	
1 LED RGB	Ánodo común de cuatro patas	
1 PLACA ARDUINO	Uno, Leonardo	
1 FOTORESISTENCIA	DHT11	

Tabla 3.3.
Materiales conectores del sistema.

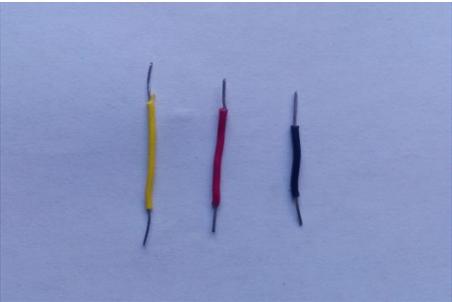
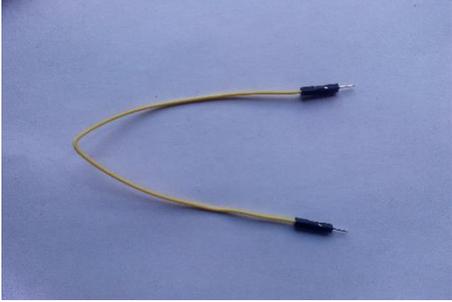
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
1 PUSH BOTÓN	Micro switch	
ALAMBRE DE CONEXIONES	#22 o tipo utp	
CABLES JUMPER	Entrada macho y salida macho	
CABLE USB AB	Es el cable que comúnmente se utiliza para la impresora.	

Tabla 3.4.
Materiales para soldar el sistema.

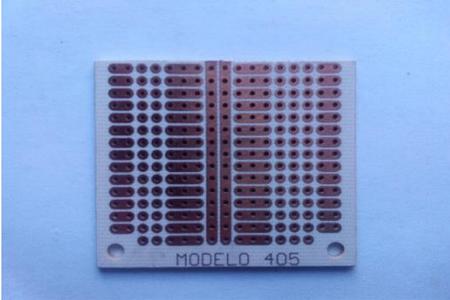
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
PLACA PARA SOLDAR	Placa perforada	
SOLDADURA	2 metros	
CAUTÍN		
TERMOFIT	El más pequeño	

Tabla 3.5.
Materiales para montar el sistema.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
CAJA	Caja para proyectos	
TUBO NEGRO	Es un tubo de 1 pulgada de diámetro.	

3.5 DISEÑO (DIAGRAMAS)

En esta parte se describe el diseño para el sistema de medición de color, el cual se realizó a través de un circuito eléctrico como se observa en la figura 3.1, en la cual se observa que se necesita de una resistencia de una kilo ohms el cual va conectado con un botón switch, también se necesita de tres resistencias de doscientos veinte ohms que son conectadas en cada color del led rgb (rojo, verde y azul), así mismo se requiere de un led blanco para que se obtenga más luz, para regular la luminosidad se pone un potenciómetro de cinco kilo ohms, otra parte importante que se utiliza es la fotoresistencia de dos mili ohms y por último la parte importante es la tarjeta arduino la cual es la interfaz que nos da mediciones en la computadora.

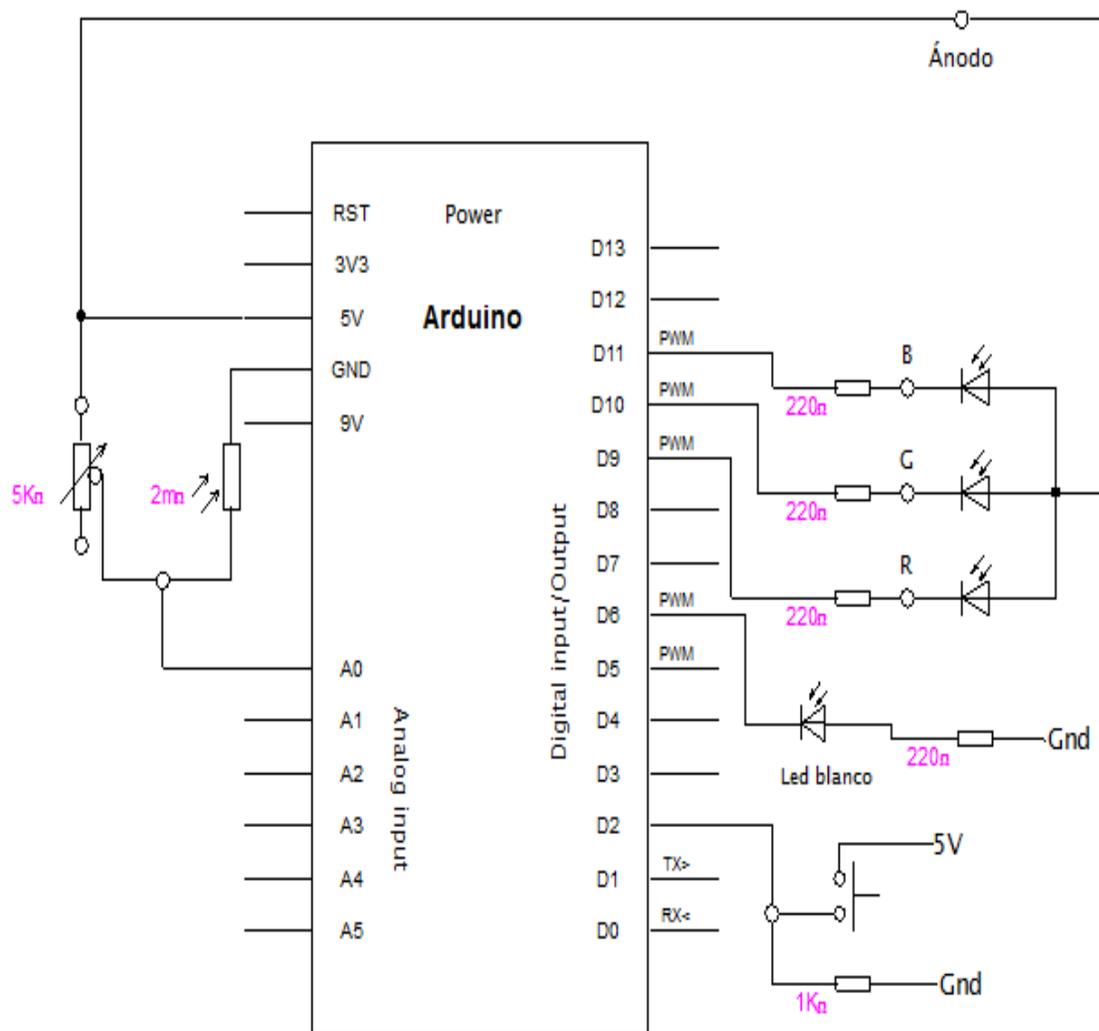


Figura 3.1. Diagrama eléctrico del sistema de color.

3.6 DESARROLLO

En esta parte se detalla cómo se realizó la construcción del sistema de medición de color, el cual se empieza armando el circuito en una tabla protoboard como se ve en la figura 3.2, esto se realiza para poder hacer pruebas de que el sistema funciona como se desea antes de ser soldada.

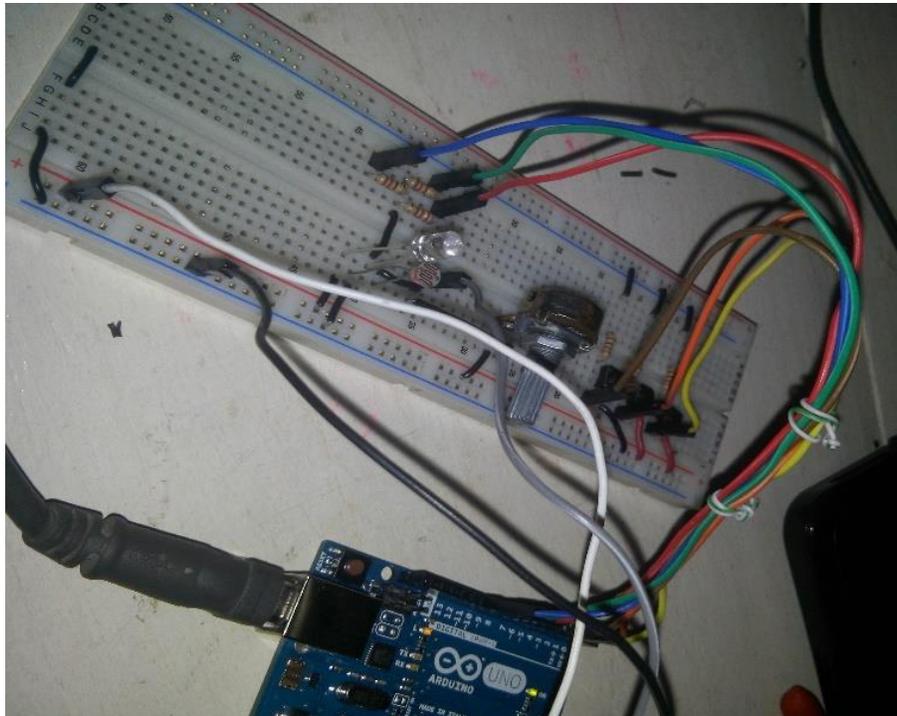


Figura 3.2. Construcción del sistema en protoboard.

Lo que se comprueba del sistema en el protoboard, es ver que los leds prendan adecuadamente como se enseña en la figura 3.3 y que claro que la interfaz de arduino con la computadora tenga lectura de la fotoresistencia.

