



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DESARROLLO DE UN ADECUADO CONTROL DEL COLOR EN LA IMPRESIÓN,
COMO CONTROL INDUSTRIAL, EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE
IMPRESOS LITOGRAFICOS OFFSET EN PLIEGOS DE PAPEL**

Douglas Estuardo Baldizón Pernillo

Asesorado por el Ing. René Arturo Villegas Fortuny

Guatemala, noviembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE UN ADECUADO CONTROL DEL COLOR EN LA IMPRESIÓN,
COMO CONTROL INDUSTRIAL, EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE
IMPRESOS LITOGRÁFICOS OFFSET EN PLIEGOS DE PAPEL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DOUGLAS ESTUARDO BALDIZÓN PERNILLO
ASESORADO POR EL ING. RENÉ ARTURO VILLEGAS FORTUNY

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Julio González Podszueck
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Asturias
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas
EXAMINADORA	Inga. Ileana Palma de Pierri
SECRETARIO	Ing. Francisco González López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DESARROLLO DE UN ADECUADO CONTROL DEL COLOR EN LA IMPRESIÓN, COMO CONTROL INDUSTRIAL, EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE IMPRESOS LITOGRAFICOS OFFSET EN PLIEGOS DE PAPEL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 21 de mayo de 2010.

Douglas Estuardo Baldizón Pernillo

Guatemala, 10 de abril de 2012

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Ingeniero Urquizú

Me complace saludarle, haciendo referencia al trabajo de graduación titulado "DESARROLLO DE UN ADECUADO CONTROL DE COLOR EN LA IMPRESIÓN, COMO CONTROL INDUSTRIAL, EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE IMPRESOS LITOGRAFICOS OFFSET EN PLIEGOS DE PAPEL", desarrollado por el estudiante universitario Douglas Estuardo Baldizón Pernillo, quién se identifica con el número de carné 8612664, que como asesor apruebo el contenido del mismo.

Para su consideración y efectos correspondientes, sin otro particular, me suscribo de usted con las muestras de mi consideración.

Atentamente,



Ing. René Arturo Villegas Fortuny
Asesor
Colegiado 6548

RENÉ ARTURO VILLEGAS FORTUNY
Ingeniero Industrial
Colegiado Numero 6548



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DESARROLLO DE UN ADECUADO CONTROL DEL COLOR EN LA IMPRESIÓN, COMO CONTROL INDUSTRIAL, EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE IMPRESOS LITOGRAFICOS OFFSET EN PLIEGOS DE PAPEL**, presentado por el estudiante universitario **Douglas Estuardo Baldizón Pernillo**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Aldo Estuardo García Morales
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Ing. Aldo Estuardo García Morales
Colegiado No. 2025

Guatemala, julio de 2012.

/mgp



REF.DIR.EMI.208.015

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de **DESARROLLO DE UN ADECUADO CONTROL DEL COLOR EN LA IMPRESIÓN, COMO CONTROL INDUSTRIAL, EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE IMPRESOS LITOGRAFICOS OFFSET EN PLIEGOS DE PAPEL**, presentado por el estudiante universitario **Douglas Estuardo Baldizón Pernillo**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2015.

/mgp



DTG. 627.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DESARROLLO DE UN ADECUADO CONTROL DEL COLOR EN LA IMPRESIÓN, COMO CONTROL INDUSTRIAL, EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE IMPRESOS LITROGRÁFICOS OFFSET EN PLIEGOS DE PAPEL**, presentado por el estudiante universitario: **Douglas Estuardo Baldizón Pernillo**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, noviembre de 2015

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por haberme dado una vida llena de bendiciones y darme la oportunidad de alcanzar esta nueva meta.
- Mi padre** Douglas Rolando Baldizón Navarro, padre ejemplar, mi modelo a seguir, gracias por haberme dado el privilegio de ser tu hijo.
- Mi madre (Q.E.P.D.)** Eva Pernillo de Baldizón, por ser la persona que me enseñó a luchar por las cosas que yo quería, y a no dejarme vencer en los momentos difíciles, gracias por todas tus enseñanzas y por todo tu amor.
- Mis hermanos** Eva Cristina, Milton Rolando y Diana Karina Baldizón Pernillo, por ese gran amor fraternal, que me hace sentir la satisfacción que sentimos mutuamente al vernos realizar nuestros metas.
- Mi esposa** Ligia Arabella Palma Estrada, mi esposa amada, compañera fiel de tantos momentos buenos y malos, pilar de mi vida, gracias por ayudarme a realizar este sueño.

Mis hijos

Gerardo José, Nadia Abigail y Tatiana María Baldizón Palma, mis amados hijos, las personas que iluminan mi vida y por las cuales lucho y me esfuerzo cada día.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Mi alma máter, por darme la oportunidad de ser un profesional.
Facultad de Ingeniería	Por darme la formación necesaria para ser una mejor persona, desarrollándome como profesional de la ingeniería.
Ing. René Arturo Villegas Fortuny	Por todo su tiempo, paciencia y su valiosa colaboración en el presente trabajo de graduación.
Lic. Juan Carlos Pellecer Monterroso	Muy especialmente, porque sin su apoyo y colaboración no hubiera sido posible la culminación de este trabajo, me quedo eternamente agradecido.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. ¿Qué es la impresión litográfica <i>offset</i> ?	1
1.2. ¿Qué es el color?	5
1.3. Modelos de color	22
1.4. Control del color en la impresión <i>offset</i>	44
2. PARÁMETROS A EVALUAR PARA EL CONTROL DEL COLOR EN LA IMPRESIÓN.....	45
2.1. Parámetros relacionados con la transferencia de imagen en la impresión	45
2.1.1. Densidad	45
2.1.2. Área de punto	46
2.1.3. Ganancia de punto	46
2.1.4. Contraste	49
2.1.5. Error cromático y grisado.....	50
2.1.6. Atrape	51

2.1.7.	Dónde y cómo realizar las mediciones de los parámetros relacionados con la transferencia de imagen en la impresión	53
2.2.	Parámetros relacionados con el control de la tinta en la impresión.....	54
2.2.1.	Solución de fuente.....	54
2.2.2.	Componente adicional para la solución de fuente...	56
3.	SITUACIÓN ACTUAL	57
3.1.	Reseña histórica de control del color en impresión	57
3.2.	Criterios de comparación para el control color en impresión...	58
3.3.	Criterios de iluminación	59
3.4.	Problemas derivados por no tener un adecuado control del color en la impresión	59
3.4.1.	Pérdida de tiempo en la producción	59
3.4.2.	Inconsistencia en la producción	60
3.4.3.	Insatisfacción del cliente.....	60
4.	PROPUESTA.....	61
4.1.	Técnicas de medición del color utilizando parámetros densitométricos	61
4.1.1.	Espesor de la capa de tinta	61
4.1.2.	Enjuiciamiento visual	62
4.1.3.	Densidad	63
4.2.	Densitómetros	63
4.2.1.	Principios de medición de un densitómetro	63
4.2.2.	Filtros de polarización	64
4.2.3.	Filtros de polarización en la trayectoria de los rayos	65

4.2.4.	La trayectoria de los rayos luminosos en un densitómetro	66
4.3.	La densidad de color como magnitud de medición.....	66
4.3.1.	Valores logarítmicos	67
4.3.2.	Valores de medición relativos	68
4.3.3.	Puesta a cero a la blancura del papel.....	68
4.3.4.	Densidad de tono lleno DV	68
4.4.	Relaciones entre el espesor de la capa de tinta y la densidad de color	69
4.5.	Técnica de perfilación de color	69
4.5.1.	Perfiles ICC.....	70
4.5.2.	El sentido de los perfiles de color	71
4.5.3.	Perfilar el dispositivo de impresión	72
4.5.4.	Creación de los perfiles de color de impresión	73
4.5.4.1.	Preparación	73
4.5.4.2.	Impresión de la carta de caracterización.....	73
4.5.4.3.	Caracterización de la máquina	74
4.5.4.4.	Creación del perfil.....	75
4.5.5.	Elección del programa para realizar el perfil.....	75
4.5.6.	¿Qué es una prueba de color?	76
4.5.7.	¿Cómo se hace una prueba de color?.....	76
4.5.7.1.	Realizar una prueba de color física (<i>hard proof</i>) en una impresora CMY(K).....	76
4.5.7.2.	Realizar una prueba de color (<i>soft proof</i>) en el monitor RGB.....	77

4.5.7.3.	Elección de una prueba objetivo para la prueba de color de la impresión final.....	77
5.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA Y SEGUIMIENTO	79
5.1.	¿Cómo realizar la técnica de medición de color utilizando densitometría?	79
5.1.1.	Densidad	79
5.1.2.	Ganancia de punto	80
5.1.3.	Contraste de impresión	82
5.1.4.	Error cromático o grisado	83
5.1.5.	Atrape.....	85
5.1.6.	El delta E (ΔE).....	86
5.2.	¿Cómo utilizar la técnica de perfilación de color de impresión?.....	87
5.3.	¿Cómo utilizar ambas técnicas para obtener los mejores resultados en el control del color en la impresión?	88
5.4.	Seguridad en la medición.....	89
5.5.	Mejoramiento en la ejecución de la inspección	89
5.6.	Hojas de control	89
5.7.	Generación de estadísticas y gráficos de control	90
5.8.	Evaluaciones periódicas.....	91
5.9.	Visitas y encuestas.....	92
5.10.	Consideraciones a la productividad.....	92
5.10.1.	Mejora en la eficiencia de la producción	92
5.10.2.	Optimización del desperdicio.....	93
5.10.3.	Mejora en la calidad del producto impreso	93

6.	MEDIO AMBIENTE	95
6.1.	Contaminación provocada por los residuos de tintas y químicos utilizados en la producción de impresos litográficos <i>offset</i>	95
6.2.	Medidas de mitigación para no contaminar el medio ambiente con los residuos de materiales utilizados en la producción de impresos litográficos <i>offset</i>	96
	CONCLUSIONES	99
	RECOMENDACIONES	101
	BIBLIOGRAFÍA	103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de la impresión litográfica <i>offset</i>	3
2.	Mantilla para impresión litográfica <i>offset</i>	4
3.	Placa o plancha para impresión litográfica <i>offset</i>	5
4.	Espectro electromagnético.....	6
5.	Los componentes del color	7
6.	Prisma de color	7
7.	Los receptores del cerebro.....	9
8.	El espectro luminoso	10
9.	El espectro luminoso del matiz.....	11
10.	La absorción, reflexión y dispersión de la luz.....	12
11.	Síntesis aditiva	14
12.	Síntesis sustractiva	16
13.	Círculo cromático	19
14.	Teoría del color RGB.....	20
15.	Teoría del color CMY(K).....	21
16.	RGB <i>versus</i> CMYK.....	23
17.	Síntesis RGB y CMYK.....	25
18.	Diferentes Gamut para diferentes dispositivos.....	28
19.	Modelo de color Munsell	29
20.	Modelo HLS (a)	33
21.	Modelo HLS (b)	34
22.	Esfera de color CIELAB	43
23.	Midiendo densidad	46

24.	Diferentes tiras de control	53
25.	Medición de una tira de control	54
26.	Mediciones con densitómetro	69
27.	Carta de caracterización	74
28.	Midiendo densidad	80
29.	Valores de densidad	80
30.	Midiendo punto	81
31.	Valores de ganancia de punto	81
32.	Midiendo contraste	82
33.	Valores de contraste y relación contraste densidad	83
34.	Midiendo error cromático o grisado	84
35.	Valores de grisado	84
36.	Midiendo atrape	85
37.	Representación del atrape	85
38.	Valores de atrape	86
39.	Midiendo ΔE (delta E) Lab	87
40.	Gráfico comparativo del delta E y la densidad	91

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
CMY(K)	Colores <i>cyan</i> , magenta, <i>yellow</i> (amarillo) y <i>key</i> (negro)
RGB	Colores <i>red</i> (rojo), <i>green</i> (verde) y <i>blue</i> (azul).
D	Densidad
DV	Densidad del tono lleno
ΔE	Diferencia de color
pH	Grado de acidez o alcalinidad
β	Grado de reflexión
μm	Micra
μs	Micro Siemens
nm	Nanómetro (1nm = 0,000001 mm)

GLOSARIO

Anodizado	Técnica utilizada para modificar la superficie de un material. Se conoce como anodizado a la capa de protección artificial que se genera sobre el aluminio mediante el óxido protector del aluminio, conocido como alúmina. Esta capa se consigue por medio de procedimientos electroquímicos, de manera que se consigue una mayor resistencia y durabilidad del aluminio.
Córtex	Manto de tejido nervioso que cubre la superficie de los hemisferios cerebrales.
Cromática(o)	Relativo a color.
Diencéfalo	Parte del encéfalo situada entre el telencéfalo y el mesencéfalo (cerebro medio).
Encéfalo	Parte superior y de mayor masa del sistema nervioso.
Estucado	Los papeles estucados son los que en su fabricación han recibido una capa externa de un compuesto inorgánico para mejorar su acabado, dándole mayor suavidad y blancura. Su textura y terminación pueden ser brillante, satinada o mate. Su principal

ventaja es que su acabado liso y menos absorbente que el de los papeles no estucados, permite mejor definición de los detalles y un rango cromático más amplio. Además los acabados estucados suelen proteger los papeles y las imágenes de las radiaciones ultravioleta y proporcionarle mayor resistencia al desgaste. El estucado se suele realizar con compuestos derivados del Caolín (como la caolinita) y del yeso. También se conoce por el galicismo de papel cuché

Flexografía

Técnica de impresión en relieve, puesto que en las zonas impresas de la forma están realizadas respecto de las zonas no impresas. La plancha llamada cliché o placa, es generalmente de fotopolímero (anteriormente era de hule vulcanizado), que por ser un material muy flexible es capaz de adaptarse a una variedad de sustratos de impresión muy variados. La flexografía es el sistema de impresión característico, por ejemplo, del cartón ondulado, y de los sustratos plásticos. Utiliza tintas líquidas caracterizadas por su gran rapidez de secado. Esta gran velocidad de secado es la que permite imprimir volúmenes altos a bajos costos. Para sustratos poco absorbentes es necesario utilizar secadores utilizados en la propia impresora.

Las impresoras son rotativas y la principal diferencia entre estas y los demás sistemas de impresión es el modo en que el cliché recibe la tinta. Generalmente un rodillo giratorio de caucho recoge la tinta y la transfiere por contacto a otro cilindro llamado anilox. El anilox por medio de unos alveolos o huecos de tamaño microscópico formados generalmente por abrasión de un rayo laser en un rodillo de cerámica y con cubierta de cromo, transfiere una ligera capa de tinta regular y uniforme a la forma impresora, grabado o cliché. Posteriormente el cliché transferirá la tinta al sustrato a imprimir. La cantidad de tintas que pueden ser utilizadas va desde una hasta diez, incluyendo distintos tipos de acabados como barnices (de máquina, alto brillo o ultravioleta), laminación plástica y estampado de película.

Fotópica

La visión fotópica es la percepción visual que se produce con niveles de iluminación diurnos (a plena luz del día). Esta visión posibilita la correcta interpretación del color por el ojo.

Fotopigmento

Pigmento que absorbe las radiaciones luminosas. Existen tres tipos de conos, rojos, verdes y azules. Cada uno de ellos posee un fotopigmento con una curva característica de absorción respecto de la longitud de onda que les llegue.

Fotorreceptores

Mecanismo capaz de convertir la energía óptica de la luz que incide sobre una superficie sensora en energía eléctrica, mediante un proceso que se denomina transducción. Los dos tipos de fotorreceptores de la retina son los conos y los bastones. Los conos son mucho menos sensibles a la luz, que los bastones, por lo que solo se activan cuando los niveles de iluminación son suficientemente elevados.

Gamut

El gamut de un dispositivo es la gama de colores que es capaz de reproducir. El gamut de un monitor de rayos catódicos típico es un triángulo que viene a ocupar el 50 % de un diagrama de cromaticidad CIE. Los gamuts de aparatos de mezcla de color substractiva como las impresoras no quedan tan nítidamente definidos, y esto es porque hay colores que se pueden mostrar en el monitor, pero que no se pueden imprimir, así también, hay colores que se pueden imprimir, pero que no se pueden mostrar en un monitor.

Geniculados

Son dos cuerpos, lateral y medial, ambos se sitúan apoyados sobre el núcleo pulvinar talámico, el cuerpo geniculado (o núcleo) lateral es la estación de relevo en el tálamo de las vías nerviosas que transmiten información visual, el otro transmite información auditiva.

Impresión digital

La idea básica en la impresión digital es que la imagen se crea directamente a partir de la información digital almacenada en un ordenador. Esta información digital puede haber sido creada por distintos paquetes de software. En un sistema de impresión digital, a diferencia de los métodos más tradicionales de impresión, no hay etapas intermedias entre la creación de la imagen y su impresión final. Es un método ideal para tirajes cortos, que requieran de gran calidad y un breve plazo de entrega. En este tipo de impresión existen grandes posibilidades de personalización. Ejemplos de este tipo de impresión son las impresoras láser y de inyección de tinta.

Litografía

De los términos griegos lithos = piedra y graphe = gráfico. Procedimiento de impresión creado en 1796, se basa en el desvío recíproco entre sustancias hidrofóbicas e hidrofílicas, es decir, que el agua rechaza o acepta las tintas grasas; las zonas que imprimen y las que no imprimen se encuentran en el mismo nivel y la transferencia al papel se hace por medio de una piedra; por lo general caliza grabada.

Misible

Propiedad de algunos líquidos para mezclarse en cualquier proporción, formando una mezcla.

Offset

Método de reproducción de documentos e imágenes sobre papel o materiales similares, que consiste en

aplicar una tinta grasosa sobre una placa metálica compuesta, generalmente de una aleación de aluminio.

Proyección de Mercator

Es un tipo de proyección cartográfica cilíndrica, ideada por Gerardus Mercator en 1569, para elaborar planos terrestres. Es muy utilizada en planos de navegación por la facilidad de trazar rutas de rumbo constante o loxodrómicas.