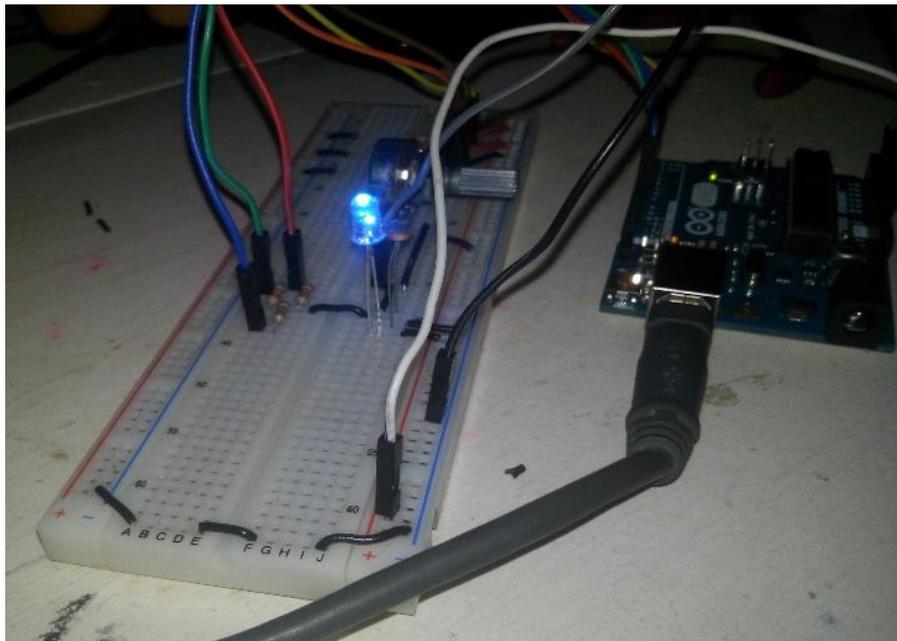


Figura 3.3. Comprobación de encendido de leds.

Al comprobar lo antes mencionado, se continua soldando el sistema en una placa para soldar perforada como se observa en la figura 3.4, en dicha placa se solda las resistencias así como las conexiones para el botón, el led rgb, el led blanco, el potenciómetro, la fotoresistencia, y por supuesto la tierra y voltaje que vienen de la placa arduino.

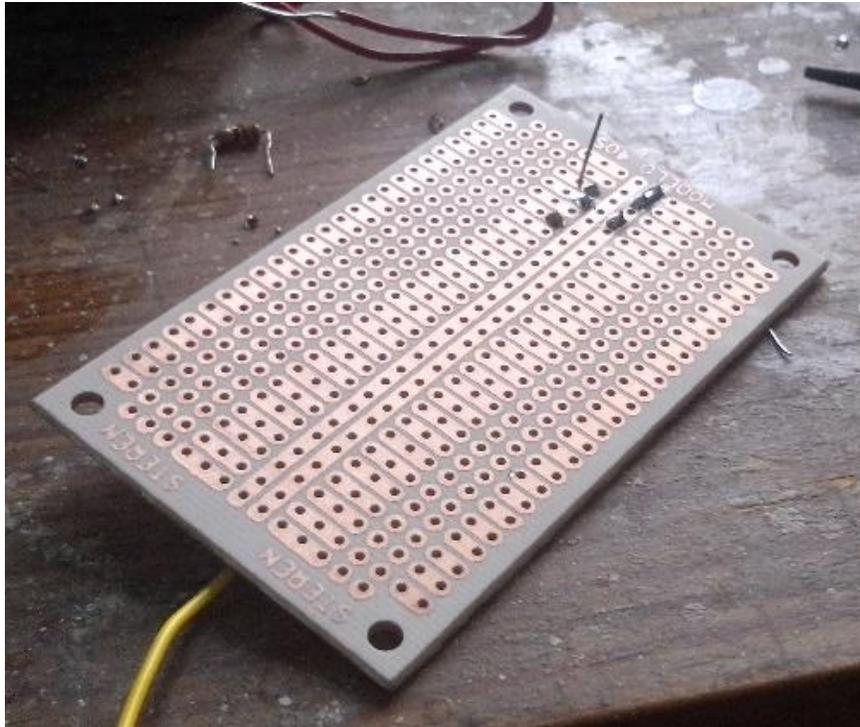


Figura 3.4. Soldadura del sistema en una placa.

Posteriormente al finalizar de soldar se conecta el sistema con caimanes lo que es la tierra y el voltaje de 5v que viene de la tarjeta arduino para comprobar si está funcionando, para después también ser soldado, esto se observa en la figura 3.5, 3.6.

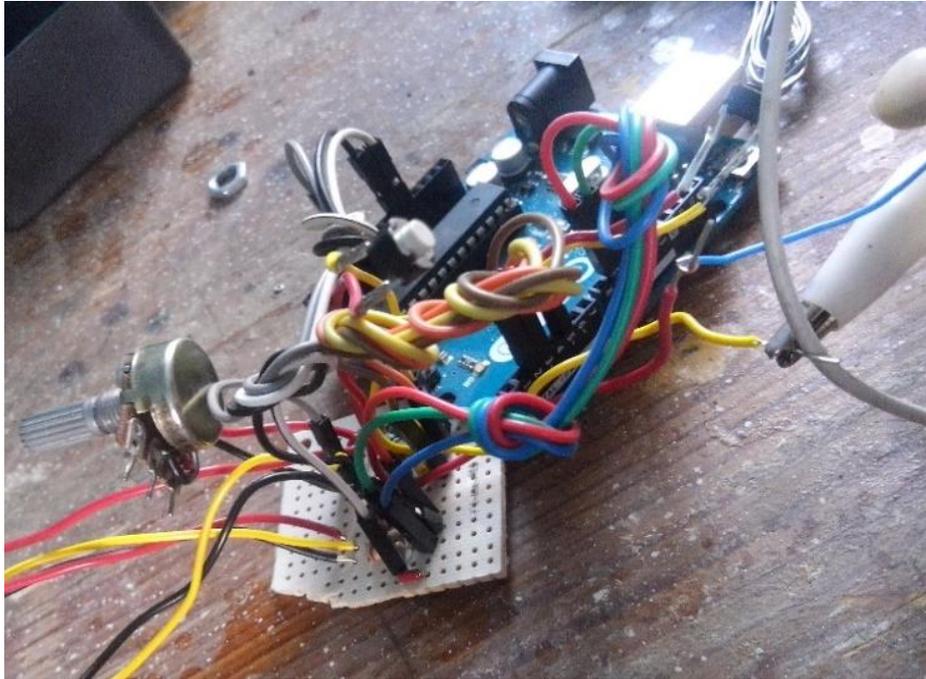


Figura 3.5. Sistema soldado y conectado a la tarjeta.

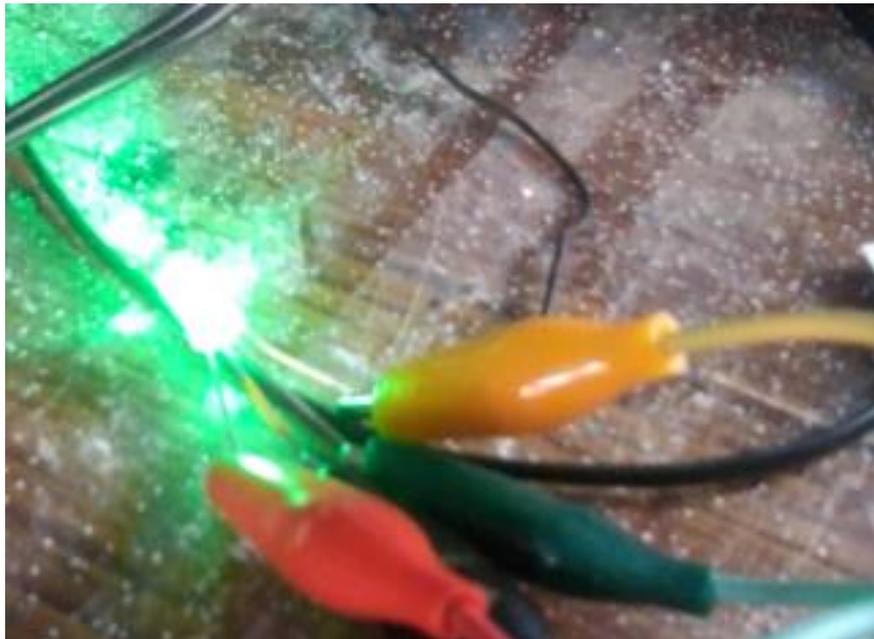


Figura 3.6. Led RGB conectado por caimanes.

El siguiente paso que se realiza, es comprobar que prende el led RGB que se soldó, así como también el led blanco y la fotoresistencia quedando los tres juntos, pero asimismo se les pone termofit como aislador, esto se observa en la figura 3.7.



Figura 3.7. Leds y fotoresistencia soldados.

Posteriormente, se monta en una caja donde el dispositivo se fija para evitar que la tarjeta arduino se mueva, así como cualquier otro circuito, pero asimismo tener una mejor presentación, el dispositivo montado en la caja se muestra en la figura 3.8.

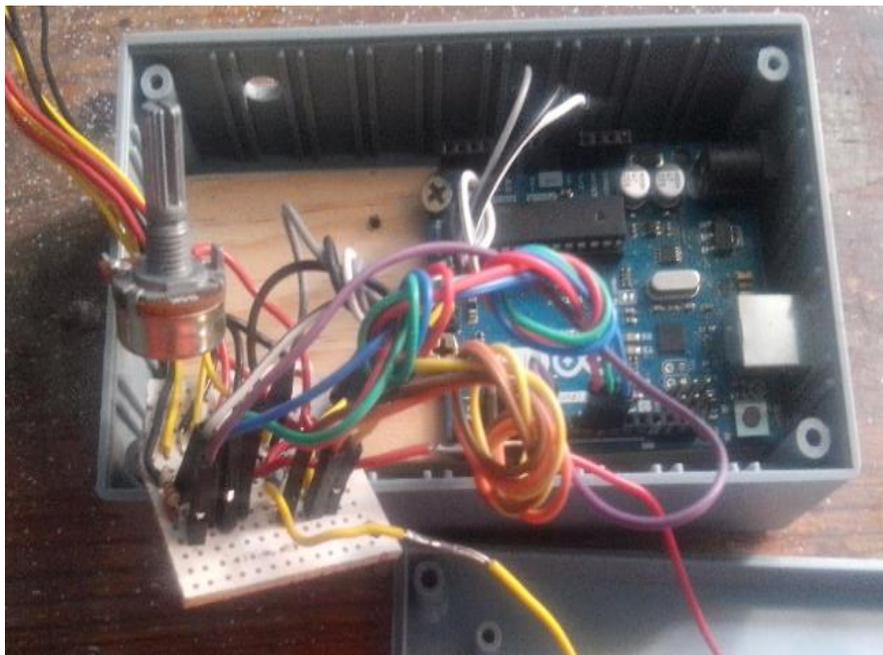


Figura 3.8. Dispositivo montándolo en la caja.

Por último, se hacen las perforaciones para el potenciómetro, el push botón, los cables de los leds y la fotoresistencia, y la entrada del puerto COM3 de la tarjeta arduino uno, dichas perforaciones son de diferentes tamaños en donde apenas pasan los cables y en otro caso donde apenas pasa el puerto COM3 de la tarjeta arduino uno, algunas perforaciones se muestran en las figuras 3.9, 3.10.



Figura 3.9. Perforaciones de potenciómetro y push botón.



Figura 3.10. Perforación de puerto COM3 de la tarjeta arduino uno.

3.7 PROTOTIPO

El dispositivo finalmente quedo en una caja donde la tarjeta arduino uno no tiene movilidad, el led RGB y el led blanco como la fotoresistencia quedaron en un tubo negro el cual en su interior es totalmente oscuro para poder tener el reflejo total de la superficie a medir, el aparato se visualiza en la figura 3.11.

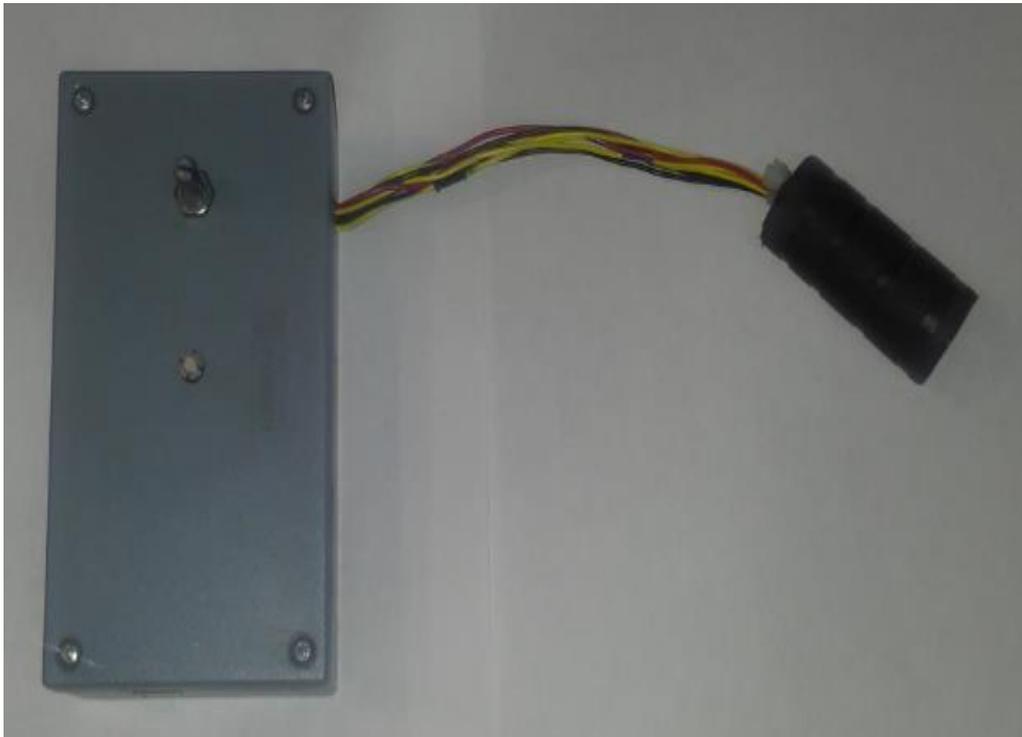


Figura 3.11. Sistema de medición de color.

3.8 PROGRAMACIÓN DE LA TARJETA ARDUINO UNO

La tarjeta arduino uno, tiene un código de interfaz con la computadora para poder ejecutar las lecturas del color rojo, verde y azul, asimismo del blanco y negro, también se da el tiempo para prender el led blanco y el led RGB, todo esto se muestra en la figura 3.12.

```

int Rojo = 9; int Verde=10; int Azul=11; int Blanco=6; int boton=2; int foto=0;
int tim=500;
int vB=0;
int vN=0;
int vR=0;
int vV=0;
int vA=0;

void setup() {Serial.begin(9600); pinMode(boton, INPUT); pinMode(Rojo,OUTPUT);
pinMode(Verde,OUTPUT); pinMode(Azul,OUTPUT); }

void loop() {

if (digitalRead(boton)==HIGH){ // Boton oprimido
    analogWrite(Blanco,255);

//Blanco
    delay(tim); Serial.print("Blanco "); vB = analogRead(foto); Serial.println(vB);
    analogWrite(Blanco,0);

//Negro
    F1(0,0,0); delay(tim); Serial.print("Negro "); vN = analogRead(foto);
    Serial.println(vN);

//Rojo
    F1(255,0,0); delay(tim); Serial.print("Rojo "); vR = analogRead(foto); Serial.println(vR);

//Verde
    F1(0,255,0); delay(tim); Serial.print("Verde "); vV = analogRead(foto);
    Serial.println(vV);

//Azul
    F1(0,0,255); delay(tim); Serial.print("Azul "); vA = analogRead(foto); Serial.println(vA);

    Serial.println("-----");
} //end del if

    else {F1(0,0,0); delay(50);} } //Boton sin oprimir Apagar led

void F1(int r, int v, int a){
    analogWrite(Rojo, 255-r); //Escritura de PWM de F1 Rojo

```

Figura 3.12. Código para la tarjeta arduino uno.



CAPÍTULO 4

APLICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE COLOR PARA TINTADO DE MADERA USANDO UNA PLACA ARDUINO UNO.

4.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se exponen las muestras tintadas que se van a medir con el sistema de medición de color para tintado de madera usando una placa arduino uno, así como también se abordan cuatro casos de estudios.

El primer caso de estudio tiene que ver con la resolución del sistema de medición de color para tintado de madera usando una placa arduino uno de acuerdo a varios puntos de variación en el potenciómetro, para el siguiente caso va relacionado con el antes ya mencionado caso, por lo que se toma el punto de mejor resolución para poder graficar en tercera dimensión, el tercer caso de estudio se toma el mismo punto de mejor resolución del potenciómetro y se realiza una gráfica de barras representando la luminacion, en el último caso se abordan mediciones de pedazos de madera tintados estos se grafican en tercera dimensión.

En este mismo capítulo se muestran las mediciones obtenidas por el sistema de medición de color para tintado de madera usando una placa arduino uno para los cuatro casos.

Por último se dan los resultados de las mediciones obtenidas, que son gráficas de barras y graficas en tercera dimensión.

4.2 CASOS DE ESTUDIO

Para el análisis de las características de tintado de madera se utilizaron como muestra cuatro tonalidades convencionales de comúnmente solicitadas como los son el cedro, palo de rosa, nogal, caoba, dichas muestras se aplicaron en papel ilustración de 5x5cm, por lo que este es ocupado para realizar muestrarios de tintas, pero cada muestra fue tintada de diferente envase de pintura, dichas muestras se observan en las tablas 4.1, 4.2, 4.3.

Tabla 4.1.
Muestras de tintas para medir color cedro.

COLOR	PRUEBA	MUESTRA
CEDRO	P1	
	P2	
	P3	

Tabla 4.2.
Muestras de tintas para medir color palo de rosa.

COLOR	PRUEBA	IMAGEN
PALO DE ROSA	P4	
	P5	
	P6	

Tabla 4.3.

Muestras de tintas para medir colores nogal y caoba.