Rotograbado

También llamado huecograbado, es una técnica de impresión en la cual las imágenes son transferidas al papel a partir de una superficie cuyas depresiones contienen tinta, a diferencia del grabado tipográfico, en el que la impresión se realiza a partir de una superficie plana cuyas líneas entintadas están en relieve. Este sistema de impresión tiene aplicaciones específicas, y ha perdido terreno en algunas áreas de aplicación a manos del *offset* y la flexografía. Usado habitualmente en la impresión de calidad de embalaje flexible y de edición, tiene como particularidad que la impresión es una forma en bajo relieve.

Swatches

Son parches de color en los que se determina una gama específica para cada uno de estos.

Tálamo

Estructura neuronal ubicada entre el diencefalo y el córtex en los vertebrados, los estímulos sensoriales, a excepción del olfato, pasan por el tálamo.

Trazabilidad

La propiedad del resultado de una medida o del valor de un estándar donde este pueda estar relacionado con referencias especificadas, usualmente estándares nacionales o internacionales, a través de una cadena continua de comparaciones todas con incertidumbres especificadas. Conjunto de aquellos procedimientos preestablecidos y autosuficientes que permiten conocer el histórico, la ubicación y la trayectoria de un producto o lote de productos a lo largo de la cadena de suministros en un momento dado, a través de unas herramientas determinadas.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo sentar las bases teóricas y prácticas para establecer un control del color en la producción industrial de impresos por medio del sistema litográfico *offset*. En este sentido se revisarán los principios del sistema de impresión litográfico *offset*, los principios de la teoría del color, los distintos modelos de color y su evolución.

Seguidamente se examinarán los parámetros a evaluar para el control del color en la impresión, los cuales son factores determinantes en los resultados que se buscan. Se repasará también la situación actual general en las imprentas de Guatemala y luego se estudiarán las técnicas de medición del color utilizando densitometría y la perfilación del color, utilizando medidas densitométricas y el uso de ambas técnicas para lograr el adecuado control de color en la impresión.

Por último se analizará la implementación de la propuesta para establecer el control del color en la impresión y se repasarán unas pequeñas consideraciones al medio ambiente.

OBJETIVOS

General

Conocer, aprender, desarrollar, implantar, por medio de conocimientos teóricos y el detalle de algunas técnicas prácticas, a controlar el color en la producción de impresos por medio del sistema litográfico *offset*.

Específicos

1. Establecer el porqué de la necesidad de controlar el color en la impresión litográfica *offset*.
2. Evaluar los parámetros relacionados con la transferencia de imagen en la impresión.
3. Evaluar los parámetros relacionados con el control de la tinta en la impresión.
4. Aprender una técnica de medición objetiva del color por medio de densitometría.
5. Aprender a uniformizar el color por medio de perfiles de color.
6. Aprender a crear y utilizar las pruebas de color.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo pretende ser de mucha utilidad para el profesional de la ingeniería industrial que esté a cargo de la producción de impresos por medio del sistema litográfico *offset*, ya que mientras en otras ramas industriales se produce con parámetros establecidos y con dimensionales específicas, en la producción de impresos litográficos *offset*, el control del color es casi una cuestión de tratar de hacerlo lo mejor posible.

El color, de por sí es una percepción visual, es por esta razón que no se cuenta con dimensionales específicas. El problema se agrava debido a que el mayor motivo de reclamos de los clientes, son las diferencias de color entre el diseño original y la impresión y la uniformidad de color en el tiraje (producción).

Es por todo esto que a través de este estudio se proporcionan los conceptos y técnicas necesarias para lograr una medición adecuada, obtener el color deseado y con ello poder mantener una uniformidad del color en la producción.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. ¿Qué es la impresión litográfica *offset*?

La litografía *offset* (*offset lithography*), una variante indirecta de la litografía, se originó cuando un impresor de New Jersey (Estados Unidos) descubrió accidentalmente que cuando la plancha imprimía la imagen sobre una superficie de caucho y el papel entraba en contacto con esta, la imagen que el caucho reproducía en ella era mucho mejor que la que producía la plancha o placa directamente. La razón de esta mejora es que la plancha de caucho, al ser blanda y elástica se adapta al papel mejor que las placas de cualquier tipo y transmite la tinta de forma más homogénea.

Trabajando con esta idea de pasar indirectamente (*to offset*) la imagen de la plancha a una base de caucho, llamada mantilla y de ahí al papel, se pudo comenzar a imprimir sobre papeles de peor calidad y más baratos de lo que se hacía tradicionalmente. A partir de entonces, la litografía *offset* se convirtió en el procedimiento por excelencia de la imprenta comercial.

La impresión litográfica *offset* es un método de reproducción de documentos e imágenes sobre papel o materiales similares, que consiste en aplicar una tinta, generalmente oleosa, sobre una placa metálica, compuesta generalmente de una aleación de aluminio y emulsión foto sensible.

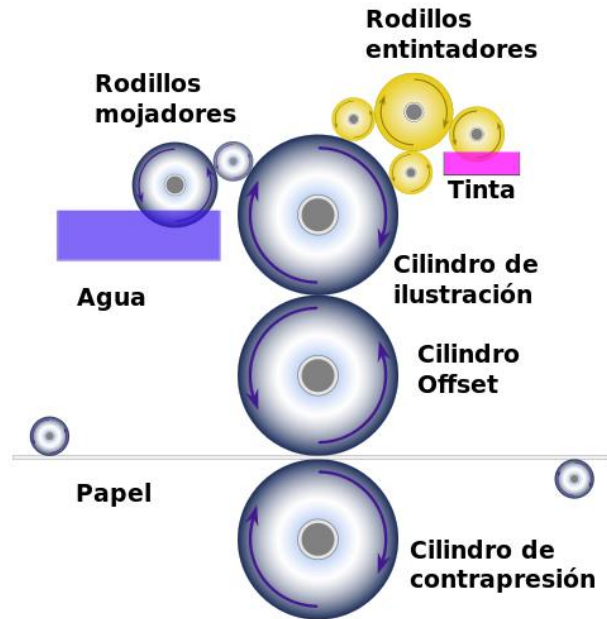
El principio de funcionamiento se inicia con el elemento de impresión, que es una placa de aluminio de dos componentes. Una parte, que es la base de un aluminio anodizado y la otra que corresponde a una emulsión foto sensible. La

parte de aluminio anodizado es la que en su momento recibe una solución de fuente misible en agua.

La otra parte, la emulsión fotosensible, es la que origina la imagen para transferir de la impresión. El proceso para la transferencia de imagen al papel, una vez transferida la imagen a la misma placa, se moja con la solución de fuente la cual se adhiere a la parte del aluminio expuesto y anodizado; y funciona como repelente de la tinta que se aplica a la misma placa en el siguiente proceso. La parte de la emulsión fotosensible que queda en la placa y que forma parte del diseño de impresión, queda expuesta al proceso de la tinta y, que por no tener solución de fuente, la tinta se adhiere con facilidad a esta emulsión.

La diferencia de la litografía en comparación con la impresión *offset* es que la imagen o el texto en la impresión *offset* se transfieren a un sustrato de forma indirecta, o sea a través un cilindro cubierto en su superficie por un material flexible (mantilla), generalmente de caucho, que recibe la imagen y posteriormente transferirla por presión, a la superficie a imprimir que comúnmente es papel.

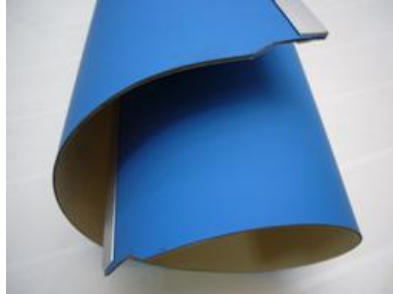
Figura 1. Esquema de la impresión litográfica *offset*



Fuente: *Impresión offset*. http://es.wikipedia.org/wiki/Impresi%C3%B3n_offset. Consulta: abril de 2012.

Es precisamente esta, una de las características de la impresión *offset*, la que confiere una buena calidad a este tipo de impresión. El caucho está debidamente tratado para recibir la tinta que se encuentra adherida a la placa de impresión al contacto del mismo. Y esta transfiere de igual forma al sustrato por presión.

Figura 2. **Mantilla para impresión litográfica *offset***



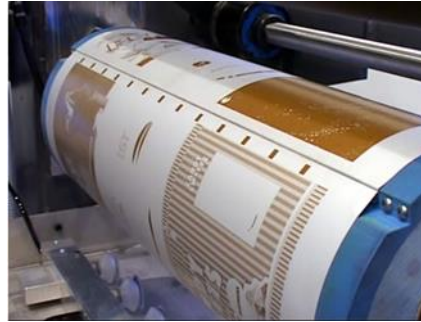
Fuente: KY Industrias .www.kyindustrias.com. Consulta: abril de 2012.

El método de impresión *offset* es un sistema de impresión indirecto, ya que el sustrato (generalmente papel) no tiene contacto con la placa matriz para traspasar la imagen. La tinta pasa de la placa de aluminio al cilindro porta caucho o mantilla para después pasar al papel (u otro sustrato), ejerciendo presión sobre el cilindro porta caucho y el cilindro de presión (conocido, también como cilindro de impresión o de contra impresión).

El sistema de impresión *offset*, mediante placas de impresión utiliza normalmente el método substractivo. El cual hace una separación cromática de los colores principales o proceso (CMYK) que se requieren para la impresión. El método substractivo o CMY(K) se define como la separación de un croma en cuatro colores principales y que son cyan, magenta, amarillo y negro.

Para cada color de impresión se requiere una placa de aluminio, y a esta también se le denomina cuatricromía. En combinación, estos cuatro colores y adicionando el fondo del papel esta impresión tiene la ventaja de poder generar una gama de colores mayormente aceptables. Siempre y cuando no sean colores metálicos o fosforescentes, siendo que estos están fuera del rango del modelo CMY(K).

Figura 3. **Placa o plancha para impresión litográfica *offset***



Fuente: KY Industrias .www.kyindustrias.com. Consulta: abril de 2012.

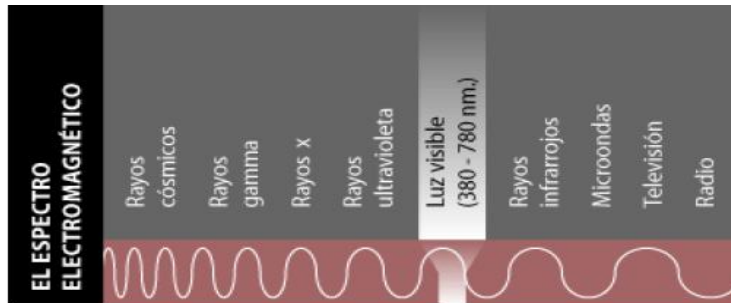
La impresión *offset* es la utilizada con mayor frecuencia en impresiones de tirajes extensos, debido a su evidente ventaja en su consistencia en la calidad, rapidez y costo, lo que permite trabajos de grandes volúmenes de impresión a precios reducidos.

Existen otros sistemas de impresión que permiten generar la misma calidad que un sistema *offset*. Como un sistema digital, flexográfico, de roto grabado, entre otros. Sin embargo, debido a los intereses y necesidades personales de los clientes, esto es lo que los hace llevar sus trabajos a un sistema determinado.

1.2. **¿Qué es el color?**

La luz está formada por radiaciones electromagnéticas luminosas en una determinada gama de longitudes de onda. Cada una de estas radiaciones se percibe como un color; la suma de todas estas radiaciones se observa como luz blanca.

Figura 4. **Espectro electromagnético**



Fuente: ECI, México.

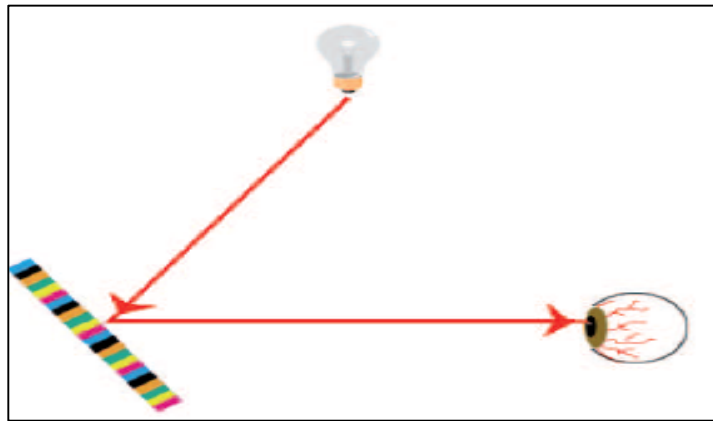
En el ojo humano hay tres receptores o estímulos de excitación sensibles a diversas longitudes de onda. De estos receptores, uno corresponde al color azul-violeta, otro al verde y otro al rojo. Cuando los receptores no reciben ningún estímulo, se percibe el color negro. Cuando la luz incidente estimula en diversos grados estos receptores, se pueden percibir todos los colores del espectro. Si todos los receptores reciben el mismo estímulo, se observa desde el gris hasta el blanco. Así pues, el cerebro mezcla aditivamente los estímulos recibidos.

El color es una percepción visual que se genera en el cerebro de los humanos al interpretar las señales nerviosas que le envían los fotorreceptores en la retina del ojo, que a su vez interpretan y distinguen las distintas longitudes de onda que captan de la parte visible del espectro electromagnético (la luz).

Todo cuerpo iluminado absorbe una parte de las ondas electromagnéticas y refleja las restantes. Las ondas reflejadas son captadas por el ojo e interpretadas en el cerebro como distintos colores según las longitudes de onda correspondientes. El ojo humano solo percibe las longitudes de onda cuando la iluminación es abundante.

Figura 5. **Los componentes del color**

- Luz
- Objeto
- Receptor



Fuente: ECI, México.

La luz puede ser descompuesta en todos los colores del espectro por medio de un prisma. En la naturaleza esta descomposición da lugar al arco iris.

Figura 6. **Prisma de color**



Fuente: *Prisma*. http://www.gusgsm.com/circulo_color_newton. Consulta: abril de 2012.

El sistema visual se encarga de formar la imagen óptica del estímulo visual en la retina (sistema óptico), donde sus células son las responsables de procesar información. Las primeras en intervenir son los fotorreceptores, los cuales capturan la luz que incide sobre ellos. Los hay de dos tipos: los conos y los bastones. Otras células de la retina se encargan de transformar dicha luz en impulsos electroquímicos y en transportarlos hasta el nervio óptico. Desde allí, se proyectan al cerebro. En el cerebro se realiza el proceso de formar los colores y reconstruir las distancias, movimientos y formas de los objetos observados.

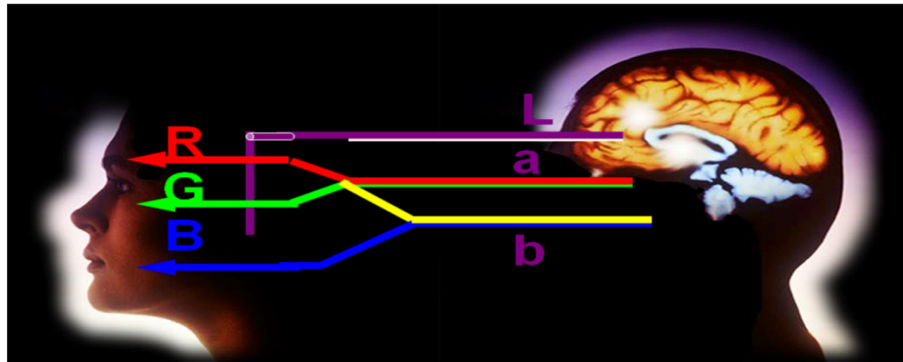
Las células sensoriales de la retina reaccionan de forma distinta a la luz y a su longitud de onda. Los bastones se activan en la oscuridad, y solo permiten distinguir el negro, el blanco y los distintos grises. Los conos solo se activan cuando los niveles de iluminación son suficientemente elevados. Los conos captan radiaciones electromagnéticas, rayos de luz, que más tarde darán lugar a impresiones ópticas. Los conos son acumuladores de cuantos de luz (fotones), que transforman esta información en impulsos eléctricos del órgano de la vista.

Hay tres clases de conos, cada uno de ellos posee un fotorpigmento, que solo detecta unas longitudes de onda concretas, aproximadamente las longitudes de onda, que transformadas en el cerebro se corresponden a los colores azul, rojo y verde. Los tres grupos de conos mezclados permiten formar el espectro completo de luz visible.

Esta actividad retiniana ya es cerebral, puesto que los fotorreceptores, aunque simples, son células neuronales. La información de los conos y bastones es procesada por otras células situadas inmediatamente a continuación y conectadas detrás de ellos. El procesamiento en estas células es

el origen de dos dimensiones o canales de pares antagónicos cromáticos: rojo-verde y azul-amarillo y de una dimensión acromática o canal clarooscuro.

Figura 7. Los receptores del cerebro



Fuente: ECI, México.

Dicho de otra manera, estas células se excitan o inhiben ante la mayor intensidad de la señal del rojo frente al verde y del azul frente a la suma de rojo y verde, generando, además un trayecto acromático de información relativa a la luminosidad.

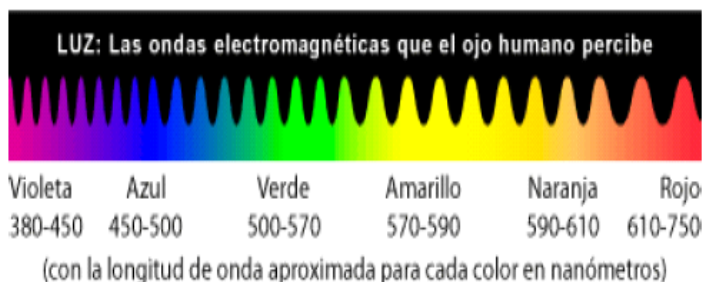
La información de este procedimiento se traslada, a través del nervio óptico, a los núcleos geniculados laterales (situados a izquierda y derecha del tálamo), donde la actividad neuronal se especifica respecto a la sugerencia del color y del clarooscuro. Esta información precisa se transfiere al córtex visual por las vías denominadas radiaciones ópticas. La percepción del color es consecuencia de la actividad de las neuronas complejas del área de la corteza visual específica para el color. Esta actividad determina que las cualidades vivenciales de la visión del color pueden ser referidas mediante los atributos: luminosidad, tono y saturación.

Se denomina visión fotópica a la que tiene lugar con buenas condiciones de iluminación. Esta visión posibilita la correcta interpretación del color por el cerebro.

El espectro electromagnético está constituido por todos los posibles niveles de energía de la luz. Hablar de energías es equivalente a hablar de longitud de onda, por ello, el espectro electromagnético abarca todas las longitudes de onda que la luz puede tener. De todo el espectro, la porción que el ser humano es capaz de percibir es muy pequeña en comparación con todas las existentes.

Esta región, denominada espectro visible, comprende longitudes de onda desde los 380 nm hasta los 780 nm (1nm = 1 nanómetro = 0,000001 mm). La luz de cada una de estas longitudes de onda es percibida en el cerebro humano como un color diferente. Por eso, en la descomposición de la luz blanca en todas sus longitudes de onda, mediante un prisma o por la lluvia en el arco iris, el cerebro percibe todos los colores.

Figura 8. **El espectro luminoso**



Fuente: ECI, México.

Por lo tanto, del espectro visible, que es la parte del espectro electromagnético de la luz solar que se puede notar, cada longitud de onda es percibida en el cerebro como un color diferente. Newton usó por primera vez, la palabra espectro (del latín apariencia o aparición) en 1671 al describir sus experimentos en óptica (conociendo esta como el estudio de la luz). Newton observó que cuando un estrecho haz de luz solar incide sobre un prisma de vidrio triangular con un ángulo, una parte se refleja y otra pasa a través del vidrio y se desintegra en diferentes bandas de colores.

También, Newton hizo converger esos mismos rayos de color en una segunda lente para formar nuevamente luz blanca. Demostró que la luz solar tiene todos los colores del arco iris. Cuando llueve y luce el sol, cada gota de lluvia se comporta de igual manera que el prisma de Newton y de la unión de millones de gotas de agua se forma el fenómeno del arco iris.

Figura 9. **El espectro luminoso del matiz**

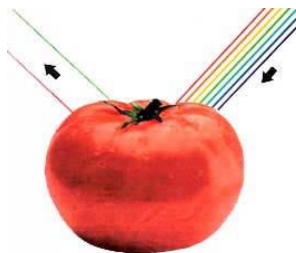


Fuente: ECI, México.

- La reflexión en las superficies, colores substractivos: cuando la luz incide sobre un objeto, su superficie absorbe ciertas longitudes de onda y refleja otras. Solo las longitudes de onda reflejadas podrán ser vistas por el ojo y por tanto en el cerebro solo se percibirán esos colores. Es un proceso diferente a la luz natural que tiene todas las longitudes de onda, allí todo

el proceso nada más tiene que ver con luz, ahora en los colores que se perciben en un objeto hay que tener en cuenta, también, el objeto en sí, que tiene capacidad de absorber ciertas longitudes de onda y reflejar las demás. Considérese una manzana roja, cuando es vista bajo una luz blanca, parece roja. Pero esto no significa que emita luz roja, que sería el caso de una síntesis aditiva. Si lo hiciese, se vería en la oscuridad. En lugar de eso, absorbe algunas de las longitudes de onda que componen la luz blanca, reflejando solo aquellas que el humano ve como rojas. Los humanos ven la manzana roja debido al funcionamiento particular de su ojo y a la interpretación que hace el cerebro de la información que le llega del ojo.

Figura 10. **La absorción, reflexión y dispersión de la luz**



Fuente: ECI, México.

- Pigmentos y tintes: un pigmento o un tinte es un material que cambia el color de la luz que refleja debido a que selectivamente absorben ciertas ondas luminosas. La luz blanca es aproximadamente igual a una mezcla de todo el espectro visible de luz.

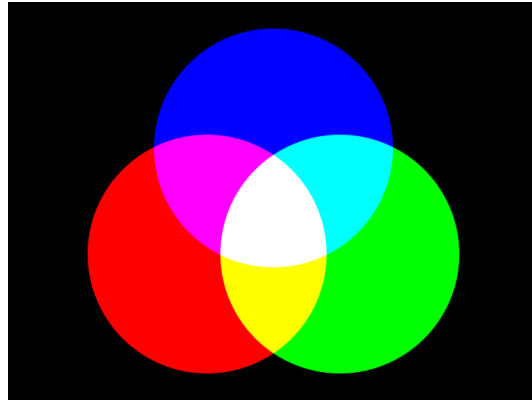
Cuando esta luz se encuentra con un pigmento, algunas ondas son absorbidas por los enlaces químicos y sustituyentes del pigmento, mientras otras son reflejadas. Este nuevo espectro de luz reflejado crea la apariencia del color. Por ejemplo, un pigmento azul marino refleja la luz azul, y absorbe los demás colores.

La apariencia de los pigmentos o tintes está íntimamente ligada a la luz que reciben. La luz solar tiene una temperatura de color alta y un espectro relativamente uniforme, y es considerada un estándar para la luz blanca. La luz artificial, por su parte, tiende a tener grandes variaciones en algunas partes de su espectro. Visto bajo estas condiciones, los pigmentos o tintes lucen de diferentes colores.

Los tintes sirven para colorear materiales, como los tejidos, mientras que los pigmentos sirven para cubrir una superficie, como puede ser un cuadro. Desde las glaciaciones, los humanos empleaban plantas y partes de animales para lograr tintes naturales con los que coloreaban sus tejidos. Luego los pintores han preparado sus propios pigmentos. Desde 1856 aparecieron tintes sintéticos.

- Síntesis aditiva, colores primarios: se llama síntesis aditiva a obtener un color de luz determinado por la suma de otros colores. Thomas Young, partiendo del descubrimiento de Newton que la suma de los colores del espectro visible formaba luz, realizó un experimento con linternas con los seis colores del espectro visible, proyectando estos focos y superponiéndolos llegó a un nuevo descubrimiento: para formar los seis colores del espectro solo hacían falta tres colores y además, sumando los tres se formaba luz blanca.

Figura 11. **Síntesis aditiva**



Fuente: ECI, México.

El proceso de reproducción aditiva, normalmente utiliza luz roja, verde y azul para producir el resto de colores. Combinando uno de estos colores primarios con otro en proporciones iguales produce los colores aditivos secundarios, más claros que los anteriores: cian, magenta y amarillo. Variando la intensidad de cada luz de color finalmente deja ver el espectro completo de estas tres luces. La ausencia de los tres da oscuridad y la suma de las tres da luz pura. Estos tres colores se corresponden con los tres picos de sensibilidad de los tres sensores de color en los ojos.

Los colores primarios no son una propiedad fundamental de la luz, sino un concepto biológico, basado en la respuesta fisiológica del ojo humano a la luz. Un ojo humano normal solo contiene tres tipos de receptores, llamados conos. Estos responden a longitudes de onda específicas de luz roja, verde y azul. Las personas y los miembros de otras especies que tienen estos tres tipos de receptores se llaman tricomas. Aunque la sensibilidad máxima de los conos no se produce exactamente en las frecuencias roja, verde y azul, son los colores que se eligen como primarios, porque con ellos es posible estimular los

tres receptores de color de manera casi independiente, proporcionando un amplio gamut (gama de colores).

Para generar rangos de color óptimos para otras especies, aparte de los seres humanos se tendrían que usar otros colores primarios aditivos. Por ejemplo, para las especies conocidas como tetracrómatas, con cuatro receptores de color distintos, se utilizarían cuatro colores primarios (como los humanos solo pueden ver hasta 400 nanómetros (violeta), pero los tetracrómatas pueden ver parte del ultravioleta, hasta los 300 nanómetros aproximadamente, este cuarto color primario estaría situado en este rango y probablemente sería un violeta espectral puro, en lugar del violeta que vemos).

Muchas aves y marsupiales son tetracrómatas, y se ha sugerido que algunas mujeres nacen también tetracrómatas, con un receptor extra para el amarillo. Por otro lado, la mayoría de los mamíferos tienen solo dos tipos de receptor de color y por lo tanto son dicrómatas, para ellos solo hay dos colores primarios.

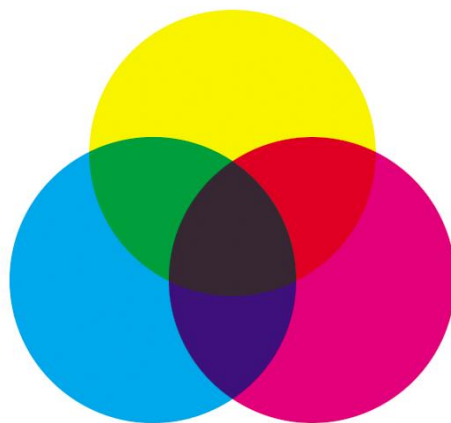
Las televisiones y monitores de ordenador son las aplicaciones prácticas más comunes de la síntesis aditiva.

- Síntesis substractiva, colores primarios: todo lo que no es color aditivo es color substractivo. En otras palabras, todo lo que no es luz directa es luz reflejada en un objeto, la primera se basa en la síntesis aditiva de color, la segunda en la síntesis substractiva de color.

La síntesis sustractiva explica la teoría de la mezcla de pigmentos y tintes para crear color. El color que parece que tiene un determinado objeto depende de que partes del espectro electromagnético son reflejadas por él, o dicho a la inversa, que partes del espectro son absorbidas.

Se llama síntesis sustractiva, porque la energía de radiación se le sustrae algo por absorción. En la síntesis sustractiva el color de partida siempre suele ser el color acromático blanco, el que aporta la luz (en el caso de una fotografía el papel blanco, si se habla de un cuadro es el lienzo blanco), es un elemento imprescindible para que las capas de color puedan poner en juego sus capacidades de absorción. En la síntesis sustractiva los colores primarios son el amarillo, el magenta y el cian, cada uno de estos colores tiene la misión de absorber el campo de radiación de cada tipo de conos. Actúan como filtros, el amarillo, no deja pasar las ondas que forman el azul, el magenta no deja pasar el verde y el cian no deja pasar el rojo.

Figura 12. **Síntesis sustractiva**



Fuente: ECI, México.

En los sistemas de reproducción de color según la síntesis sustractiva, la cantidad de color de cada filtro puede variar del 0 al 100 %. Cuanto mayor es la cantidad de color mayor es la absorción y menos la parte reflejada, si de un color no existe nada, de ese campo de radiaciones pasará todo. Por ello, a cada capa de color le corresponde modular un color sensación del órgano de la vista: al amarillo le corresponde modular el azul, al magenta el verde y al cian el rojo.

Así mezclando sobre un papel blanco cian al 100 % y magenta al 100 % no dejarán pasar el color rojo y el verde con lo que el resultado es el color azul. De igual manera el magenta y el amarillo formarán el rojo, mientras el cian y el amarillo formarán el verde. El azul, verde y rojo son colores secundarios en la síntesis sustractiva y son más oscuros que los primarios. En las mezclas sustractivas se parte de tres primarios claros y según se mezcla los nuevos colores se van oscureciendo, al mezclar se está restando luz. Los tres primarios mezclados dan un color oscuro.

La aplicación práctica de la síntesis sustractiva es la impresión a color y los cuadros de pintura. En la impresión en color, las tintas que se usan principalmente, como primarios: son el cian, magenta y amarillo. Como se ha dicho, el cian es el opuesto al rojo, lo que significa que actúa como un filtro que absorbe dicho color. La cantidad de cian aplicada a un papel controlará cuanto rojo mostrará. Magenta es el opuesto al verde y amarillo el opuesto al azul. Con este conocimiento se puede afirmar que hay infinitas combinaciones posibles de colores. Así es como las reproducciones de ilustraciones son producidas en grandes cantidades, aunque por varias razones, también suele usarse tinta negra. Esta mezcla de cian, magenta y amarillo y negro se llama modelo de color CMY(K). CMY(K) es un ejemplo de espacio de colores sustractivos, o una gama entera de espacios de color. El origen de los nombres magenta y cian procede de las películas de color inventadas en 1936 por Agfa y Kodak. El

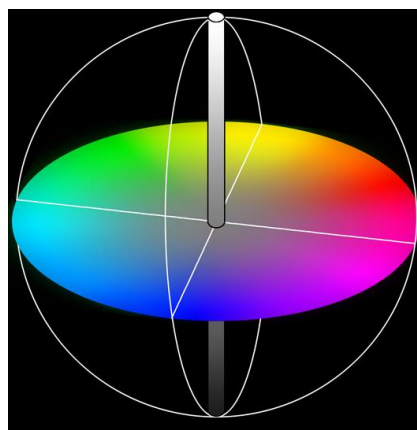
color se reproducía mediante un sistema de tres películas una sensible al amarillo, otra sensible a un rojo púrpura y una tercera a un azul claro. Estas casas comerciales decidieron dar el nombre de magenta al rojo púrpura y cyan al azul claro. Estos nombres fueron admitidos como definitivos en la década de 1950 en las normas DIN que definieron los colores básicos de impresión.

- Colores elementales: los ocho colores elementales corresponden a las ocho posibilidades extremas de percepción del órgano de la vista. Las posibilidades últimas de sensibilidad de color que es capaz de captar el ojo humano. Estos resultan de las combinaciones que pueden realizar los tres tipos de conos del ojo, o lo que es lo mismo las posibilidades que ofrecen de combinarse los tres primarios. Estas ocho posibilidades son los tres colores primarios, los tres secundarios que resultan de la combinación de dos primarios, más los dos colores acromáticos, el blanco que es percibido como la combinación de las tres primarios (síntesis aditiva: colores luz) y el negro que es la ausencia de los tres. Por lo tanto, colores tradicionales como el violeta, el naranja o el marrón no son colores elementales.
- Círculo cromático: aunque los dos extremos del espectro visible, el rojo y el violeta, son diferentes en longitud de onda, visualmente tienen algunas similitudes, Newton propuso que la banda recta de colores espectrales se distribuye en una forma circular uniendo los extremos del espectro visible. Este fue el primer disco cromático, un intento de fijar las similitudes y diferencias entre los distintos matices de color. Muchos estudiosos admitieron el círculo de Newton para explicar las relaciones entre los diferentes colores. Los colores que están juntos corresponden a longitud de onda similar. Desde un punto de vista teórico un círculo cromático de doce colores estaría formado por los tres primarios, entre

ellos se situarían los tres secundarios y entre cada secundario y primario el terciario que se origina de su unión. Así en actividades de síntesis aditiva, se pueden distribuir los tres primarios, rojo, verde y azul uniformemente separados en el círculo; en medio entre cada dos primarios, el secundario que forman ellos dos; entre cada primario y secundario se pondría el terciario que se origina en su mezcla. Así se tiene un círculo cromático de síntesis aditiva de doce colores. Se puede hacer lo mismo con los tres primarios de síntesis sustractiva y llegar a un círculo cromático de síntesis sustractiva.

El blanco y el negro no pueden considerarse colores y por lo tanto no aparecen en un círculo cromático, el blanco es la esencia pura del color, que es la luz y el negro es la ausencia total de luz. Sin embargo, el negro y el blanco al combinarse forman el gris el cual también se marca en escalas. Esto forma un círculo propio llamado círculo cromático de grises o círculo de grises.

Figura 13. **Círculo cromático**



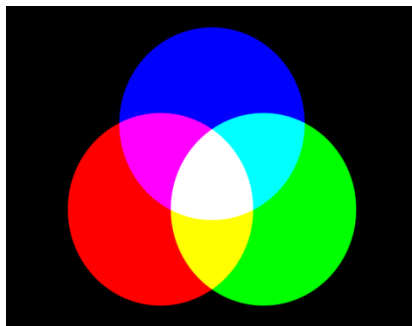
Fuente: ECI, México.

- Colores complementarios: en el círculo cromático se llaman colores complementarios o colores opuestos a los pares de colores ubicados diametralmente opuestos en la circunferencia, unidos por su diámetro. Al situar juntos y no mezclados colores complementarios el contraste que se logra es máximo.

La denominación complementario depende en gran medida del modelo de círculo cromático empleado. Así en el sistema RGB (del inglés *red, green, blue*; rojo, verde, azul), el complementario del color verde es el color magenta, el del azul es el amarillo y del rojo el cyan.

En el modelo de color RYB (*red, yellow, blue*; rojo, amarillo, azul), que es un modelo de síntesis substractiva de color, el amarillo es el complementario del violeta y el naranja es el complementario del azul. Hoy los científicos saben que el conjunto correcto es el modelo CMY(K), que usa el cyan en lugar del azul y magenta en lugar del rojo. En la teoría del color se dice que dos colores se denominan complementarios si, al ser mezclados en una proporción dada el resultado de la mezcla es un color neutral (gris, blanco o negro).

Figura 14. **Teoría del color RGB**

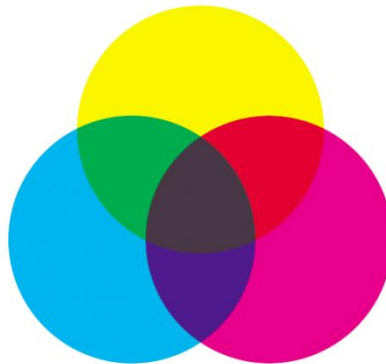


Fuente: ECI, México.

- Representación de los colores: para representar y cuantificar cada color se usan diferentes modelos. Así en la síntesis aditiva, el modelo de color RGB (del inglés *red*-rojo, *green*-verde, *blue*-azul), cada color se representa mediante la mezcla de los tres colores luz primarios, en términos de intensidad de cada color primario con que se forma.

En la mezcla subtractiva en la impresión de colores se utiliza el modelo de color CMY(K) (acrónimo de cyan, magenta, *yellow*-amarillo y *key*-negro). La mezcla de colores CMY es subtractiva y al imprimir conjuntamente cyan, magenta y amarillo sobre fondo blanco, resulta el color oscuro. Por varias razones, el negro generado al mezclar los colores primarios subtractivos no es adecuado y se emplea también la tinta negra como color inicial además de los tres colores primarios subtractivos, amarillo, magenta y cyan. El modelo CMY(K) se basa en la absorción de la luz por un objeto: el color que presenta un objeto corresponde a la parte de la luz que incide sobre este y se refleja no siendo absorbida por el objeto, en este caso el papel blanco.