COLOR	PRUEBA	IMAGEN
NOGAL CLÁSICO	P7	
	P8	
CAOBA CLÁSICO	P9	
	P10	

Finalmente se repitió la prueba en madera del tipo pino debido a que es la madera más comercial para la realización de muebles, los cuales fueron de 15x4cm, los tintes utilizados son los de mayor agrado del cliente los cuales son: cedro, nogal clásico, caoba clásico y roble (ver tabla 4.4).

Tabla 4.4.
Muestras de madera tintada.

COLOR	MUESTRA	IMAGEN
CEDRO	CE1	
	CE2	
	CE3	
NOGAL CLASICO	NO1	
	NO2	
	NO3	
CAOBA CLASICO	CA1	
	CA2	
	CA3	
ROBLE	RO1	
	RO2	
	RO3	

Para verificar la confiabilidad del sistema de medición de color para tintado de madera usando una placa arduino uno, se realizaron cuatro casos de estudio que se ven enseguida:

4.2.1 CASO A:

En este caso se verifica la confiabilidad del sistema de medición de color para tintado de madera usando una placa arduino uno, donde se toman mediciones de las pruebas de colores de tintas mostradas en la tabla 4.1, pero se realizaron seis series de mediciones en seis puntos del potenciómetro, con esto se ve en donde se tiene la mejor resolución.

4.2.2 CASO B:

En el segundo caso, tomando en cuenta el caso anterior, se ocupa el punto del potenciómetro donde se tenga mejor resolución, y con esas mediciones se hace una gráfica en tercera dimensión, la cual esta tiene como ejes el rojo, verde y azul, con esta gráfica se ve observa el comportamiento de cada muestra y la diferencia que existe entre ellas, aunque sean del mismo color.

4.2.3 CASO C:

En este tercer caso, se realiza una gráfica de barras de la luminosidad que tienen las muestras, esta parte ayuda a identificar la diferencia de cada tono aunque estos sean muy similares por lo rojo que llegan a ser estos colores.

4.2.4 CASO D:

En este último caso, se realiza la medición de las muestras en madera las cuales para ver cuál es la variación que se tiene con respecto a las tintadas en papel, pero además ver la homogeneidad que tiene en diferente sección, asimismo ver la diferencia que se observa de cada tono conforme a su luminosidad.

4.3 PARÁMETROS DE MEDICIÓN

En el primer caso y tomando en cuenta la ecuación 1 de igualación de color de acuerdo con los colores primarios, fue que se puso un led RGB para dar esas luces de colores, y así poder reflejar una superficie con dichos colores y poder medir su tonalidad de color de tinta aplicada en el muestrario de papel, las mediciones que se realizaron fueron seis puntos diferentes del potenciómetro, dichas mediciones se ven en las tablas 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10.

Tabla 4.5.
Primer punto de medición.

PUNTO DE MEDICIÓN 1				
MUESTRA	COLOR	ROJO	VERDE	AZUL
P1		841	957	973
P2		844	957	974
P3		845	960	975
P4		890	971	975
P5		889	971	975
P6		890	971	975
P7		895	963	973
P8		897	966	974
P9		886	965	971
P10		889	966	970

Tabla 4.6.
Segundo punto de medición.

PUNTO DE MEDICIÓN 2				
MUESTRA	COLOR	ROJO	VERDE	AZUL
P1		772	933	955
P2		774	934	957
P3		774	936	958
P4		845	954	958
P5		842	953	959
P6		845	955	959
P7		852	943	956
P8		855	947	958
P9		837	946	952
P10		840	945	953

Tabla 4.7.
Tercer punto de medición.

PUNTO DE MEDICIÓN 3				
MUESTRA	COLOR	ROJO	VERDE	AZUL
P1		486	796	849
P2		493	800	854
P3		492	806	855
P4		619	847	858
P5		611	846	857
P6		617	850	859
P7		630	823	851
P8		637	831	856
P9		607	828	844
P10		611	829	846

Tabla 4.8.
Cuarto punto de medición.

PUNTO DE MEDICIÓN 4				
MUESTRA	COLOR	ROJO	VERDE	AZUL
P1		259	588	670
P2		263	593	676
P3		263	600	679
P4		376	668	685
P5		370	666	685
P6		376	671	686
P7		388	629	672
P8		396	641	682
P9		364	637	662
P10		369	639	664

Tabla 4.9.
Quinto punto de medición.

PUNTO DE MEDICIÓN 5				
MUESTRA	COLOR	ROJO	VERDE	AZUL
P1		183	480	567
P2		187	483	573
P3		188	495	578
P4		279	565	579
P5		276	564	585
P6		281	569	585
P7		291	521	572
P8		298	537	580
P9		271	532	556
P10		274	532	560

Tabla 4.10.
Sexto punto de medición.

PUNTO DE MEDICIÓN 6				
MUESTRA	COLOR	ROJO	VERDE	AZUL
P1		170	454	543
P2		175	464	553
P3		174	471	555
P4		263	541	560
P5		257	541	561
P6		261	545	559
P7		272	500	547
P8		278	513	556
P9		252	508	537
P10		256	509	535

Las mediciones de las tablas anteriores son las que se obtienen directamente de programa arduino, pero estas mediciones están dadas en una medición de 1023 como su máximo, con lo cual para un selector de color está dado por un máximo de 255, con lo que se tiene que hacer la conversión de 1023 a 255, dicha conversión se muestran en las tablas 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16.

Tabla 4.11.
Primer punto de medición convertido a 255.

PUNTO DE MEDICIÓN 1 CONVERTIDO A 255.				
MUESTRA	COLOR	ROJO	VERDE	AZUL
P1		46	17	13
P2		45	17	12
P3		45	16	12
P4		33	13	12
P5		34	13	12
P6		33	13	12
P7		32	15	13
P8		32	14	12
P9		34	15	13
P10		34	14	13

Tabla 4.12.
Segundo punto de medición convertido a 255.

PUNTO DE MEDICIÓN 2 CONVERTIDO A 255.				
MUESTRA	COLOR	ROJO	VERDE	AZUL
P1		63	23	17
P2		62	22	17
P3		62	22	16
P4		45	17	16
P5		45	18	16
P6		45	17	16
P7		43	20	17
P8		42	19	16
P9		47	19	17
P10		46	20	18

Tabla 4.13.
Tercer punto de medición convertido a 255.

PUNTO DE MEDICIÓN 3 CONVERTIDO A 255.				
MUESTRA	COLOR	ROJO	VERDE	AZUL
P1		134	57	43
P2		132	56	42
P3		132	54	42
P4		101	44	41
P5		103	44	41
P6		101	43	41
P7		98	50	43
P8		96	48	42
P9		104	49	45
P10		103	48	44

Tabla 4.14.
Cuarto punto de medición convertido a 255.

PUNTO DE MEDICIÓN 4 CONVERTIDO A 255.				
MUESTRA	COLOR	ROJO	VERDE	AZUL
P1		191	109	88
P2		190	108	87
P3		190	106	86
P4		162	89	85
P5		163	89	85
P6		162	88	85
P7		159	99	88
P8		157	96	86
P9		165	97	90
P10		164	96	90

Tabla 4.15.
Quinto punto de medición convertido a 255.

PUNTO DE MEDICIÓN 5 CONVERTIDO A 255.				
MUESTRA	COLOR	ROJO	VERDE	AZUL
P1		210	136	114
P2		209	135	113
P3		209	132	111
P4		186	115	111
P5		187	115	110
P6		186	114	110
P7		183	126	113
P8		181	122	111
P9		188	123	117
P10		187	123	116

Tabla 4.16.

Sexto punto de medición convertido a 255.

PUNTO DE MEDICIÓN 6 CONVERTIDO A 255.				
MUESTRA	COLOR	ROJO	VERDE	AZUL
P1		213	143	120
P2		212	140	118
P3		212	138	117
P4		190	121	116
P5		192	121	116
P6		191	120	116
P7		188	131	119
P8		186	128	117
P9		193	129	122
P10		192	129	122

Para el caso b, la tonalidad o bien tono como se abordó en el capítulo dos, es la diferencia que hay de un color a otro, es decir, la distinción de un color, con lo cual se abordó en este caso, y con una medición del caso anterior, dicha medición se muestra en la tabla 4.17, se consideró ese punto de medición por ser un punto central y tener una de las mejores resoluciones.

Tabla 4.17.

Punto de medición con mejor resolución.

PUNTO DE MEDICIÓN 3 CONVERTIDO A 255.				
MUESTRA	COLOR	ROJO	VERDE	AZUL
P1		134	57	43
P2		132	56	42
P3		132	54	42
P4		101	44	41
P5		103	44	41
P6		101	43	41
P7		98	50	43
P8		96	48	42
P9		104	49	45
P10		103	48	44

Para el caso c, teniendo en cuenta la luminancia, también conocida como brillo, se ve a partir de la reflexión de la luz con una superficie, por eso unos colores reflejan más luz, que son los colores claros, y otros reflejan menos luz, los colores oscuros.

Teniendo en consideración lo que es la luminancia, y como se vio en el capítulo anterior, en la ecuación dos de luminosidad o segunda ley de Grassmann, en la que dice que la suma de la luminosidad de los colores primarios rojo, verde y azul, será igual a la luminosidad de color deseado.

Con dicha ecuación dos y teniendo en el punto de medición tres por el cual se seleccionó por ser el que tiene la mejor resolución el sistema de medición de color para tintado de madera usando una placa arduino uno, se llevaron las mediciones de reflexión de luz y oscuridad que dan las pruebas de tintas de colores, dichas mediciones se ven en la tabla 4.18.