Figura 15. **Teoría del color CMY(K)**



Fuente: ECI, México.

- Colores: cada color determinado está originado por una mezcla o combinación de diversas longitudes de onda. Hay tablas donde se agrupan los colores similares. A cada color se le han asociado sus matices.

El matiz es la cualidad que permite diferenciar un color de otro: permite clasificarlo en términos de rojizo, verdoso, azulado, entre otros. Se refiere a la ligera variación que existe entre un color y el color contiguo en el círculo cromático (o dicho de otra forma la ligera variación en el espectro visible). Así un verde azulado o a un verde amarillo son matices del verde cuando la longitud de onda dominante en la mezcla de longitudes de onda es la que corresponde al verde, y se está hablando de un matiz de azul, cuando se tiene un azul verdoso o un azul magenta donde la longitud de onda dominante de la mezcla corresponde al azul.

1.3. Modelos de color

Los modelos de color se utilizan para clasificar colores y para calificarlos según sus cualidades tales como tonalidad, saturación, cromaticidad, luminosidad o brillo. Se utilizan a fondo para emparejar colores y son recursos valiosos para cualquier persona que trabaje con color en cualquier medio: impresión, video, internet, entre otros.

Se describirán en cuatro modelos, los cuales son:

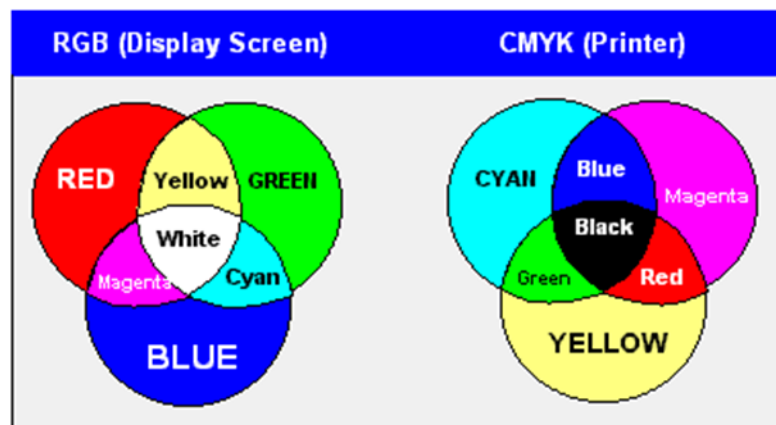
- Color RGB (CMY)
- Color Munsell
- Color HSB/HLS
- Color CIE

- El modelo de color RGB (CMY): los modelos rojos, verdes, azules y cyan, magenta, y amarillo se relacionan muy de cerca, los colores primarios de cada uno forman los colores secundarios del otro. Estos son también los modelos más representativos para los colores aditivos y substractivos, respectivamente. El RGB es también, el modelo básico del color para la exhibición en los monitores.

El CMY es un subconjunto RGB el modelo básico y más conocido del color. Este modelo lleva la semejanza más cercana de cómo se percibe el color. También corresponde a los principios de colores aditivos y substractivos.

Figura 16. **RGB versus CMYK**

From Computer Desktop Encyclopedia
© 2004 The Computer Language Co. Inc.



Fuente: ECI, México.

- Los colores aditivos: son creados mezclando la luz espectral en combinaciones que varían. Los ejemplos más comunes de estos son las pantallas de televisión y los monitores de las computadoras, que producen píxeles coloreados por los disparos de armas electrónicas,

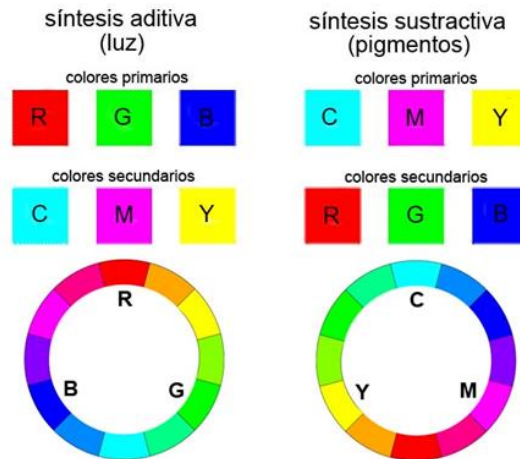
ojos, verdes y azules a los fósforos de la pantalla del televisor o del monitor. Más exacto, el color aditivo es producido, por cualquier combinación de los colores espectrales sólidos que ópticamente son mezclados al colocarlos juntos muy cerca o al ser presentados en una sucesión muy rápida.

Bajo esas circunstancias dos o más colores pueden ser percibidos como un color. Esto se puede ilustrar por una técnica utilizada en los experimentos más antiguos con colores aditivos: ruedas de color, estos son los discos que su superficie se divide en áreas de color sólido.

Cuando está unido a un motor y se hace girar, por la velocidad el ojo humano, no puede distinguir entre los colores separados y ve en su lugar un compuesto de los colores en el disco.

- Los colores substractivos: son vistos cuando los pigmentos en un objeto absorben ciertas longitudes de onda de la luz blanca mientras que reflejan el resto. Cualquier objeto coloreado, sea natural o artificial, absorbe algunas longitudes de onda de la luz y refleja o transmite otras; las longitudes de onda que se fueron en la luz reflejada/transmitida crean el color que se ve. Esta es la naturaleza de la producción de impresión a color cyan, magenta y amarillo, según lo utilizado en la impresión de cuatro colores, se consideran los primarios substractivos. El modelo substractivo del color en la impresión funciona, no solamente con CMY (K), también con colores de punto, es decir, premezcla de tintas.

Figura 17. **Síntesis RGB y CMY**



Fuente: ECI, México.

- RGB: el rojo, verde y azul son los estímulos primarios para la percepción de color humana y son los colores aditivos primarios. Los colores secundarios de RGB, cian, magenta y amarillo, son formados por la mezcla de dos de los primarios y la exclusión del tercero. El rojo y el verde se combinan para hacer amarillo, verde y azul hacen cian, azul y rojo hacen magenta. La combinación de rojo, verde y azul en intensidad completa hace blanco. La luz blanca es creada cuando todos los colores del espectro electromagnético convergen en intensidad completa.
- CMY(K): cian, magenta y amarillo corresponden a los colores primarios en la reproducción del color impreso: rojo, azul y amarillo. Entonces, los colores primarios de CMY son los colores secundarios del RGB, los colores primarios del RGB son los colores secundarios CMY. Pero como se muestra en las ilustraciones, los colores creados por el modelo

substractivo CMY no se parecen exactamente a los colores creados por el modelo aditivo RGB. Particularmente CMY no pueden reproducir el brillo de los colores del RGB, además, la gama de CMY es mucho más pequeña que la gama del RGB.

El modelo CMY utilizado en impresión, coloca capas traslapadas de porcentaje que varían de tintas cyan, magenta y amarillo transparentes. La luz se transmite a través de las tintas y refleja la superficie debajo de ellas (llamado sustrato). Los porcentajes de tinta CMY (las cuales se aplican como pantallas de puntos de medio tono), substraen porcentajes inversos del RGB de la luz reflejada de modo que se vea un color particular.

Cuando están impresas en el papel, las pantallas de las tres tintas transparentes se colocan en un patrón controlado de punto llamado roseta. A simple vista, el aspecto es de tono continuo, pero cuando se examina de cerca, los puntos llegan a ser evidentes.

En teoría, la combinación de cyan, magenta y amarillo en 100 % crea el negro (toda luz es absorbida). En la práctica, sin embargo, las tintas CMY no se pueden usar solas. Debido a las imperfecciones de las tintas y otras limitaciones del proceso, absorción de la luz total e igual no es posible, así negros verdaderos o grises verdaderos no pueden ser creados mezclando las tintas en proporciones iguales. El resultado real de hacer esto crea un color marrón fangoso. Para realizar grises y sombras, y proporcionar un negro genuino, las impresoras recurren a agregar la tinta negra indicada como K. Por esto el uso práctico del modelo del color CMY es el proceso de cuatro colores CMYK.

Este proceso fue creado para imprimir imágenes en color de tono continuo como las fotografías. Diferente de colores sólidos, el punto de medio tono para cada pantalla en estas imágenes varía de tamaño y continuidad según la gama tonal de la imagen. Sin embargo, las imágenes todavía se componen de pantallas sobrepuestas de las tintas cian, magenta, amarilla y negra dispuestas en rosetas.

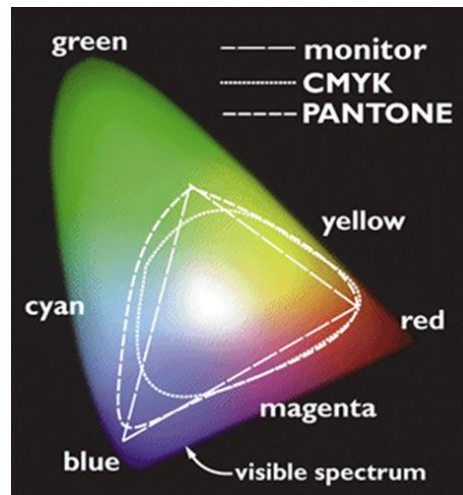
Finalmente, impresión CMYK, aunque se ve como modelo de color substractivo, es también un modelo aditivo en cierto sentido. El arreglo de puntos cian, magentas, amarillos y negros aparece al ojo humano como colores debido a una ilusión óptica: no se puede distinguir los puntos separados en el tamaño normal de la visión así que se perciben los colores, que son una mezcla aditiva de las cantidades que varían de las tintas de CMYK en cualquier porción de la superficie de la imagen.

- Apremios de la gama: un problema que también necesita ser tratado al discutir el RGB Y CMY son la aplicación de apremios de la gama. La representación de la gama entera, o la gama, de opinión de color humana es absolutamente grande.

Sin embargo, cuando se miran modelos de color como el RGB y el CMY, estos son esencialmente modelos de reproducción de color considerando que la gama de colores que se pueden reproducir es lejana a la que se ve realmente.

Por lo tanto, no es exacta: la siguiente ilustración demuestra claramente este problema al sobreponer el representante RGB y las gamas de CMY sobre el diagrama de la cromaticidad de la CIE de 1931 (que representa la gama entera de color humana).

Figura 18. **Diferentes Gamut para diferentes dispositivos**



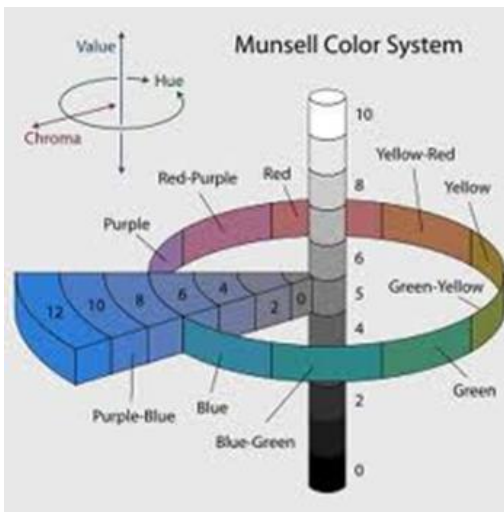
Fuente: ECI, México.

Ambos modelos faltan a la reproducción de todos los colores que se pueden ver. Además, se diferencian hasta tal punto que hay muchos colores del RGB que no se pueden reproducir usando CMY(K), e igualmente hay colores de algún CMY que no se pueden reproducir usando el RGB.

La gama exacta del RGB o de CMY depende de otros factores también. Cada dispositivo del RGB, un monitor, una impresora de color, un escáner de color, etc., poseen una gama única. Aunque la industria de la impresión ha fijado estándares para la producción del color, las variaciones en prensas, tintas y el papel, así como las diferencias en condiciones ambientales dentro de cualquier habitación de impresión, afecta la gama de salida del CMY(K). Estas diferencias en gama pueden crear problemas en la reproducción del color en gráficos originados en la computadora y el cambio de color es un problema inherente en toda la salida originada desde la computadora.

- El modelo de color Munsell: uno de los sistemas de color más influyentes fue ideado por Albert Henry Munsell, artista americano. Munsell deseó crear una manera racional de describir el color que utilizaría la notación decimal clara en vez de muchos de los nombres del color que él consideraba absurdos y engañosos. El sistema que él comenzó en 1898 con la creación de su esfera de color, o árbol, cierra con su expresión completa en su publicación, una notación del color, en 1905. Este trabajo se ha reimpresso varias veces y sigue siendo un estándar para la colorimetría (medir el color).

Figura 19. **Modelo de color Munsell**



Fuente: ECI, México.

Munsell modeló su sistema como una órbita donde en el ecuador funciona una banda de colores. El eje de la órbita es una escala de colores grises neutrales con blanco como el polo norte y negro como el polo sur. El extenderse horizontalmente del eje en cada valor gris es una gradación de color que progresa de gris neutral a la saturación completa. Con estos tres aspectos se

definían cualquiera de los millares de colores y podían ser descritos completamente. Munsell nombró estos tres aspectos o cualidades como tonalidad, valor y croma.

Tonalidad: Munsell definió tonalidad como la cualidad por la cual se distinguen un color de otro. Él seleccionó cinco colores principales, rojo, amarillo, verde, azul y púrpura y cinco colores intermedios, amarillo-rojo, verde-amarillo, azul-verde, púrpura-azul y rojo-púrpura; y él arregló estos en una rueda apagada medida en 100 puntos de compás.

Los colores fueron identificados simplemente como R por rojo, YR para rojo-amarillo, y para el amarillo, entre otros. Cada color primario e intermedio fue asignado a diez grados alrededor del compás y después identificado más lejos por su lugar en el segmento. Por ejemplo, el rojo primario sería identificado como 5R puesto que está parado en el punto mediano del segmento rojo. 2,5R sería un rojo que tiende más hacia rojo-púrpura, mientras que 7,5R es un rojo que tiende más hacia amarillo-rojo.

El arreglo Munsell de colores de esta manera era también, importante para su concepto de armonía o balance del color. Munsell era un artista conservador con opiniones terminantes sobre la estética de la pintura. Él quería que su sistema sirviera no solamente como guía para los colores notados, sino como guía para elegir los colores complementarios para el trabajo artístico.

- Valor: este fue definido por Munsell como la cualidad por la cual se distinguen un color claro de uno oscuro. El valor es un eje neutral que refiere al nivel gris del color. Esto se extiende de blanco al negro. Pues las notaciones tales como 10R, 5YR, 7,5PB, entre otros, denotan tonalidades particulares, la notación N se utiliza para denotar el valor gris

en cualquier punto en el eje. Así un valor de 5N denotaría un gris, un 2N un gris oscuro, y un 7N medios un gris de la luz. En el sistema original de Munsell, el 1N de los valores y 9N son, respectivamente, negros y blancos, aunque esto fue ampliado más adelante a los valores de 0 (negro) con 10 (blanco).

El valor de una tonalidad particular sería observado con el valor después de la designación de la tonalidad. Por ejemplo, 5PB 6/ indica un púrpura-azul medio en el nivel del valor 6.

Debe tenerse en cuenta, también, que la escala de Munsell del valor es visual, o perceptivo. Es decir, se basa en como se ve diferencias en luz relativa, no es un sistema terminante de valores matemáticos de una fuente de luz o de un iluminador.

- Croma, es la cualidad que distingue la diferencia de una tonalidad pura a una sombra gris. El eje del cromata extiende del eje del valor a un ángulo recto y la cantidad de cromata se observa después de la designación del valor. Así 7,5YR 7/12 indica una tonalidad amarillo-roja que tiende hacia amarillo con un valor de 7 y un cromata de 12.

Sin embargo, el cromata no es uniforme para cada tonalidad en cada valor. Munsell vio que el cromata completo para las tonalidades individuales se pudo alcanzar en lugares muy diversos en la esfera de color. Por ejemplo, el cromata más completo para la tonalidad 5RP (rojo-púrpura) se alcanza en 5/26.

Otro color tal como 10YR (amarillo-rojo amarillento) tiene un eje mucho más corto del cromata y alcanza el cromata más completo en 7/10 y 6/10. En el sistema Munsell, los rojos, los azules, y los púrpuras tienden a ser tonalidades

más fuertes que hacen un promedio de valores más altos del croma en la saturación completa, mientras que los amarillos y los verdes son tonalidades más débiles que hacen un promedio de la saturación más completa del croma relativamente cerca del eje neutral. Y, los rojos, los azules, y la saturación más completa del alcance de los púrpuras en los niveles medios en la escala del valor, mientras que los amarillos y los verdes la alcanzan en valores más altos (7/- o 8/-).

El resultado de estas diferencias es que Munsell previó originalmente pues una esfera o una órbita radicalmente asimétrica. Esto dio lugar a la descripción alterna, la representación sólida como árbol.

El sistema Munsell, aunque data del siglo 19 y se idea más por la intuición que por la ciencia exacta, sigue siendo un sistema internacionalmente aceptado, liderando los sistemas de color. El libro Munsell de color se vende comercialmente, las impresoras y los diseñadores, al igual que un número de otros productos del color de Munsell.

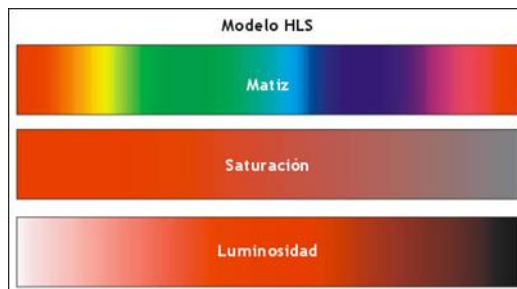
También están disponibles las librerías digitales de color del *Libro Munsell del color y colores de croma alto de Munsell*. Estas librerías están disponibles en adobe PageMaker® y adobe FrameMaker® y se pueden encontrar en algunos otros programas de dibujo y de composición. Sin embargo, como se indicará más adelante, ninguna librería digital de color exhibiría exactamente los colores debido a los apremios de la gama de RGB. Usted puede emparejar solamente los colores que usan exactamente los swatches impresos provistos por las compañías tales como Munsell.

- El modelo de color HSB/HLS(a), HSB/HLS(b): son dos variaciones de un modelo muy básico del color para definir colores en programas gráficos

que son similares a la manera que se percibe el color. Este modelo es el análogo al sistema de Munsell de tonalidad, valor, y croma en que utiliza tres ejes similares para definir un color. En HSB, estos son tonalidad, saturación, y brillo; en HLS, son definidos por tonalidad, luminosidad y saturación. La tonalidad define el color por sí mismo, por ejemplo, rojo en diferencia al azul o al amarillo. Los valores para el eje de la tonalidad van de 0 a 360° iniciando y terminando con rojo y recorriendo con verde, azul y todos los colores intermediarios como verdoso-azul, anaranjado, púrpura, entre otros.

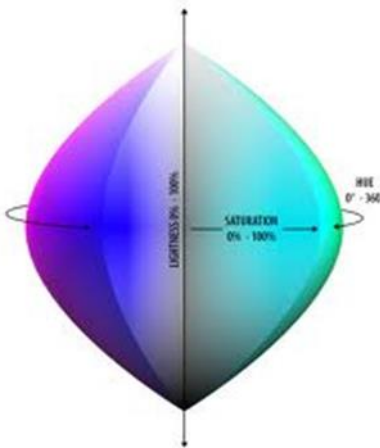
A este respecto, HLS es muy similar a la rueda del color de Munsell. Aunque Munsell utilizó un método diferente para indicar tonalidad, arreglo los colores en un patrón circular y progresivo en puntos del compás.

Figura 20. **Modelo HLS (a)**



Fuente: ECI, México.

Figura 21. **Modelo HLS (b)**



Fuente: ECI, México.

- Saturación: indica el grado a el cual la tonalidad se diferencia de un gris neutral. Los valores van a partir del 0 %, que no es ninguna saturación de color, a 100 %, que es la saturación más completa de una tonalidad dada en porcentaje de iluminación. Siendo esto similar a la croma de Munsell.
- Luminosidad: indica el nivel de iluminación. Los valores están en porcentajes; el 0 % aparece negro (ninguna luz) mientras que 100 % es la iluminación completa, que elimina el color (aparece blanca). A este respecto, el eje de la luminosidad es similar al eje del valor de Munsell. Los colores en los porcentajes menores de 50 % aparecen más oscuros mientras que los colores mayores al 50 % aparecen más luminosos. Un color sólido (es decir, una representación tridimensional) del modelo HLS no es exactamente cilíndrico puesto que el área trunca hacia los dos finales del eje de la luminosidad y es más ancho en la gama media. Por lo que forma un elipsoide.

HLS se encuentra comúnmente de una forma u otra en muchos programas de computadora. Un ejemplo común es la rueda HLS de Apple, en donde especificando el porcentaje de tonalidad y el grado de saturación y usando la barra de desplazamiento para controlar la luminosidad, se pueden crear cualquiera de los millones de colores.

HLS se pone en ejecución bajo otros nombres, también HSB (tonalidad, saturación y brillo) es común, al igual que LCH (luminosidad, croma y tonalidad). Los valores, sin importar como se llamen son muy similares.

- El modelo de color CIE, esta abreviatura para Comisión Internationale de l'Eclairage (Comisión Internacional en la Iluminación). La Comisión fue fundada en 1913 como directiva internacional autónoma para proporcionar un foro para el intercambio de ideas y de información y fijar los 43 estándares para todas las cosas que se relacionen con la iluminación.

Como parte de esta misión la CIE tiene un comité técnico, visión y color que ha sido una fuerza principal en colorimetría desde que se conoció para fijar estándares en Cambridge, Inglaterra, en 1931.

El modelo de color CIE fue desarrollado para ser totalmente independiente de cualquier dispositivo o de otros medios de emisión o de reproducción y se basa tan cerca como sea posible en cómo los seres humanos perciben el color. Los elementos dominantes del modelo CIE son las definiciones de fuente estándares y de las especificaciones para un observador estándar.

- Fuentes estándar:

Las siguientes fuentes estándares de CIE fueron definidas en 1931

- Fuente A: una lámpara de filamento de tungsteno con una temperatura de 2854K
- Fuente B: un modelo de la luz del sol del mediodía con una temperatura de 4800K
- Fuente C: un modelo de la luz del día medida con una temperatura de 6500K

Las fuentes B y C se derivan realmente de la fuente A con el uso de los filtros que alteran su distribución de energía espectral. La CIE aumentó estas fuentes en 1965 con un número de iluminadores estándares. Según lo mencionado en la guía técnica, teoría básica del color para el escritorio, los iluminadores no son fuentes físicas, son modelos de luz definidos por una distribución de energía espectral. Las fuentes A, B y C del CIE también se definen como iluminadores estándares. Además, el CIE ha definido una serie de iluminadores de luz día llamados luz día serie D. De estos, el iluminador D65 con una temperatura de color de 6500K es el más comúnmente referenciado.

- Observador estándar: la CIE tiene dos especificaciones para un observador estándar: la especificación original de 1931 y una especificación revisada de 1964. En ambos casos el observador estándar es una composición hecha de grupos pequeños de individuos (de 15 a 20) y es representante de la visión de color humana normal. Ambas

especificaciones usan una técnica similar para emparejar colores a un valor equivalente del triestímulo del RGB.

El observador ve una pantalla dividida con la reflexión 100 % (es decir, blanco puro). En una mitad una lámpara de prueba echó un color espectral puro en la pantalla. En la otra mitad tres lámparas que emitían cantidades que variaban de luz roja, verde y azul procuraban emparejar la luz espectral de la lámpara de prueba.

El observador vio la pantalla a través de una abertura y se determinó cuando las dos mitades de la pantalla dividida eran idénticas. Los valores de triestímulo del RGB para cada color distinto se podían obtener de esta manera.

La diferencia significativa entre los observadores estándares de 1931 y 1964 era el campo visual usado para visión en las pantallas. El observador de 1931 tenía 2 grados de campo visual (es decir la cantidad tomada adentro por la fovea solamente). Esto más adelante considerado inadecuado en muchos casos puesto que no tomó bastante de la visión periférica del observador. La especificación 1964 ensanchó el campo visual del observador a 10 grados para conseguir los valores del triestímulo que reflejan una sensibilidad retinal más amplia.

- Modelos CIE: una vez que los valores del triestímulo del RGB fueron obtenidos, fueron encontrados deseando algo de respeto. Debido a los alojamientos de la gama, el modelo del color del RGB no podía reproducir toda la luz espectral sin introducir el efecto de los valores negativos del RGB (esto fue hecho por la luz roja, verde o azul al mezclarse con la lámpara de prueba según lo necesitado). El CIE pensó que un sistema que utilizara valores negativos no sería aceptable como

estándar internacional. Por consiguiente, tradujeron los valores del triestímulo del RGB a un sistema diferente de valores positivos del triestímulo, llamado XYZ, que formó el primer modelo de color CIE. De este primer modelo, otros modelos fueron derivados en respuesta a varias preocupaciones.

- CIEXYZ: el modelo original del CIE usando el diagrama de la cromaticidad adoptado en 1931. Según lo mencionado anteriormente, el CIE consideraba los valores del triestímulo rojo, verde, y azul como indeseables para crear un modelo estandarizado del color. En lugar utilizaron una fórmula matemática para convertir los datos del RGB a un sistema que utiliza solamente números enteros positivos como valores.

Los valores reformulados del triestímulo fueron indicados como XYZ. Estos valores no corresponden directamente a rojo, a verde y a azul, sino son aproximados. La curva para el valor del triestímulo de Y es igual a la curva que indica la respuesta del ojo humano a la energía total de una fuente de luz. Por esta razón el valor de Y se llama factor de luminiscencia y se han normalizado los valores de XYZ de modo que Y tenga siempre un valor de 100.

La obtención de los valores del triestímulo de XYZ es solamente para definir el color. El color en sí mismo se entiende más fácilmente en términos de tonalidad y croma (utilizando los términos de Munsell). Para hacer esto posible, el CIE utilizó los valores de triestímulo de XYZ para formular un nuevo sistema de coordenadas de cromaticidad que son denotadas xyz. Los valores XYZ del triestímulo se indican siempre con mayúsculas mientras que la cromaticidad, xyz siempre en minúsculas.

Las coordenadas de la cromaticidad se utilizan conjuntamente con un diagrama de cromaticidad, el más familiar es el diagrama X y Y de cromaticidad de CIE 1931. El espacio de color en forma de herradura se fija en una rejilla usando las coordenadas de la cromaticidad xy , y como localizador para cualquier valor de la tonalidad y del croma. Estos corresponden al color en sí mismo (ejemplo: rojizo-anaranjado) y la plenitud del color o la saturación. El z coordenado no se utiliza, sino se puede deducir de los otros dos puesto que la suma de las coordenadas $x+y+z$ es siempre 1.

El punto blanco en el diagrama siguiente representa la localización del iluminador. La tercera dimensión es indicada por el valor Y . Como el estímulo mencionado previamente, este valor indica la luminosidad o la luminiscencia del color. La escala para Y se extiende del punto blanco perpendicular a la línea del plano formado por x y y , y usando una escala que funcione a partir de 0 a 100.

La gama más completa del color existe en 0 donde está igual el punto blanco al iluminador C . Como en CIE los aumentos del valor de Y , y el color se hacen más luminosos, el rango del color, o la gama, disminuciones de modo que el espacio de color en 100 sea justo una astilla del área original.

Usando los valores X y Y , cualquiera de dos colores se pueden comparar para determinarse si ellos se ajustan, es el propósito entero de los estándares de CIE. Necesita ser comentado que el CIE no creó un sistema como los medios para describir colores o producir una línea de los *swatches* para el uso en la producción del color.

No es posible utilizar el diagrama X y Y de la cromaticidad como mapa para demostrar las relaciones entre los colores. El diagrama es una representación plana de cual es realmente una superficie curvada. Así pues,

como un mapa de la proyección de Mercator del mundo, las partes de él son visiblemente distorsionadas en relación a otras. Los colores de cantidades iguales de diferencia aparecen más lejos separados en la parte verde del diagrama que hacen en la parte roja o violeta.

Para resolver el problema de escalamiento no uniforme del color, el CIE adoptó dos diversos diagramas uniformes que se convirtieron en las 1976 especificaciones para CIELUV Y CIELAB.

- CIELUV: un modelo compuesto en 1960 y revisado en 1976. Este modelo utiliza una forma alterada y alargada del diagrama original de la cromaticidad en una tentativa de corregir su falta de uniformidad. Según lo indicado anteriormente, el diagrama de 1931 de la cromaticidad del CIE x,y (o el diagrama X y Y) era inadecuado porque el diagrama de dos dimensiones no pudo dar una representación visual uniforme y espaciada de cuál es realmente un espacio de color tridimensional.

Cada línea en el diagrama representa una diferencia del color de la proporción igual. La distancia entre los puntos finales de cada segmento de línea se preceptuales iguales según el observador 1931 del estándar del CIE 2°. Como se puede ver las líneas varían de longitud, a veces grandes, dependiendo en de que parte del diagrama están. Esta disparidad en longitud de línea indica la cantidad de distorsión entre las partes del diagrama.

Para corregir esto, un número de diagramas uniformes de la escala de la cromaticidad (UCS) fueron propuestos. Estos diagramas de UCS utilizaron una fórmula matemática para transformar los valores de XYZ o las coordenadas de

x,y a un nuevo sistema de valores (u,v) que presentaron un modelo de dos dimensiones visualmente más exacto.

En 1960, el CIE adoptó uno de estos como el diagrama 1960 de la cromaticidad del CIE u,v.

Sin embargo, esto todavía fue encontrado insatisfactorio y en 1975, el CIE propuso modificar el diagrama de u,v y proveer de nuevos valores (u',v'). Esto fue hecho multiplicando los valores de v por 1,5. Así en el nuevo diagrama $u'=u$ y $v'=1,5v$. El diagrama que resultaba fue adoptado como el 1976 u' del CIE, diagrama de la cromaticidad de v'.

Mientras que la representación no es perfecta (ni puede siempre estar), el diagrama u',v' ofrece una uniformidad visual mucho mejor. Esto puede ser visto comparando la ilustración siguiente del diagrama u',v' con el diagrama de x,y mostrado anteriormente. Las líneas en el diagrama de u',v' representan lo mismo que en la ilustración de x,y solo aquí se puede ver que las líneas son más uniformes a través del diagrama X,Y.

Otro punto a mencionar sobre el modelos CIELUV es el reemplazo de la escala de luminosidad de Y con una escala nueva llamada L*. La escala de Y es una escala uniforme de luminosidad con pasos iguales entre cada valor. Sin embargo, esta clase de escala, no es adecuada para representar las diferencias en luminosidad que son visualmente equivalentes. Por ejemplo, una diferencia entre los valores de 10 y 15 en la escala de la luminosidad de Y difiere por la misma magnitud que valores de 70 y 75. No se ve los valores como iguales, sin embargo, se tiene mucho menos capacidad que distinguir entre los grados de valores más bajos que se hace de valores medios y altos.

Usando una fórmula matemática, los valores de Y fueron traducidos a otros valores que se espacian aproximadamente y uniformemente, pero más indicativo de las diferencias visuales reales. La escala que resulta L^* , modela de cerca la escala del sistema de Munsell del valor. La diferencia principal es que L^* aplicaciones una escala de 0-100, mientras que el valor de Munsel utiliza una escala de 0-10. El L^* la escala de luminosidad se utiliza para CIELAB así como CIELUV. El valor de CIELUV miente en el hecho que, como CIE XYZ y X y Y, son de dispositivo independiente y por lo tanto, no refrenado por la gama. Es una mejora CIE XYZ y X y Y excesivos en que representa mejor espacios de color uniformes.

- CIELAB: un acercamiento diferente desarrollado por Richard Hunter en 1942 que define colores a lo largo de dos ejes polares para el color (a y b) y un tercero para la luminosidad (l). Este es el segundo de dos sistemas adoptados por CIE en 1976 como modelos ese esparcimiento uniforme demostrando mejor el color en sus valores. CIELAB es un sistema opuesto del color basado en (los 1942) sistemas anteriores de Richard, L llamado cazador, a, la oposición del color b. correlaciona con descubrimiento en los mediados de los años sesenta que en alguna parte entre el nervio y el cerebro.

Los estímulos retinianos del color se traducen a distinciones entre luminoso y oscuro, rojo y verde, y azul y amarillo ópticos. CIELAB indica estos valores con tres ejes L^* , a^* , y b^* (la nomenclatura completa es espacio de color CIE 1976 $L^*a^*b^*$).

El eje vertical central representa la luminosidad (significada como L^*) donde los valores van a partir de 0 (negro) a 100 (blanco). Esta escala se relaciona de cerca con el eje del valor de Munsell exceptuando que en esa el

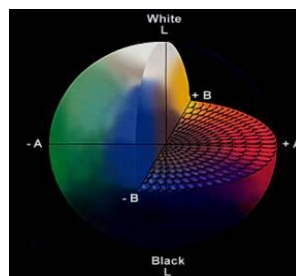
valor de cada paso es mucho mayor. Esta es la misma valuación de la luminosidad usada en CIELUV.

Los ejes de color se basan en el hecho de que un color no puede ser rojo y verde, o azul y amarillo, porque estos colores se oponen. En cada eje los valores funcionan de positivo a negativo. En el eje a-a, los valores positivos indican cantidades de rojo mientras que los valores negativos indican cantidades de verde. En el eje b-b, el amarillo es positivo y el azul es negativo. Para ambos ejes el gris es neutral.

Por lo tanto, los valores son solamente necesarios para dos eje de color y para el eje de la luminosidad o de escala de grises (L^*), que difiere (en el RGB, CMY o XYZ donde la luminosidad depende de cantidades relativas de los tres canales de color).

CIELAB ha llegado a ser muy importante para el color en las computadoras. Como todos los modelos del CIE, son de dispositivo independiente (RGB desemejante y CMYK), es el modelo básico del color Adobe y se utiliza para el manejo de color como modelo independiente de dispositivo en los perfiles ICC.

Figura 22. **Esfera de color CIELAB**



Fuente: ECI, México.

1.4. Control del color en la impresión *offset*

En la actualidad, en el segmento de impresión *offset* en Guatemala, no existe una conciencia a nivel general en la aplicación de los parámetros del control del color en la impresión.

Este se debe en gran parte al empirismo de los operarios. En la cual el rescate del diferencial de color entre el estándar y el trabajo final se ha realizado como una actividad de corrección en el paso final de la impresión. A través de ajustar los niveles y aportación de tintas sobre la impresión. No importando si estos parámetros se ajustan a los estándares de aplicación de tinta a nivel general.

Normalmente estos problemas se han atribuido a diferencias en el diseño original o bien por falta de experiencia en la operación de impresión.

Es por eso que se hace necesario el control de color como una actividad para reducir al máximo los problemas de desperdicio y repetición, con el beneficio directo para el productor, el mercado y el medio ambiente.

2. PARÁMETROS A EVALUAR PARA EL CONTROL DEL COLOR EN LA IMPRESIÓN

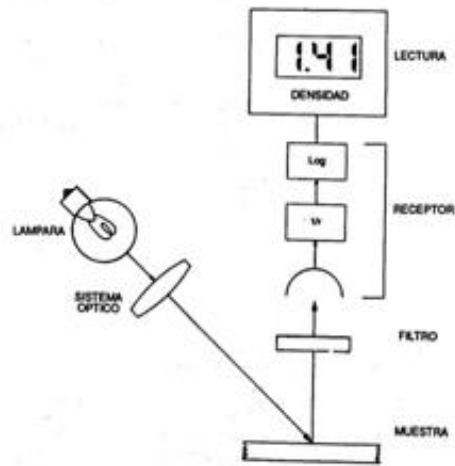
2.1. Parámetros relacionados con la transferencia de imagen en la impresión

Estos están definidos en los parámetros densitométricos los cuales son necesarios para llevar un control adecuado de la impresión inicial, media y final. Para la apreciación del color en los trabajos de impresión, el ángulo de visión para los mismos no debe de cambiar. Eso significa que si se aprecia un color con ángulos agudos este mismo va a hacer más intenso que si se aprecia con ángulo intermedio. Es por eso que se recomienda que para la medición de color en impresión se utilice un ángulo de 10 grados para *offset*. Los parámetros relacionados con la transferencia de imagen son:

2.1.1. Densidad

Es la cantidad de tinta aplicada sobre una superficie en un área específica. Para eso se auxilia de valores de reflexión. Esto significa que estos valores de densidad no poseen dimensional y no representan directamente valores de cantidades aplicadas.