Tabla 4.18.
Medida de luz y oscuridad.

PUNTO DE MEDICIÓN 3			
MUESTRA	COLOR	BLANCO	NEGRO
P1		883	1022
P2		891	1022
P3		891	1022
P4		914	1023
P5		915	1021
P6		916	1021
P7		910	1022
P8		914	1022
P9		911	1022
P10		913	1021

Para el último caso, se hicieron tres mediciones del trozo de madera tintado, se tomó las mediciones en la parte azul como se muestra en la figura 4.1, en las mediciones se ve la cantidad de rojo, verde, azul, así como de blanco y negro, dichas mediciones se aprecian en la tabla 4.19.

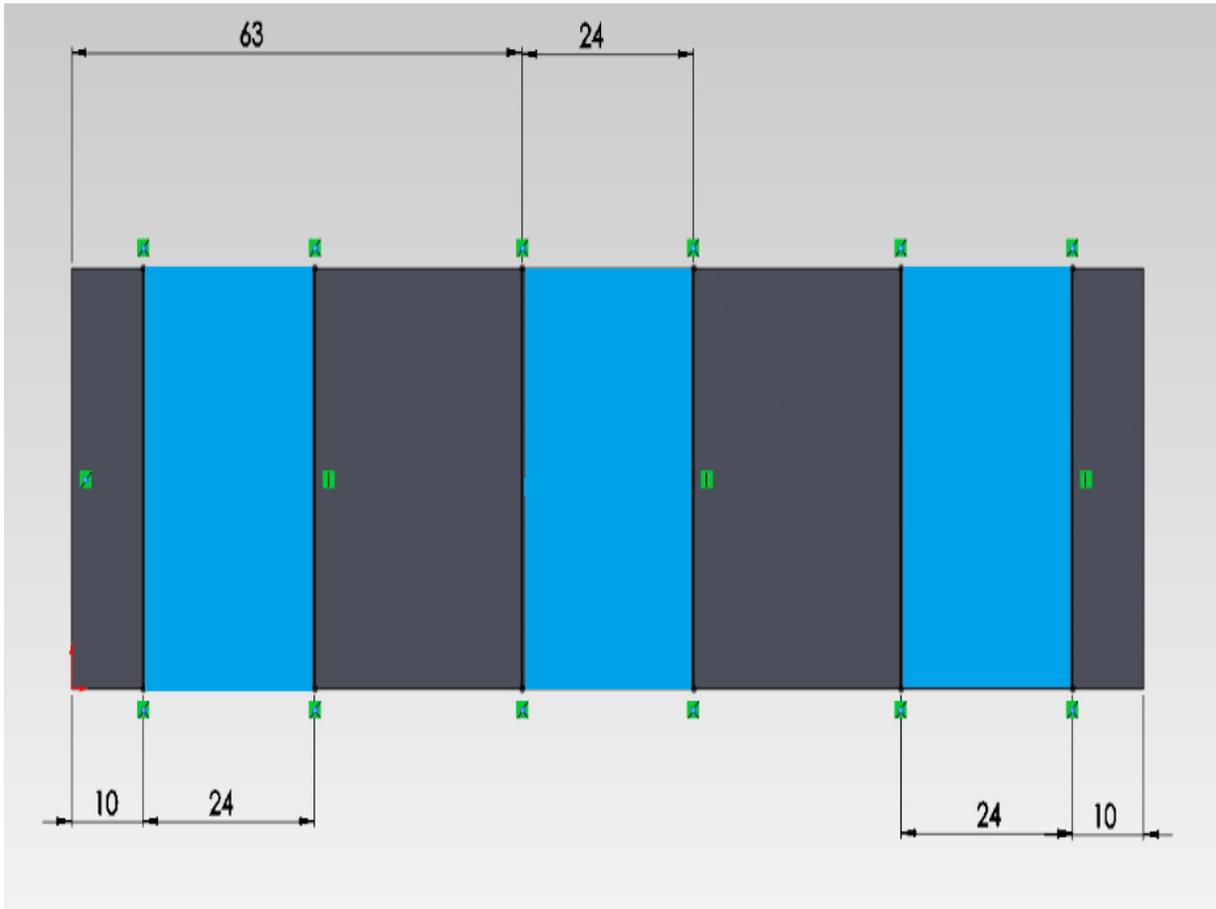


Figura 4.1. Sección de medición con acotaciones en milímetros.

Tabla 4.19.
Mediciones en madera tintada

PUNTO DE MEDICIÓN 3						
MUESTRA	COLOR	ROJO	VERDE	AZUL	BLANCO	NEGRO
CE1		250	543	640	353	1019
CE2		248	539	644	352	1019
CE3		250	532	646	351	1019
NO1		348	599	662	424	1020
NO2		359	610	667	418	1021
NO3		342	600	662	417	1020
CA1		338	615	660	426	1020
CA2		349	627	672	430	1020
CA3		346	629	669	430	1020
RO1		352	601	650	423	1021
RO2		364	611	659	428	1021
RO3		354	603	658	424	1020

4.4 RESULTADOS

De acuerdo a las mediciones obtenidas en los casos de estudio, se obtuvo lo siguiente:

En el primer caso, de acuerdo a las mediciones de las tablas que se convirtieron de 1023 a 255, y con la ayuda de un selector de color del programa word que se encuentra en la barra de inicio y tiene por nombre sombreado, se obtuvieron los colores que se muestran en las tablas 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25.

Tabla 4.20.

Primer punto de medición en el selector de color.

PUNTO DE MEDICIÓN 1 CONVERTIDO A 255.	
MUESTRA	COLOR
P1	
P2	
P3	
P4	
P5	
P6	
P7	
P8	
P9	
P10	

Tabla 4.21.

Segundo punto de medición en el selector de color.

PUNTO DE MEDICIÓN 2 CONVERTIDO A 255.	
MUESTRA	COLOR
P1	
P2	
P3	
P4	
P5	
P6	
P7	
P8	
P9	
P10	

Tabla 4.22.

Tercer punto de medición en el selector de color.

PUNTO DE MEDICIÓN 3 CONVERTIDO A 255.	
MUESTRA	COLOR
P1	
P2	
P3	
P4	
P5	
P6	
P7	
P8	
P9	
P10	

Tabla 4.23.

Cuarto punto de medición en el selector de color.

PUNTO DE MEDICIÓN 4 CONVERTIDO A 255.	
MUESTRA	COLOR
P1	
P2	
P3	
P4	
P5	
P6	
P7	
P8	
P9	
P10	

Tabla 4.24.

Quinto punto de medición en el selector de color.

PUNTO DE MEDICIÓN 5 CONVERTIDO A 255.	
MUESTRA	COLOR
P1	
P2	
P3	
P4	
P5	
P6	
P7	
P8	
P9	
P10	

Tabla 4.25.

Sexto punto de medición en el selector de color.

PUNTO DE MEDICIÓN 6 CONVERTIDO A 255.	
MUESTRA	COLOR
P1	
P2	
P3	
P4	
P5	
P6	
P7	
P8	
P9	
P10	

Otra forma que se realizó para verificar la resolución en el caso a, con las mismas mediciones de las tablas 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, se graficó la línea o pendiente que tiene cada punto de medición en el software llamado Matlab y la gráfica se muestra en la figura 4.2.