Figura 23. **Midiendo densidad**



Fuente: ECI, México.

2.1.2. **Área de punto**

El área de punto o valor tonal es la concentración de puntos de igual o diferente tamaño sobre un substrato con un área específica. Los valores de área de punto se determinan por medio de porcentajes y tienen correspondencia directa con el tamaño del punto.

2.1.3. **Ganancia de punto**

Literalmente, la ganancia o grado de aumento de punto expresa el crecimiento físico, a nivel geométrico, que sufre cada uno de los puntos de una imagen al ser transferida de un soporte a otro. Se define con la diferencia entre el valor tonal teórico en comparación con el valor tonal físico.

El análisis de crecimiento de tamaño de punto a nivel individual tiene correspondencia en los diferentes valores tonales. Sin embargo, la medida absoluta no es igual. Se menciona que la diferencias relativas si se mantienen.

Se menciona que las diferencias en valores de densidad afectan directamente al tamaño del punto. Por lo cual, la ganancia de punto está relacionada con dichos valores.

Por el hecho de que la densidad mide la cantidad de luz que atraviesa una superficie o que se refleja en ella como consecuencia de una relación específica entre las zonas opacas y las zonas transparentes o blancas, es obvio que una ganancia de punto causará siempre unos tonos más oscuros.

Igualmente, se deberá tener en cuenta que, si la medición de la ganancia de punto se realiza mediante densitómetro, la propia densidad de cada uno de los puntos (su negrura) tendrá una influencia marginal sobre la lectura de la densidad global de la zona, esto permite considerar dos componentes claramente distintos en la ganancia de punto:

- Ganancia por efecto mecánico
- Ganancia por efecto óptico

La ganancia por efecto mecánico se refiere al aumento geométrico del tamaño del punto. Por ejemplo, el hecho de que al estar sometida a presión la película de tinta se extienda al entintar la plancha o al transmitir la imagen de la mantilla al papel, es un ejemplo característico de este aspecto. Es importante considerar que la ganancia de punto por causas mecánicas puede estar comprendida entre un 5 y un 20 %.

En cuanto a la ganancia de punto por efectos ópticos, que constituye el otro componente de la ganancia de punto total, se dice que es consecuencia de la forma en que la luz se refleja y se difunde en la superficie de la hoja impresa. Cuando la luz incide en la superficie del papel con un ángulo determinado, se crea una sombra que es mayor que la que produce estrictamente la superficie cubierta de tinta.

En efecto parte de la luz que llega al papel en las zonas no imagen se pierde al sufrir una desviación y dirigirse hacia debajo del punto impreso y quedar absorbida por la tinta. Así pues se puede deducir fácilmente que la ganancia de punto por causa óptica depende principalmente de la composición del papel y de su opacidad.

Por este propio concepto se puede decir que la ganancia de punto por efecto óptico no puede ser ajustado mediante el cambio de variables en la máquina de imprimir, sino que quedará determinada por los materiales que se utilizan. Así pues cuando se trata de control de la ganancia de punto dentro de unas características determinadas de los materiales (tinta y papel) se refiere exclusivamente a la ganancia de punto por efectos mecánicos.

Cuando se analizan los medios tonos impresos, siempre se está valorando el efecto tanto mecánico como óptico de la ganancia de punto. Los densitómetros de reflexión leen igualmente esa ganancia total. La distinción realizada entre los dos efectos tiene por finalidad, por tanto la distinción de sus causas respectivas. La ganancia de punto no es la misma en todos los niveles de valor tonal. Precisamente el máximo cambio en cuanto al comportamiento del punto se experimenta en la zona de los tonos medios, es decir, aquéllos que poseen un 60 % de punto. Así pues, no se puede hablar de una ganancia de punto específica sin referirla a que valor tonal se refiere. En general, se

concentrarán las consideraciones de la ganancia de punto en los valores que van del 30 al 70 %. Aún más, en los casos más simplificados, será suficiente considerar la ganancia de punto en la zona en que acostumbra a ser máxima, es decir alrededor del 50 %, como representativa del comportamiento general de la transferencia de imagen.

Durante el proceso de impresión se puede considerar separadamente el aumento de punto por causas mecánicas y por causas ópticas. En el primer caso se puede dar un incremento típico del 9 % de forma que el tamaño geométrico del punto corresponderá a un valor tonal del 56 %. Si a esto se añade la ganancia de punto por efecto óptico que típicamente puede ser del orden del 11 %, se puede concluir que la ganancia total de punto puede ser del orden del 17 % con una lectura de valor tonal de esta zona a un nivel de 67 %. Si la placa utilizada fuera negativa, el aumento total del valor tonal en esa zona sería aún superior por el hecho de que la transferencia de imagen sobre la plancha negativa no produce un afinamiento de punto, sino una ligera ganancia suplementaria.

Suponiendo que esta hubiera sido del 2 % (en lugar del afinamiento considerado antes del 3 % en el caso de plancha positiva) la diferencia en la ganancia sería del orden del 5 % y, por tanto, el valor tonal en esa zona se hubiera convertido en un 72 %. Se habla en este caso, pues de una ganancia total del 22 %.

2.1.4. Contraste

Probablemente, la forma más simple de describir el contraste sería que es el grado de diferenciación visual entre las zonas claras y las zonas oscuras de una imagen.

En otras palabras se puede decir que es el grado de diferenciación entre las zonas más impresas y las zonas menos impresas, o, lo que es lo mismo, entre las zonas de alto porcentaje de punto y las de bajo porcentaje de punto.

Un poco más técnico, se puede hablar también, del contraste como la forma en que evoluciona la densidad en cada una de las zonas de imagen, desde los tonos más claros hasta los tonos más oscuros. Como sea que se ha observado que la zona más representativa de la existencia de un nivel concreto de contraste, pertenece a las tonalidades media-máxima (75 %), el concepto de contraste se tiende a relacionar con la diferencia de los valores tonales entre la trama y la correspondiente sólido, denominándose entonces, contraste relativo de la imagen.

Esta nueva acepción, que podría identificarse como legibilidad de los tonos oscuros, tiene como defecto opuesto el grado de empastamiento y que se refiere al ensanchamiento de los puntos en zonas de alta densidad, que acerca la superficie eficaz recubierta en la imagen a la del sólido que es del 100 %.

Se ha aceptado en convenir que el contraste relativo de una imagen se identifica con el existente en la zona comprendida entre el porcentaje de punto que va del 75 al 80 %, tomando según los casos uno u otro de estos valores límite.

2.1.5. Error cromático y grisado

El error cromático (o de tono) de un color describe el desequilibrio existente entre los colores que debería reflejar y los que refleja. La cifra que expresa el error de tono es un porcentaje que, si fuera cero, representaría la

reacción de una tinta totalmente ideal. Es decir, un magenta que tuviera un error de tono cero, reflejaría en forma igual el rojo y el azul. Si este mismo color tuviera un error de tono del 100 % hacia el rojo, reflejaría todo el rojo y nada de azul. En realidad este color, lógicamente sería precisamente el rojo.

El error de tono de la tinta es un elemento color que se distingue claramente del parámetro eficacia de la tinta, en tanto que esta última es una valoración cuantitativa con respecto a la respuesta o capacidad de la tinta para dar un nivel determinado de rendimiento. También se debe tener en cuenta que se pretende separar del defecto de error de tono aquel componente común a los tres colores de la gama que, coexistiendo en una tinta concreta, dan pie al concepto de grado de gris.

- Grado de grises: el grado de gris, también llamado grisesa de una tinta es en realidad un defecto que representan las tintas que componen una gama para la impresión en color y que influye en el resultado final del impreso. Como su nombre indica, sirve para valorar el contenido de tonalidad gris que lleva una tinta. Las tonalidades grises de un impreso en cuatricromía deben proceder de la mezcla de los distintos colores en unas proporciones concretas o del complemento que aporta el negro. Por tanto, cualquier componente gris inherente a cada uno de los colores por sí mismos, supondrían una desviación en los valores de los grises que se pretende reproducir.

2.1.6. Atrape

También llamado rendimiento en superposición de una tinta, describe el grado de respuesta óptica que presenta al transferirla sobre otra u otras

películas de tinta, ya sean secas o húmedas, que se encontraban previamente sobre el sustrato a imprimir.

De otra forma, se puede definir el atrape o rendimiento en superposición como la relación porcentual existente entre la diferencia de densidades de la impresión superpuesta y la primera tinta con respecto a la densidad de la segunda tinta impresa, lógicamente, estas densidades deben ser medidas en función de la componente de color de la segunda tinta impresa.

Lógicamente se podrá hablar de atrape en cada una de las posibles relaciones de un color sobre otro, dependiendo de la secuencia de colores según la que se imprime.

Partiendo de los tres colores básicos, los posibles casos de rendimiento en superposición pueden basarse en las siguientes relaciones:

- Amarillo sobre cyan
- Amarillo sobre magenta
- Magenta sobre amarillo
- Magenta sobre cyan
- Cyan sobre magenta
- Cyan sobre amarillo

Normalmente resulta muy difícil diferenciar esta medición a relaciones de tres o cuatro tintas. Por tanto, se aplica el método solamente para comprobar el rendimiento en superposición de una tinta única sobre otra tinta única.

Puede observarse que el índice de atrape expresa porcentualmente, pues, el grado de rendimiento de la segunda tinta impresa sobre la primera que se ha extendido sobre el sustrato, con respecto al que presentaría si se imprimiera directamente sobre el papel.

2.1.7. Dónde y cómo realizar las mediciones de los parámetros relacionados con la transferencia de imagen en la impresión

Los parámetros relacionados con la transferencia de imagen o parámetros densitométricos, se miden por medio de un densitómetro o espectrodensitómetro en unas tiras de control que venden diferentes casas especializadas y las cuales una vez generadas aparecen impresas en todos los pliegos del tiraje, para que se pueda tomar las mediciones consecutivamente.

Figura 24. Diferentes tiras de control



Fuente: ECI, México.

Figura 25. **Medición de una tira de control**



Fuente: ECI, México.

2.2. Parámetros relacionados con el control de la tinta en la impresión

Estos parámetros son los directamente relacionados con el comportamiento de la tinta en la impresión. Son estos unos parámetros fisicoquímicos y por los tanto son de los que más influencia tienen en el resultado del color. Dichos parámetros se refieren o buscan básicamente el adecuado equilibrio tinta-agua y se rigen por medidas estándar de pH y conductividad.

2.2.1. Solución de fuente

La solución de fuente es un compuesto polar utilizado, para reducir la tensión superficial y mejorar la transferencia de la tinta en las aéreas no permeables. Su función principal es adherirse a las aéreas de la placa permeables y no permitir la adherencia de la tinta en esas áreas. Es necesario que la solución de fuente se mezcle con agua, debido a que esta es la principal característica de la impresión *offset*.

La solución de fuente tiene una interacción con las tintas (haciendo variar sus características) así como con otros elementos tales como las placas y el papel que le confiere una importancia sustancial.

Para los efectos de este estudio, es importante describir la interacción de esta con la tinta. Para realizar una elección correcta de la solución de fuente (a la cual se le adiciona agua), es imprescindible conocer las características del agua que se utiliza.

Las distintas formulaciones de solución de fuente o de mojado pretenden contribuir con efectos específicos hacia cada uno de las características propias del agua que se utiliza. Si una solución de fuente ha tenido un comportamiento óptimo durante un tiraje, esto no se puede generalizar a otros tirajes cuyas características pueden ser distintas.

Aunque el pH de la solución de fuente es algo importante a controlar, la conductividad de la solución durante la impresión indicará con mayor certeza la concentración de la solución que se encuentra en el sistema.

El valor de la acidez o alcalinidad (pH) puede medirse con un dispositivo electrónico mediante sonda.

La conductividad se deberá medir imprescindiblemente con un conductímetro cuya escala haya sido adaptada a la gama de trabajo de las soluciones de fuente.

Los parámetros recomendados para la solución de fuente están establecidos como sigue siempre que el PH de la misma se encuentre dentro del rango de 4 a 4,5 y estos son los siguientes: 1 500 μ s para equipos que

poseen sistema de alcohol y 1 800 μ s para equipos que no poseen sistema de alcohol.

2.2.2. Componente adicional para la solución de fuente

Es necesario en algunos procesos de impresión utilizar alcohol isopropílico, debido a que la tensión superficial del agua junto con la solución de fuente no es aceptable por la misma velocidad. Y ser requiere que la transferencia de tinta a mayor velocidad sea más eficiente, esto se logra con la tensión superficial del de agua sea al mínimo y agregando alcohol a la solución de fuente.

3. SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Reseña histórica de control del color en impresión

A finales de 1978, Cromacheck® y Color Key® eran los procesos de comparación de color para los sistemas de impresión en *offset*. Estos sistemas consistían en una separación de los colores proceso (cyan, magenta, amarillo y negro) en un acetato transparente y todo esto se sobreponía en un fondo blanco. Esto daba una apariencia en el color que se aproximaba al color de impresión. Sin embargo, este sistema y por sus características propias tenía muchas diferencias. Principalmente, debido al tipo de tinta que se utilizaba para hacer las impresiones sobre el acetato. Adicional el acetato creaba un brillo muy intenso que ocasionaba en muchas veces, dificultad en visualizar correctamente el color. Todos estos procesos se hacían sistemáticamente en forma manual y visual.

Posteriormente, la empresa Agfa Internacional hace un convenio con la empresa Epson Inc., en la cual generan una impresora especial para realizar pruebas de color (Sherpa®), la cual emulaba de manera más cercana las condiciones de impresión y podía generar con mayor certeza el color próximo a imprimir. A esto se le llamó prueba de color; esta se realizaba sobre un sustrato de papel especial, parecido al papel de impresión. Pero estas pruebas eran muy difíciles de reproducir, debido a que no se tenía una idea exacta de las condiciones ideales de reproducción de color y mucho menos reproducirlas en una prueba de color. Adicional que estas pruebas eran onerosas en comparación al Color Key®.

En la actualidad, en todo el proceso de producción de cualquier diseño, se llevan controles intermedios que permiten monitorear el color en todo su recorrido y todas sus fases. Principalmente en el área de impresión final. Es por eso que se hacen estas recomendaciones porque la metodología de control de color en impresión existe. Pero no se realiza adecuadamente.

3.2. Criterios de comparación para el control color en impresión

En la actualidad los criterios están definidos por el operador en el proceso final de impresión. Generalmente, con la muestra de impresión o la prueba de color, el prensista, por medio de la manipulación de la cantidad de tinta agregada en impresión llega a igualar la impresión final, sin importar si los datos que se obtienen densitométricamente, son los correctos y sugeridos a nivel internacional.

Adicional, ocurre lo mismo cuando se refiere a colores pantones directos. El prensista llega a través de una guía de color de pantones sólidos compara colores sobre una impresión en CMYK (cuatricromía), lo cual genera un sinfín de problemas en comparación un color con otro. Esto se debe a que en color proceso (CMYK) al entonar con colores sólidos y directos como los pantones, existe una limitante en cuanto a la gama de uno y de otro.

Es muy diferente el igualar colores en combinación con una base de cuatro colores y medios tonos que en comparación con una base de 12 colores sólidos (pantones).

3.3. Criterios de iluminación

La iluminación que se utiliza para la visualización de trabajos de impresión, corresponde normalmente al medio ambiente en donde se desenvuelve el comercio. Sin embargo, estos criterios han cambiado con el tiempo se han otorgado con mayor frecuencia a la necesidad del mercado. Los criterios que se utilizan, generalmente, provienen del cliente. El cual dispone del tipo de iluminante que necesita para sus productos. Habitualmente, se utilizaba una iluminante de 5,000 grados kelvin. Sin embargo, esto ha cambiado por lo que en la actualidad se está utilizando un iluminante de 6,500 grados kelvin. Este se debe a un cambio en las tendencias del mercado internacional.

3.4. Problemas derivados por no tener un adecuado control del color en la impresión

Los problemas derivados por no tener un adecuado control del color impresión son incalculables. Pero basta con definir que se traducen en pérdidas de tiempo o de dinero (asociado a los costos que esto implica), inconsistencia en la producción o sea colores variados en el tiraje y con respecto al original o a la prueba autorizada y por si fuera poco insatisfacción del cliente.

3.4.1. Pérdida de tiempo en la producción

Los niveles de producción están relacionados a la habilidad y la experiencia del operador en sus equipos en su mayoría. Sin embargo, el problema del color es fundamental para poder generar una buena impresión. En ocasiones este es un problema debido a que el control del color no está sujeto a un sistema de medición uniforme que permita el poder tener un mejor

control del mismo. Esto significa que para poder entonar cualquier color el operador pierde tiempo en exceso en esta operación.

En comparación con un sistema controlado de color, esta operación sería parte del mismo proceso sin generar ningún cuello de botella (mediciones densitométricas).

3.4.2. Inconsistencia en la producción

La inconsistencia en la producción se define como la diferencia en las mediciones densitométricas entre varios trabajos, los cuales dan datos fuera del rango de aceptabilidad sugerido. Esto permite que la impresión de los mismos, cambien las características principales de color de un trabajo igual o similar. En un momento actual y posterior.

3.4.3. Insatisfacción del cliente

La insatisfacción del cliente se debe a que los trabajos presentados difieren en los tiempos de entrega. Se adiciona que estos mismos no mantienen una uniformidad en el color. Por lo que, existen variantes perceptibles con una simple inspección del color entre un trabajo similar y el estándar.

4. PROPUESTA

4.1. Técnicas de medición del color utilizando parámetros densitométricos

A continuación se presentan las técnicas de medición del color utilizando los parámetros densitométricos.

4.1.1. Espesor de la capa de tinta

La impresión producida por el color de una imagen impresa depende, hasta cierto punto del espesor de la capa de tinta aplicado. En el papel estucado o recubierto las coordenadas cromáticas correctas deberían alcanzarse con un espesor de capa entre 0,7 y 1,1 μm . Según el papel y la tinta utilizados, el espesor de la capa de tinta en la impresión *offset* puede alcanzar hasta 2,5 μm .

(1 μm =1/1,000 mm)

En las tintas transparentes de la escala, las variaciones del espesor de la capa de tinta impresa se hacen visibles ópticamente por las diferencias en la saturación del tono de color. También la luminosidad puede sufrir influencias. La consecuencia de ello son divergencias respecto a las coordenadas cromáticas dadas y fluctuaciones de color a lo largo de un tiraje, así como la limitación de la gama cromática imprimible.

Tal como se ha mencionado anteriormente, el control visual del entintado (espesor de la capa de tinta), solo es posible de forma limitada e insuficiente. Tampoco la medición del espesor real de la capa de tinta, en mm, resulta viable en la práctica cotidiana de una imprenta, debido a la exactitud de medición requerida. Por consiguiente, en las imprentas el control metrológico se realiza principalmente, mediante densitómetros. Con un densitómetro pueden registrarse y controlarse, midiendo la densidad de tono lleno (DV), las diferencias en el espesor de capa de tinta.

4.1.2. Enjuiciamiento visual

El color es una impresión sensorial. Solo se puede percibirlo en combinación con la luz. La luz penetra en la tinta transparente de la capa impresa. Al atravesar la tinta choca constantemente con pigmentos que, en dependencia del espesor de la capa de tinta y de la concentración de pigmentos, absorben un porcentaje mayor o menor de determinadas longitudes de onda de la luz. Los rayos luminosos alcanzan finalmente la superficie (blanca) del material impreso y son reflejados por ella. Después de atravesar nuevamente la capa de tinta impresa, la luz no absorbida por la tinta vuelve a emerger. Este porcentaje de luz es percibido por el ojo y constituye la base del enjuiciamiento de la saturación del color.

Una gruesa capa de tinta absorbe mucha luz y, por consiguiente, de ella emerge poca luz; el ojo ve un tono de color oscuro. Una capa de tinta delgada absorbe menos luz, así pues refleja más luz y el tono de color aparece más claro.

4.1.3. Densidad

Para describir el comportamiento de la absorción de una capa de tinta de imprenta con respecto a la luz se utiliza, entre otros, el concepto de densidad óptica. Cuanto más densa es una capa de tinta, tanto mayor es la resistencia que opone al paso y a la salida de parte de la luz.

4.2. Densitómetros

Existen dos tipos de mediciones con equipos densitométricos para la impresión *offset*. Uno es los equipos densitométricos de transmisión, se utiliza para medir la densidad en los elementos de preimpresión (película). Y los densitómetros de reflexión. Con los densitómetros de reflexión existen dos tipos de equipos en la actualidad y son:

- Densitómetros de reflexión convencional (3 filtros)
- Densitómetros de reflexión espectral (12 filtros)

4.2.1. Principios de medición de un densitómetro

El principio de la medición de un densitómetro se parece mucho al principio de enjuiciamiento visual por parte del impresor. La luz de una fuente luminosa estabilizada incide, a través de un sistema de lentes, sobre la superficie impresa. Según el espesor de la capa de tinta y la pigmentación de la tinta se absorbe parte de la luz. El porcentaje de luz no absorbido es reflejado por la superficie del material impreso. Un sistema de lentes recoge los rayos luminosos que emergen de la capa de tinta en un ángulo de 45° con relación al rayo de medición y los conduce a un receptor (fotodiodo).

La cantidad de luz recibida por el fotodiodo es transformada en energía eléctrica. El equipo electrónico compara ahora esta corriente de medición con un valor de referencia (reflexión de un blanco absoluto). La diferencia es la base para el cálculo del comportamiento de absorción de la capa de tinta medida.

Filtros de color en la trayectoria de los rayos limitan la luz a las gamas de ondas relevantes para la tinta en cuestión. Además, algunos densitómetros llevan filtros de polarización intercalados que impiden que se produzcan diferencias de valor de medición entre tinta seca y húmeda.

Según el modelo de densitómetro, la trayectoria de los rayos puede ser también inversa, es decir que la luz incidente llega en un ángulo de 45° al objeto de la medición, y el receptor forma un ángulo de 90° con la superficie del material impreso.

4.2.2. Filtros de polarización

Las superficies de las tintas húmedas y secas reflejan la luz en forma distinta. En comparación con una tinta seca, la tinta recién impresa refleja, debido a su superficie lisa, gran parte de la luz emitida por la fuente luminosa y el receptor registra menos luz. La medición arroja un valor densitométrico más alto.

Al secarse, la tinta se adapta a la estructura irregular de la superficie del papel. Disminuye la reflexión tipo espejo y la luz incidente sufre una mayor dispersión. El receptor recibe entonces más luz. A pesar de que no ha variado el espesor de la capa de tinta, una nueva medición arrojará ahora un valor densitométrico más bajo.

Para eliminar estas influencias debidas a la superficie de la capa de tinta, en la trayectoria de los rayos se intercalan filtros de polarización lineales. Estos filtros de polarización presentan la propiedad de dejar pasar solamente la luz que oscila en una dirección, dentro del conjunto de ondas luminosas que oscilan en todas direcciones. Los rayos luminosos orientados por el filtro de polarización son reflejados también, en parte, por la superficie de la tinta, como en un espejo, sin que varíe su dirección de oscilación.

Si esta luz polarizada incide ahora en un segundo filtro de polarización hecho girar en 90° , los rayos luminosos no pueden atravesar este filtro situado en otro plano de oscilación y, por consiguiente, no pueden influir tampoco en la medición.

Los rayos luminosos que penetran, en cambio, en la capa de tinta y son reflejados por ella o por el sustrato impreso, pierden su dirección de oscilación (polarización) original y pueden atravesar de este modo el segundo filtro. Así pues, al receptor llegan únicamente los rayos influidos por el espesor de la capa de tinta que resultan necesarios para la medición.

4.2.3. Filtros de polarización en la trayectoria de los rayos

Debido al efecto de los filtros de polarización, al receptor le llega menos luz, tanto con la tinta húmeda como con la tinta seca. De este modo se obtienen, por principio valores densitométricos más altos que en las mediciones realizadas sin filtros. Muy en especial en las densidades por encima de $D=1,00$.

4.2.4. La trayectoria de los rayos luminosos en un densitómetro

Los densitómetros se usan básicamente para el control del color en la impresión a varias tintas. Se miden sobre todo además del negro y los colores especiales eventualmente empleados, los colores de la escala; cyan, magenta y amarillo.

4.3. La densidad de color como magnitud de medición

Los densitómetros indican el resultado de la medición de la densidad de color en valores logarítmicos. Para expresarlo de una forma simplificada, los valores indican la relación de la luz absorbida entre un blanco absoluto y la capa de tinta medida.

En la práctica, la magnitud de medición densidad de color se designa simplemente con el nombre de densidad.

El valor densitométrico se calcula según la fórmula siguiente:

$$D = \log\left(\frac{1}{\beta}\right)$$

El cálculo del valor β requerido (grado de reflexión) se ilustra a continuación:

El grado de reflexión β indica la relación entre la reflexión de luz de la muestra que se mide (tinta) y un blanco absoluto (valor de referencia).

Con el valor β el cálculo puede realizarse de la forma siguiente:

$$D = \log\left(\frac{1}{\beta}\right) = \log\left(\frac{1}{0,5}\right) = \log(2) = 0,30$$

4.3.1. Valores logarítmicos

Los valores densitométricos se indican siempre en valores logarítmicos. Mediante esta conversión se pretende adaptar la medición de la densidad a nuestra facultad de percepción de la luz. El hombre como se sabe, valora los estímulos ópticos y también los acústicos en función de una escala logarítmica. Ello significa que las intensidades uniformemente crecientes no son percibidas de forma uniformemente creciente. Si se contempla por ejemplo una mesa luminosa cuya plancha opalina está iluminada por un tubo fluorescente, se registra una determinada intensidad de luz. Encendiendo ahora un segundo tubo fluorescente de la misma potencia, la plancha recibe el doble de energía lumínica, pero no se percibe esa energía adicional como si duplicara la anterior.

Volviendo a duplicar la energía, el grado de incremento de la percepción sería todavía menor. Cuanto más a menudo se aumenta la energía lumínica, tanto menor es la percepción de su incremento.

Este fenómeno tiene una expresión numérica en la escala de la regla de cálculo que es logarítmica. Las cifras 1, 2, 3, 4, ..., representan, referidas a la facultad de percepción óptica, las energías lumínicas realmente disponibles. Por consiguiente la energía lumínica 2 es el doble de 1 y 4 es el doble de 2. 10 es del decuplo de energía con respecto a 1. Las distancias cada vez más pequeñas entre las cifras ponen de relieve, en cambio, las magnitudes de energía lumínica que percibimos. El paso de 9 a 10, por ejemplo, parece mucho menor que el paso de 1 a 2.

4.3.2. Valores de medición relativos

Los valores densitométricos son siempre valores de medición relativos de un determinado densitómetro. Debido a las variaciones en la distribución espectral de los manantiales luminosos y a las diferencias en la permeabilidad espectral de los filtros (envejecimiento), a las diferencias de sensibilidad de los fotorreceptores y a diversas geometrías de medición, los valores de medición no son comparables, sobre todo en los modelos antiguos. En los modernos densitómetros, si el manejo es correcto y se calibran periódicamente puede conseguirse, por lo menos en aparatos del mismo tipo, una concordancia en un margen de tolerancias aceptable.

4.3.3. Puesta a cero a la blancura del papel

Antes de la medición, los densitómetros tienen que ser puestos a cero a la blancura del papel utilizado en el tiraje (blanco de referencia) para descartar influencias debido a la coloración y superficie del papel al valorar la capa de tinta impresa. A tal efecto se mide la densidad del blanco del papel y este valor se convierte en cero. La indicación por lo tanto se ajusta a $D = 0,00$.

4.3.4. Densidad de tono lleno DV

Al medir una superficie de tono lleno (también llamada masa o fondo) el resultado de la medición recibe el nombre de densidad de tono lleno (densidad en masa), y su abreviatura es DV. La medición se realiza sobre una tira de control de impresión incluida en el pliego, perpendicularmente a la dirección de la impresión. Esta tira contiene además de otros elementos de control, campos de tono lleno para los cuatro colores de la escala. Estos campos de tono lleno se repiten a cortas distancias o en cada zona de entintado.

4.4. Relaciones entre el espesor de la capa de tinta y la densidad de color

Entre el espesor de la capa de tinta y la densidad de color hay estrechas relaciones. El comportamiento de absorción de una capa de tinta depende del tono de color, del espesor de la capa así como del tipo y concentración de la pigmentación de la tinta. Sin embargo, como las coordenadas cromáticas (tono) de los colores de la escala están normalizadas y la concentración de pigmentos de estos colores ha sido fijada dentro de un determinado marco, el único parámetro influible por el impresor es el espesor de la capa de tinta.

Figura 26. **Mediciones con densitómetro**



Fuente: ECI, México.

4.5. Técnica de perfilación de color

La técnica de perfilación de color es la que permite por medio de mediciones densitométricas relacionar los espacios de color de los dispositivos de impresión con el principal origen de los diseños, las computadoras. Y con

esto, se puede entonces elaborar diseños ajustados a nuestra realidad de impresión, con lo cual se logra uniformidad y consistencia en los trabajos.

4.5.1. Perfiles ICC

Dentro del ámbito de la gestión del color, un perfil ICC es un conjunto de datos que caracteriza a un dispositivo de entrada o salida de color, o espacio color, según los estándares promulgados por el Consorcio Internacional del Color (ICC). Los perfiles describen los atributos de color de un dispositivo en particular o requisito de visionado por la definición de una correspondencia entre el dispositivo de origen espacio color objetivo y un espacio de conexión de perfil (profile connection space – PCS). Este PCS es CIELAB o CIEXYZ.

Las correspondencias se pueden especificar usando tablas, en las cuales se aplica interpolación, o bien por medio de series de parámetros para las transformaciones.

Cada dispositivo que captura o muestra color puede tener su propio perfil. Algunos fabricantes suministran perfiles para sus productos y hay algunos que permiten a los usuarios generar sus propios perfiles, normalmente a través del uso de colorímetros o preferiblemente espectrofotómetros.

El ICC define el formato de manera precisa, pero no describe algoritmos ni detalles de procesamiento. Esto acarrea posibles variaciones entre aplicaciones y sistemas que trabajan con los perfiles ICC.

Para comprender esta tarea en la práctica, se supondrá que se tiene un RGB particular y un espacio CMY(K), y se quiere convertir desde RGB a aquel CMY(K). El primer paso es obtener los dos perfiles ICC en cuestión. Para

realizar la conversión, primero cada triple valor RGB es convertido al Espacio de Conexión de Perfiles (PCS) usando el perfil RGB. Si es necesario, el PCS se convierte entre CIELAB Y CIEXYZ, una transformada bien definida. Después el PCS es convertido a CMY(K).

Un perfil puede definir varias correspondencias, según la propuesta de visualización. Estas correspondencias permiten elegir entre el valor de color más próximo o reajustar el rango entero de color para permitir distintas gamas.

4.5.2. El sentido de los perfiles de color

Una prensa litográfica *offset* es un dispositivo de salida similar al resto de las máquinas de imprimir, incluidas las impresoras de consumo. Por eso la técnica aplicable a sus perfiles de color como dispositivos de impresión es la misma.

En la creación de un perfil ICC, es importante considerar que las condiciones en las se creó el perfil, deben de ser las mismas en el momento de generar una impresión convencional para que haya continuidad en las mediciones densitométricas.

Es por eso que las condiciones en máquina deben de mantenerse y monitorearse constantemente para que el perfil que se creó bajo esas condiciones funcione para cualquier trabajo.

Si las condiciones de impresión son cambiantes de acuerdo a los requerimientos de color por cada trabajo, se desvirtúa la utilización de perfiles de color, debido a que el monitoreo arrojará datos diferentes constantemente sin poder determinar cuales solo los aceptables.

Por eso, el requisito indispensable para utilizar perfiles de color ICC en una imprenta es que las condiciones de impresión (*printing conditions*) se mantengan estables de forma continua y dentro de unos márgenes de tolerancia establecidos.

Sobre los problemas de estabilidad de las condiciones de impresión se han escrito numerosos libros. Para mantener estables esas condiciones de impresión, se utilizan como base algunas medidas y reglas. Una de ellas es la composición de los tonos neutro grises. Según el GATF (Fundación Técnica de Artes Gráficas), el gris neutro sin negro debe alcanzarse con 100C 39M 41Y; y para ISO (Organización Internacional de Normalización) esa composición es de 50C 40M 40Y. Otra regla se basa en la reproducción neutra de una escala de grises compuestos de varias tonalidades.

4.5.3. Perfilar el dispositivo de impresión

La perfilación de un dispositivo, persigue el poder conocer la gama de reproducción de color y sus parámetros principales.

Para realizar esta actividad es necesario determinar que los *setting* (ajustes) del equipo se encuentran en condiciones aceptables (presiones, velocidad, temperatura, apertura de llaves, entre otros). Una vez estandarizado estas condiciones, se puede proceder a generar una prueba de color. Esta, está configurada con un cierto número de parches de color. Estos parches contienen información en cuanto al color teórico que debería imprimir el equipo (valores Lab). Normalmente cualquier equipo no puede reproducir los colores de estos parches de la misma forma (mismo valores), por lo cual la interpretación de estos se lleva a cabo a través de un programa de color que permite poder determinar la diferencia entre el color teórico y el color físico de cada parche

Al final esta interpretación es por definición el perfil ICC. Siempre que se desarrolle la impresión de estos parches, las mediciones densitométricas deben de intervenir para calificar que los valores de impresión son los correctos (valores de densidad, ganancia de punto, entre otros).

Los valores densitométricos de estandarización normalmente se encuentran dentro de un rango aceptable. Esto significa que se persiguen estos valores a través de un rango de aceptabilidad y que corresponde a un delta 5.

4.5.4. Creación de los perfiles de color de impresión

En ambas situaciones, la creación de un perfil sigue los siguientes cuatro pasos:

4.5.4.1. Preparación

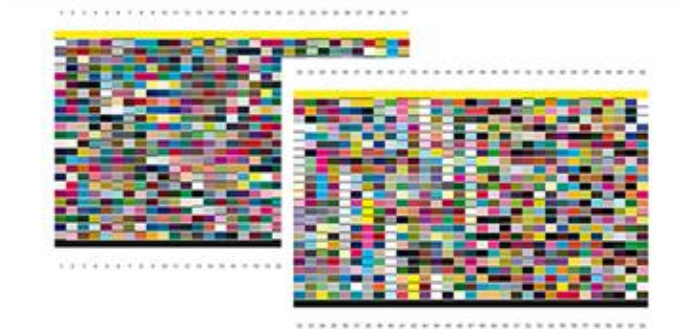
Se determina todos los insumos a utilizar y estos se estandarizan. Se está hablando de insumos como el papel (el blanco del papel que no debe exceder el valor de 100 % de blancura), los valores Lab de las tintas proceso, los *setting* (ajustes) del equipo a perfilar (velocidad, presiones, valores intrínsecos de solución de fuente, acidez de papel, entre otros).

4.5.4.2. Impresión de la carta de caracterización

Los programas de color existentes, tienen la habilidad de poder determinar según la necesidad del equipo diferente cantidad de parches de color. Esto va a estar determinado por el tamaño de impresión del equipo. Una vez obtenida esa información, se determina el tamaño de la hoja de impresión y la cantidad de

parches que pueden imprimirse sucesivamente en un tiraje. A mayor volumen de parches de color, con mayor certeza el perfil de color será creado.

Figura 27. **Carta de caracterización**



Fuente: ECI, México.