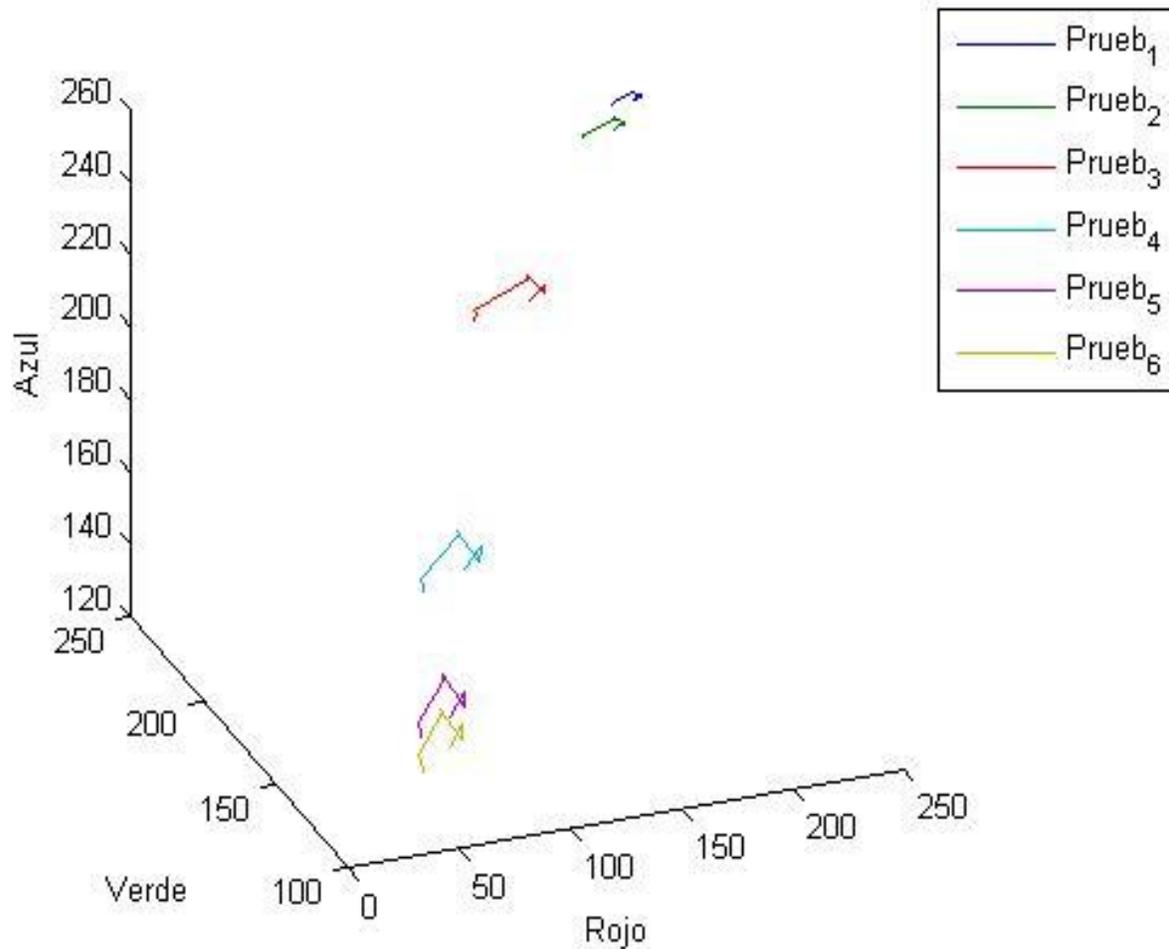


Figura 4.2. Línea que sigue cada punto de medición.

En el caso b, considerando que la mejor resolución del caso a, el cual es el punto de medición tres, y de acuerdo a las mediciones de la tabla 4.17, se graficó en tercera dimensión en el programa Matlab, dicha gráfica se muestra en la figura 4.2.

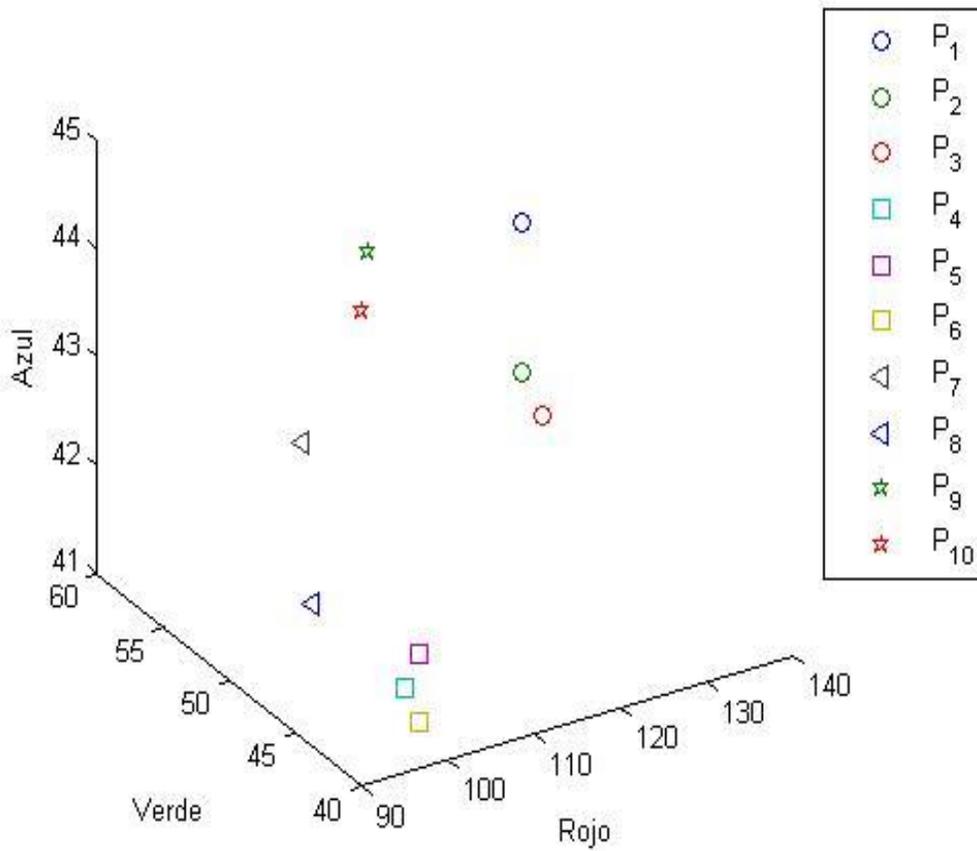


Figura 4.3. Gráfica en RGB de las pruebas en muestrario de papel.

En el tercer caso, se calculó la luminosidad que tiene cada muestra de acuerdo a una gráfica de barras, dicha gráfica se muestran en la figura 4.4.

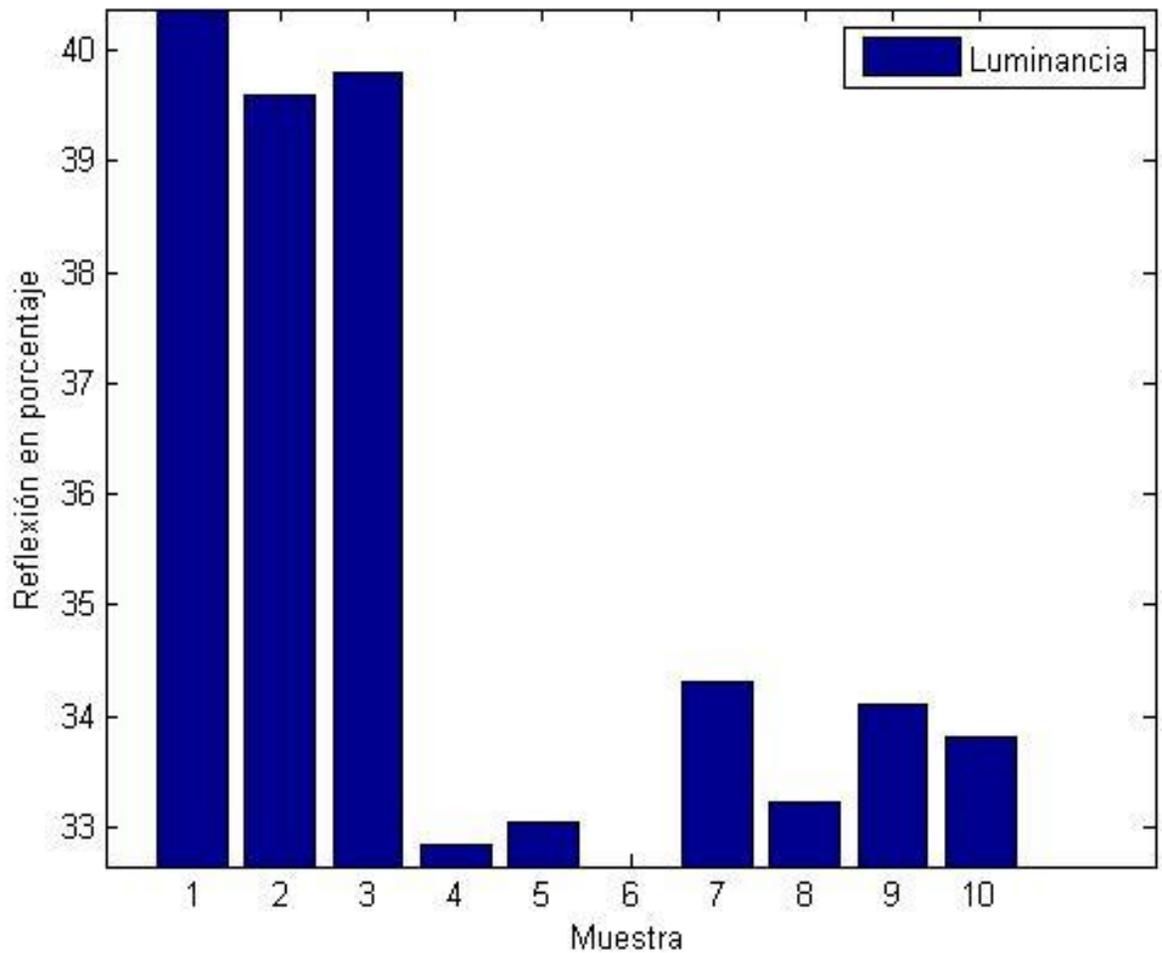


Figura 4.4. Luminancia de las pruebas en papel.

Para el último caso, se muestra la gráfica en tercera dimensión donde se observa que a cada prueba se realizó tres mediciones en tres lugares diferentes de la madera tintada, esta gráfica está en valores de 255 (ver figura 4.5).

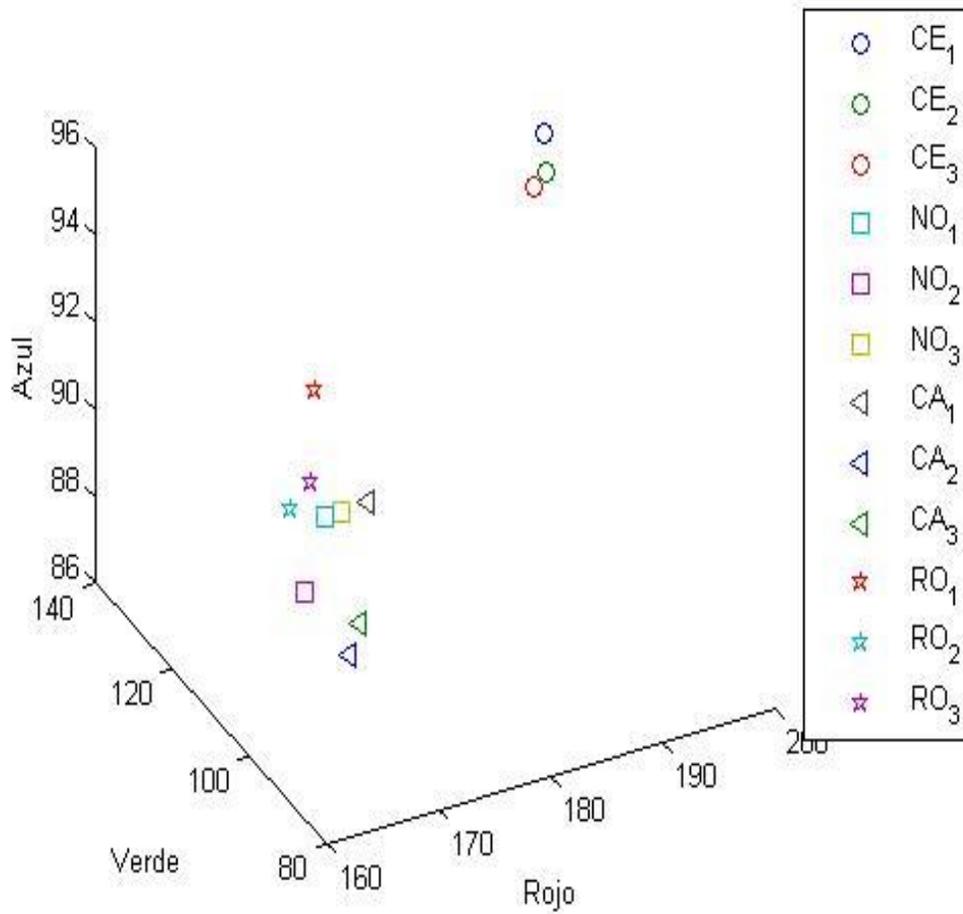


Figura 4.5. Gráfica en tercera dimensión de mediciones en madera.

En la gráfica de la figura 4.6, se muestra el grado de intensidad luminosa de las muestras en madera de la tabla 4.19.

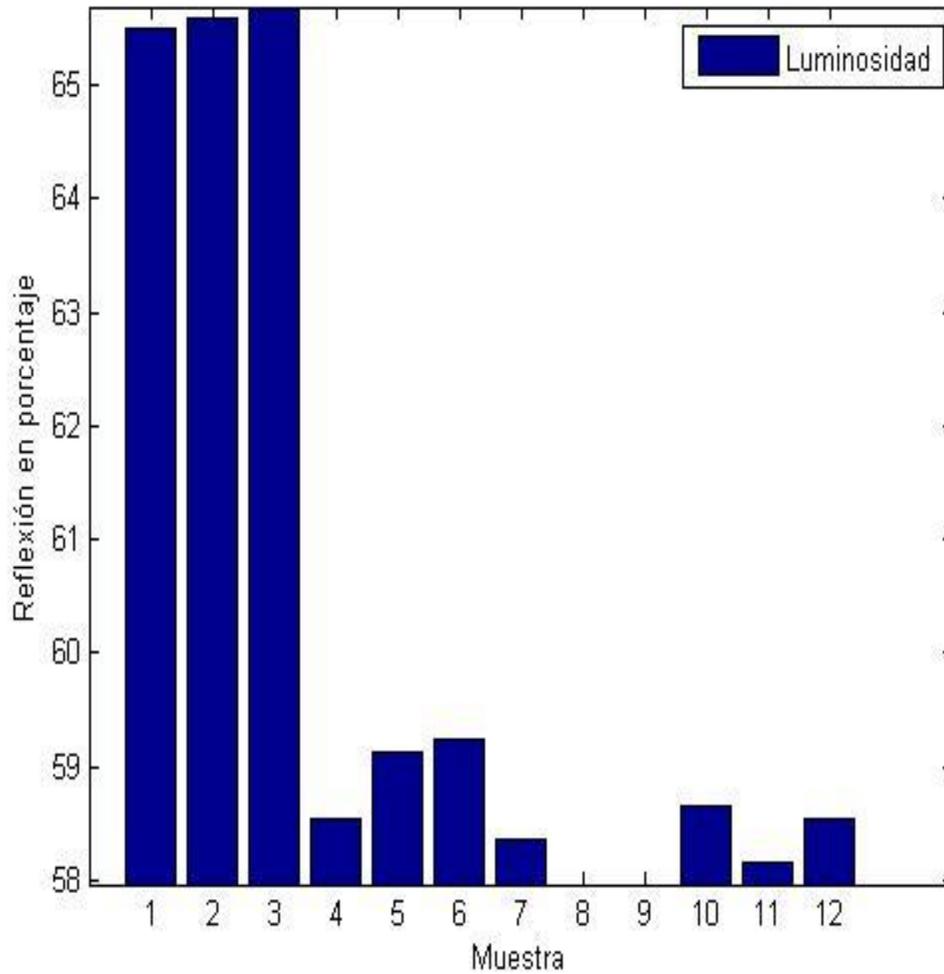


Figura 4.6. Gráfica de barras de luminosidad de mediciones en madera.

Para concluir se realizó una comparación de dos colores de tintas en gráficas en tercera dimensión (rojo, verde y azul), el comparativo es del color de tinta cedro y nogal clásico, dichos comparativos se observan en las figuras 4.7 y 4.8.

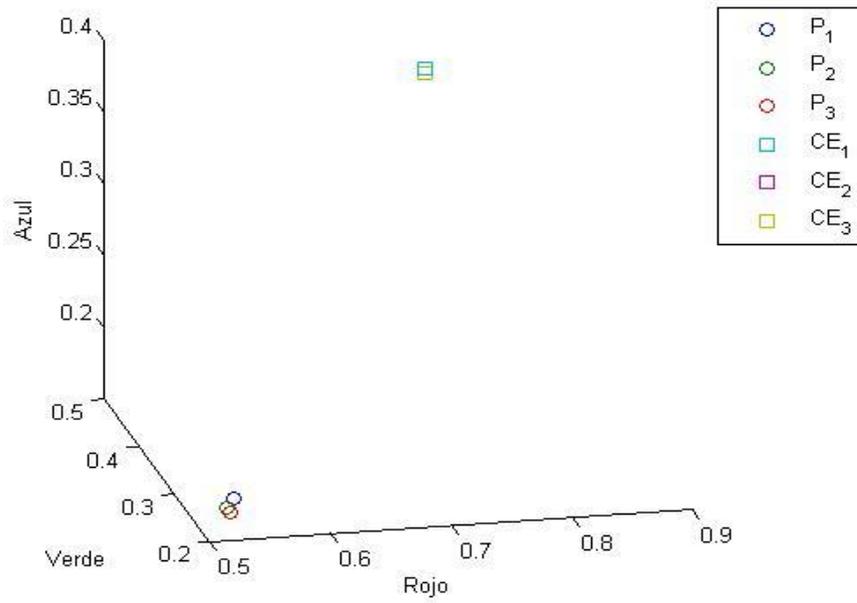


Figura 4.7. Comparativo del tono cedro.

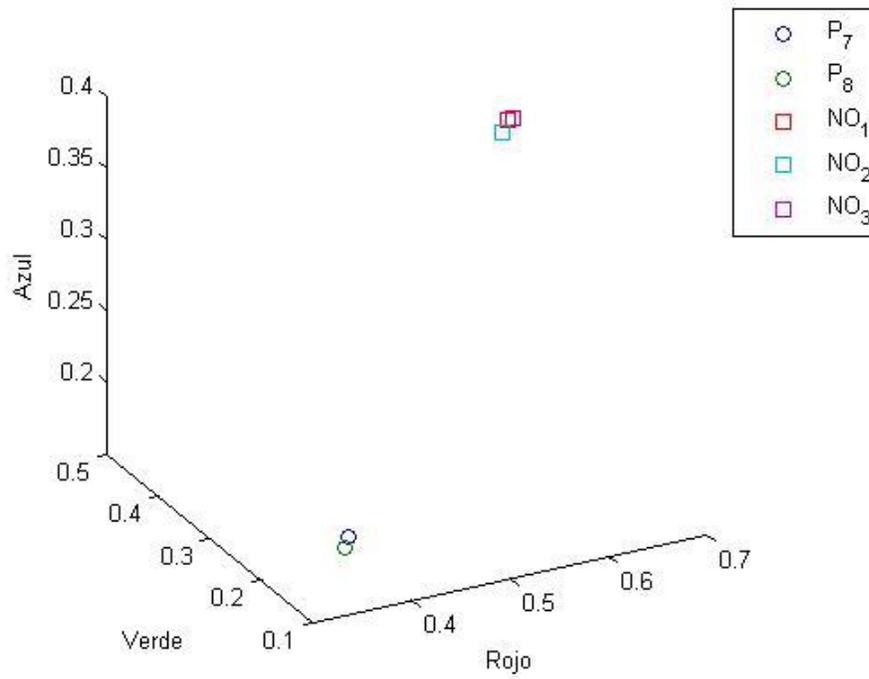


Figura 4.8. Comparativo del tono nogal clásico.

4.5 CONCLUSIONES

Conforme al caso a, se tiene como conclusión que al ir cambiando de posición el potenciómetro como se ve en el primer punto de la tabla 4.20, donde las pruebas se ven muy oscuras o bien en este punto el led blanco da poca luz, pero bien en el punto seis cuya tabla corresponde a la 4.25, aquí se observa que tiene demasiado reflejo de luz blanca, por lo que los colores son muy claros, por eso el punto donde tiene la mejor semejanza con las muestras de papel es la numero tres, dicho punto es el de mejor resolución y por lo tanto el de mejor reflexión de luz.

En la figura 4.2, se aprecia que la línea de cada punto de medición es similar, por lo que en cada una cuenta con mediciones muy parecidas, pero su diferencia como se mencionó anteriormente es la reflexión de luz emitida por el led blanco.

En la figura 4.3, se llega a la conclusión que las pruebas del mismo tono son las que se encuentran más cerca, pero existe variación en los tonos que son iguales por ser una muestra pintada de un envase de tinta y otra muestra del mismo color de tinta pero diferente envase, para la vista del ser humano es difícil de distinguir con ayuda del sistema de medición de color para tintado de madera usando una placa arduino uno, se pudo distinguir esa característica de color de un envase de tinta a otro.

La luminosidad que tiene cada prueba de papel se representa en un porcentaje de luz reflejada (ver figura 4.4), donde se observa e identifican fácilmente los colores, con lo que con el sistema de medición de color para tintado de madera usando una placa arduino uno puede identificar el color de tinta que se tiene en una muestra con la luz que refleja la superficie.

En el último caso se muestran dos figuras, donde en la figura 4.5, se observa que la medición en una madera en diferente sección de la misma tiene una mínima variación, y en esta misma figura no se logra distinguir bien que color de tinta pertenece a cada tinta, por lo cual se realizó una gráfica de luminancia (figura 4.6), en la que se aprecia mejor la distinción de cada color por la cantidad de reflexión de luz que tiene cada color de tinta.

Para finalizar, en las figuras donde se hacen el comparativo de medición de color en muestrario de papel con respecto a las mediciones en madera (figura 4.7 y 4.8) se tiene que el papel absorbe más luz que la madera, por lo que se parte también de tener una superficie blanca antes de tintar en el caso del papel y una superficie café en la madera, por lo que se tiene que no es conveniente realizar muestrarios de tintas en papel ya que no hay semejanza con la realidad como lo demuestra el dispositivo.



CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

5.1 CONCLUSIONES

El trabajo realizado tiene la finalidad de obtener un sistema de medición de color, se usaron los cartones tipo muestrarios debido a que resulta ser práctico y para comparar los resultados se usó la madera de tipo pino la cual es de las más empleadas para la elaboración de muebles.

Para desarrollar el dispositivo se utilizó el microcontrolador de Arduino obteniendo resultados coherentes con objetivos planteados, tal como se muestra en el capítulo cuatro donde se abordan tres casos con muestrarios y un caso en madera.

Los datos obtenidos en el muestrario y en la madera no arrojaron diferencias significativas con respecto a los valores RGB, mientras en la luminosidad si existe un mayor valor luminoso en la madera, haciendo que el muestrario se aleje de la realidad de tono en cuanto a su reflejo.

El dispositivo tiene claras ventajas económicas con respecto a los colorímetros comerciales sin demeritar las mediciones y, pude hacer que la tecnología se encuentre al alcance del pequeño productor.

5.2 TRABAJOS FUTUROS

En trabajos futuros se pretende hacer que el sistema sea portátil, de baterías recargables y con conexión vía bluetooth hacia un ordenador.

Otro trabajo futuro es personalizar los tintes para homogenizar diferentes partes del mueble y que estos puedan ser armados al final del proceso, ahorrando tiempo y haciendo más competitiva a la empresa.

Finalmente se puede reestructurar el código para que identifique diferentes bases de colores como podría ser: bases rojizas, cafés, azules, etc., mejorando la resolución y confiabilidad del sistema.

REFERENCIAS

- [1] Ildefonso Grande Esteban, “Conducta real del consumidor y marketing efectivo”, impreso en España, editorial ESIC, 476 páginas, ISBN 84-7356-469-3, 2006.
- [2] José M. Artigas, “Fundamentos de la colorimetría”, editorial universitat de valencia, 232 páginas, ISBN 84-370-5420-6, 2002.
- [3] Lope Molina Gómez, “El fundamento del ser”, editorial libros en red, 468 páginas, ISBN 1597540714, 2005.
- [4] José M. Artigas, Pascual Capilla, Jaume Pujol, “Tecnología del color”, impresion Saragossa, editorial Maite Simon, 401 páginas, ISBN 84-370-5436-2, 2002.
- [5] “Colorímetro Modelo TES-CL135”. Recuperado de:
<http://www.tecnometrica.com.mx/Colorimetro.html>
- [6] “Colorímetro CR-5”. Recuperado de:
<https://aqinstruments.wordpress.com/2015/06/15/consejos-para-medir-el-color-de-los-helados-colorimetria-industrial-con-konica-minolta/>
- [7] “Colorímetro CR-400”. Recuperado de: <http://www.konicaminolta.eu/en/measuring-instruments/products/colour-measurement/chroma-meters/cr-400-410/introduction.html>
- [8] “El color: Valores inherentes y simbólicos”, 21 páginas,
<http://www.gczarrias.com/ALUMNOS/archivos/disenio/TEMA%205-%20EL%20COLOR.pdf>
- [9] “Breve historia de la colorimetría”, 17 páginas,
www.paginaspersonales.unam.mx/files/472/COLORIMETRIA_NEWTON_GRASSMANN.pdf
- [10] Anibal de los Santos, “La teoría del color”, Grupo IDAT, 11 páginas,
<https://adelossantos.files.wordpress.com/2010/teoria-del-color.pdf>
- [11] “Historia. Atlas de colores”, 18 páginas,
http://www.unirioja.es/cu/fede/color_de_vino/capitulo01.pdf
- [12] Paul Zelanski, Mary Pat Fisher, “Color”; ediciones AKAL, 176 páginas, ISBN 84-89840-21-0, 2001.

- [13] “Medición de color”, 12 páginas, <http://www.metas.com.mx/guiamet/la-guia-metas-09-07-medicion-de-color.pdf>
- [14] M. Hornilla Flores, “Clasificación de tela por tonalidad en su proceso final de fabricación usando un sistema autónomo de selección de color”, 81 páginas, Junio 2016.
- [15] Alexandre Hermida Mondelo, Inmaculada Iglesias Fernández, “Gestión auxiliar de reproducción de soporte convencional o informático”, Editorial ideas propias, 202 páginas, ISBN 978-84-9839-481-8, 2014.
- [16] Max Lüscher, “Test de los colores de Lüscher para el análisis de la personalidad y la solución de conflictos”, editorial Apóstrofe, 167 páginas, ISBN 844550262X, 2005.
- [17] Eduardo Llana Gómez, “Pinturas y barnices”, 43 páginas, ISBN 84-369-3312-5, 1999.
- [18] Jordi Calvo Carbonell, “Pinturas y barnices: Tecnología básica”, editorial Díaz de Santos, 435 páginas, ISBN 978-84-9969-879-3, 2014.
- [19] Juan Miguel Pascual Cortés, “Instalación de revestimientos de paredes, techos, armarios y similares de madera”, editorial ic, 216 páginas, ISBN 978-84-15670-60-5, 2011.
- [20] German S. Heiss, “Carpintería: mesas y sillas”, impreso en Argentina, editorial Grupo Imaginador, 63 páginas, ISBN 950-768-538-3, 2006.
- [21] “Catálogo de tintas”, recuperado de:
http://www.gruposayer.com/productos/barnices_para_madera
- [22] Juan Carlos Sanz Rodríguez y Rosa Gallego García, “Diccionario akal del color”, Ediciones akal, 1042 páginas, ISBN 84-460-1083-6, 2001.
- [23] Antonio Valero Muñoz, “Principios de color y holopintura”, Editorial Club Universo, 418 páginas, ISBN 978-84-15787-08-2, 2013.
- [24] José M. Artigas, Pascual Capilla, Jaume Pujol, “Tecnología de color”, Editorial Maite Simon, ISBN 978-84-370-9379-6, 2002.
- [25] José Ignacio Ruiz Olabuena, “Metodología de la investigación cualitativa”, Editorial Deusto, 344 páginas, ISBN 978-84-9830-673-6, 2012.
- [26] Rossana Barragán, Ton Salman, Virginia Ayllón, Javier Sanjinés, “Guía para la formulación y ejecución de proyectos de investigación”, Editorial PIEB, 292 páginas, ISBN 99905-68-55-3, 2001.

- [27] Jesús Ruiz Martínez, “Física y Química”, Editorial Mad, ISBN 84-665-0939-9, 2003.
- [28] Guillermo Monrós, J. Antonio Bandenes, Araceli García, M. Ángeles Tena, “El color de la cerámica: nuevos mecanismos en pigmentos para los nuevos procesos de la industria cerámica”, Editorial Universitat Jaume, 187 páginas, ISBN 84-8021-449-X, 2003.
- [29] Víctor Manuel González Cabrera, “Física Fundamental”, Editorial progreso, 415 páginas, ISBN 970-641-097-X, 2004.