4.5.4.3. Caracterización de la máquina

En el tiraje de la prueba de control de color o parches de color se debe de considerar que las condiciones de reproducción del mismo deben de coincidir con los valores densitométricos aceptables. Adicional a la velocidad, las presiones de los rodillos, los insumos a utilizar deben encontrarse estandarizados. Posterior al tiraje, se retiran las muestras de impresión que correspondan a la media de las condiciones normales de impresión. Estas muestras deben de reflejar estas condiciones regulares de impresión.

4.5.4.4. Creación del perfil

Para la creación del perfil, se introducen todos los datos de los parches al programa de color que se encarga de la interpretación de la reproducción del color, a través de un espectro densitómetro creado para tomar lectura de los parches de color. Este perfil personalizado tiene la gama de colores que puede reproducir. Esto se logra porque la cantidad de parches emitidos para la impresión de perfilación, en los mismos, existen valores de color que no pueden reproducirse en este equipo por lo que poco a poco se va configurando un área específica del color para este equipo en particular.

4.5.5. Elección del programa para realizar el perfil

Existen para la interpretación del color algunos programas especializados. Los cuales pueden generar los algoritmos necesarios para la gama de color del equipo analizado. Como por ejemplo MonacoProfiler® de X-rite, es un potente programa de creador de perfiles, con buenos resultados de análisis y una buena cantidad de parches por distribución de área. Este programa necesita auxiliarse de varios equipos externos para poder funcionar. Se habla específicamente de un espectrodensitómetro de medición de parches especializado como el DTP41 o el DTP54, para perfilar equipos de impresión.

Para la perfilación de monitores necesita de un espectrodensitómetro de monitores como el Mónaco Optix VR®.

I/O one Mach Profile® es un programa de la casa Gretag Macbeth, en la cual también como su predecesor tienen una buena cantidad de parches de impresión. Adicional puede enviar estos parches en diferentes tipos de archivos.

4.5.6. ¿Qué es una prueba de color?

Es un método que permite, luego hacer todas las calibraciones y perfilaciones pertinentes de un equipo de impresión, generar una impresión con esos parámetros establecidos y determinar que se encuentran dentro del rango establecido. Estas mediciones se logran a través de medir el color en valores Lab y los valores densitométricos. Para esto se utilizan los equipos espectrodensitómetros.

4.5.7. ¿Cómo se hace una prueba de color?

Es necesario que para la prueba de color se tome en consideración el *target* (objetivo) para la prueba de color. El cual debe de llevar las condiciones necesarias del equipo de impresión y que se adecue a los valores que se requieran. Una vez obtenido el perfil, este se ejecuta dentro de los programas de diseño para que el rango de color pueda ser interpretado y visualizado correctamente. La ventaja de la utilización de perfiles de color en los programas de diseño es que cualquier modificación al color, este se refleja automáticamente en la impresión final. Caso contrario de no utilizar los perfiles de color en los dispositivos de impresión.

4.5.7.1. Realizar una prueba de color física (*hard proof*) en una impresora CMY(K)

Una vez determinado el tipo de prueba de color ya estandarizado, se procede a enviarlo por todo el proceso convencional, siempre respetando todos los parámetros que fueron creados para los equipos involucrados en la prueba de color de impresión. Es decir que hay que elaborar todos los elementos de impresión (preprensa), luego trasladarlos a impresión para su proceso final,

bajo los mismos parámetros ya establecidos. Estas pruebas para obtenerlas se pueden solicitar a Adobe, Xrite, CIE, ICC, las cuales ya fueron debidamente probadas en impresión. De este tipo de pruebas existen para los diferentes dispositivos de impresión o de reproducción de color.

4.5.7.2. Realizar una prueba de color (*soft proof*) en el monitor RGB

Una vez los equipos se encuentran seteados (ajustados), se procede a verificar visualmente que la prueba de impresión *soft* (suave), que se realiza en una impresora especial (Sherpa®), esta se compara con el archivo visual que se genera en monitor. Deben de coincidir en apariencia y color.

4.5.7.3. Elección de una prueba objetivo para la prueba de color de la impresión final

Para una prueba de impresión es necesario considerar los elementos más importantes de análisis en la prueba de color y de calidad.

Se puede mencionar como los puntos mínimos, el atrape de impresión, calidad en los contornos de imagen, el desarrollo de las tramas, impresión mínima de textos, sólidos e invertidos, etc. Estos parámetros están sujetos a los requerimientos de producción y la calidad a la cual se quiere llegar.

Tomando en consideración todos estos elementos se dispone a elegir la mejor prueba de impresión que llene estos requisitos.

5. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA Y SEGUIMIENTO

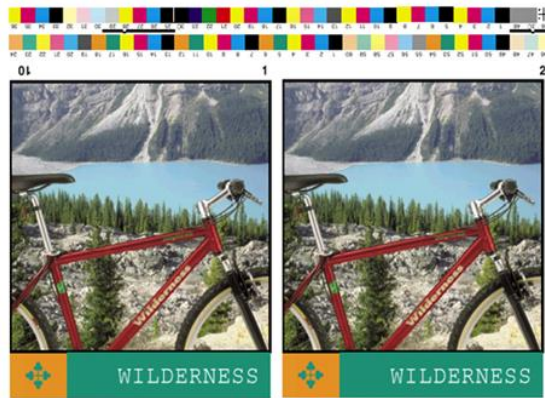
5.1. ¿Cómo realizar la técnica de medición de color utilizando densitometría?

Las técnicas de medición densitométricas están sujetas a los diferentes equipos que hay en el medio. Estas pueden variar por lo que es importante siempre determinar cuál equipo hay que utilizar y que se adecue a el procedimiento de calidad de la empresa. Por lo general se hará una descripción del procedimiento, debido a que existen factores en común en todos los equipos.

5.1.1. Densidad

Para la medición de densidad se escoge una serie de parches sólidos que involucren las tintas a utilizar. En general se puede mencionar que son las cuatro tintas proceso o principales (cyan, magenta, amarillo y negro). Hay que tomar en consideración que para la medición de densidades es necesario que se realice en parches sólidos. No se puede realizar en tramas o semitonos. Los valores obtenidos son absolutos y no poseen dimensionales por ser valores de reflexión.

Figura 28. **Midiendo densidad**



Fuente: X-Rite.

A continuación los valores sugeridos se presentan en la siguiente tabla:

Figura 29. **Valores de densidad**

• Valores de Densidad Típicos

	Black	Cyan	Magenta	Yellow
Sheetfed offset	1.70D	1.40D	1.50D	1.05D
Web offset	1.60D	1.30D	1.40D	1.00D
Non-Heat set web, News	1.05D	0.90D	0.90D	0.85D

Rango T, Densidad Absoluta

EO Graphics X-Rite
Densitometria

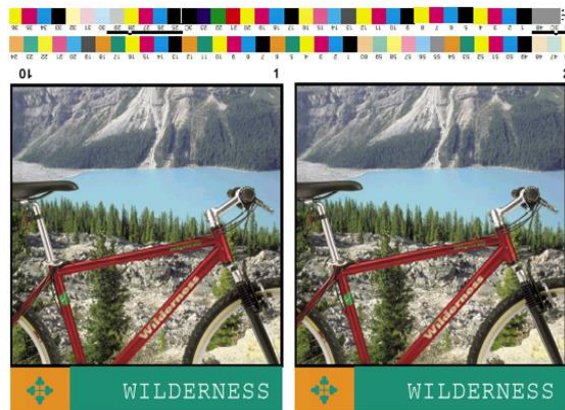
Fuente: X-Rite.

5.1.2. **Ganancia de punto**

La ganancia de punto se mide a través de parches seleccionados que permita determinar con precisión el tipo de valor tonal que se está analizando. Típicamente se analiza a través de tres tipos de parches para calibrar el equipo.

Y es: 0 % de tinta, necesario para determinar por reflexión el sustrato; luego el parche al 50 %, este se utiliza como referencia intermedia para la medición; y un parche al 100 % que serán el límite de valor tonal entero. Este tipo de medición es un sistema americano. Existen otras variables de medición, pero por concepto es mejor referirse al área de trabajo, que en este caso es América.

Figura 30. **Midiendo punto**



Fuente: X-Rite.

Los valores típicos de ganancia de punto son los siguientes:

Figura 31. **Valores de ganancia de punto**

► ¿Qué números debería buscar?

- Valores de Ganancia de Punto Típicos de medias tintas

	Black	Cyan	Magenta	Yellow
Sheetfed offset	22%	20%	20%	18%
Web offset	22%	20%	20%	18%
Non-Heat set web, News	32%	33%	34%	30%

Rango T. Calculado usando la ecuación Murray/Davies medida en un 50% de pantalla de película

SCI Graphics X-Rite

Densitometría

Fuente: X-Rite.

5.1.3. Contraste de impresión

El contraste de impresión se determina a través de una serie de movimientos en máquina, la cual permite saber hasta qué punto se realiza el contraste de impresión. Para esto se utiliza parches o cuadros al 0 % que indica el sustrato; parches al 75 % que da la referencia en el momento de mover la cantidad de tinta a incorporar en la impresión; y al 100 % que indica el valor tonal de la tinta o color. El procedimiento es hacer una calibración de equipo con el parche al 0 y al 100 %. De esto se obtienen los extremos de impresión para luego hacer la medición al parche del 75 %.

Esto va a generar un dato el cual y conforme al incrementar la cantidad de tinta de impresión, esta tiende a aumentar gradualmente. Existe un momento en la medición y en el manejo de incremento de tinta que el valor en lugar de aumentar disminuye.

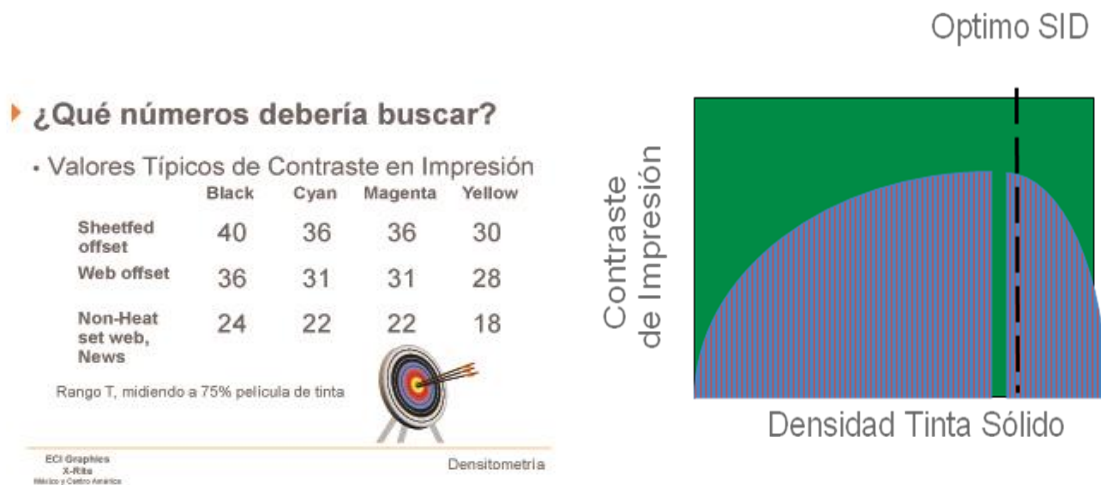
Figura 32. **Midiendo contraste**



Fuente: X-Rite.

Se expresa los valores típicos que deberían de buscarse para el contraste ideal en el siguiente cuadro:

Figura 33. **Valores de contraste y relación contraste densidad**

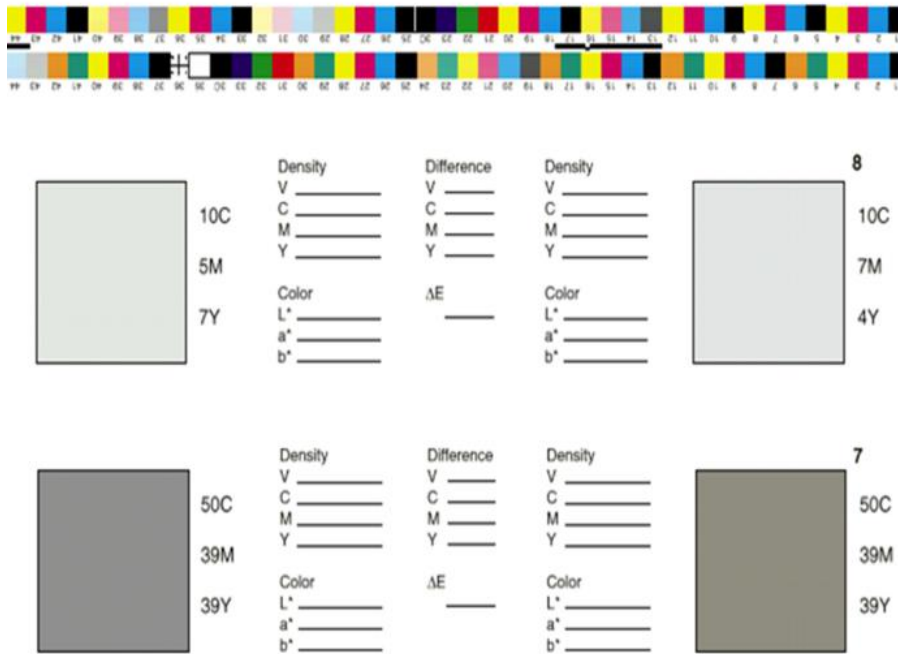


Fuente: X-Rite.

5.1.4. Error cromático o grisado

Para la medición del error cromático es necesario saber que las mediciones se tienen que llevar a cabo en un parche gris, el cual se obtiene de la mezcla de los colores proceso (sin el negro), cyan, magenta y amarillo. En combinación todos ellos dan un parche de un gris ideal que refleja los niveles de entintado ideales.

Figura 34. **Midiendo error cromático o grisado**



Fuente: X-Rite.

A continuación se presentan los valores ideales a perseguir en la medición del parche gris.

Figura 35. **Valores de grisado**

► **¿Qué números debería buscar?**

• **Valores Típicos de Grisado**

	Cyan	Magenta	Yellow
Sheetfed offset	14%	14%	6%
Web offset	21%	18%	15%
Non-Heat set web, News	42%	34%	25%

Rango T, papel incluido



ECI Graphics
X-Rite
México y Centro América

Densitometría

Fuente: X-Rite.

5.1.5. Atrape

Para mediciones de atrape se necesita impresión de parches sólidos en los cuales se hacen traslapes de las tintas que se utilizan. Los colores de traslape son el cyan con magenta, el cyan con el amarillo, el magenta con el amarillo. La secuencia de traslape, normalmente tiene que ver con la secuencia de impresión. Los valores a perseguir se presentan a continuación:

Figura 36. **Midiendo atrape**



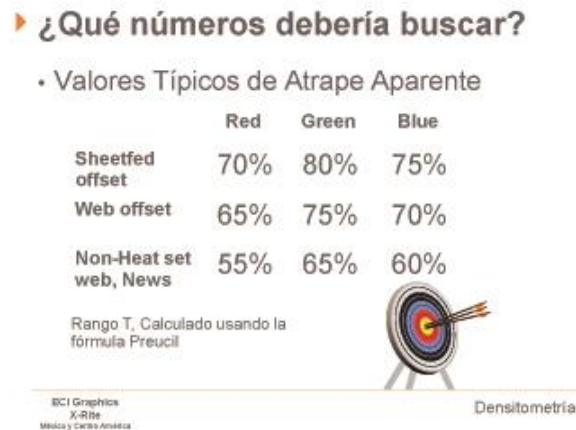
Fuente: X-Rite.

Figura 37. **Representación del atrape**



Fuente: X-Rite.

Figura 38. **Valores de atrape**



Fuente: X-Rite.

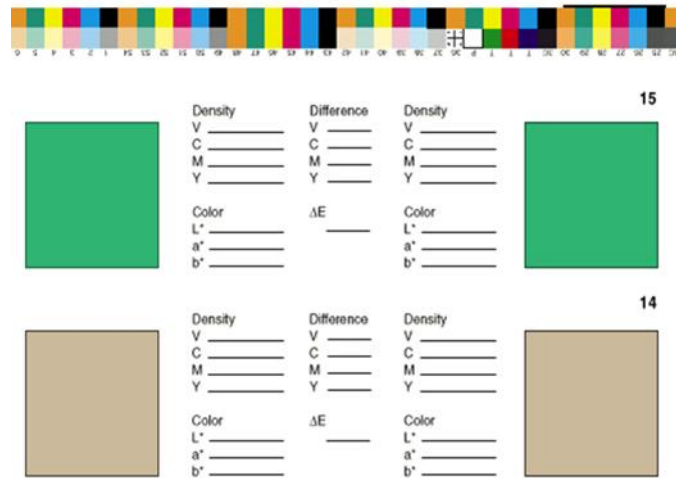
5.1.6. El delta E (ΔE)

En la producción de impresos litográficos *offset*, se tiene como objetivo consecuente a la implantación de un control del color, el reproducir y mantener el color en la mayor parte de reproducciones, siendo esto algo que no se alcanza en un 100 %.

Las diferencias de color entre la impresión final y la muestra autorizada (ya sea prueba de color o impresión autorizada) se deben medir por medio de un espectrofotómetro y en coordenadas Lab.

Una vez tendiendo estos valores se puede calcular la diferencia de color o ΔE (delta E), cabe señalar que la Norma ISO 12647-2 considera el valor de $\Delta E=5$ como el máximo permitido entre una prueba de color autorizada y la impresión final.

Figura 39. **Midiendo ΔE (delta E) Lab**



Fuente: X-Rite.

5.2. ¿Cómo utilizar la técnica de perfilación de color de impresión?

Una vez desarrollado el perfil de impresión y que representa la gama de color reproducible, es necesario que se pueda visualizar en un monitor. Básicamente el perfil funciona como un imitador de impresión CMYK en un monitor RGB. Esta situación si es reproducible, debido a que los colores que se pueden obtener en la gama de RGB, en conjunción se encuentran todos los colores de la gama CMY(K). Entonces el monitor hace una copia similar de la impresión que se requiere.

Estos perfiles físicamente son archivos que contiene información genérica de un dispositivo de color y estos pueden cargarse a un sistema en general que tenga la capacidad de interpretación. Estos sistemas se encuentran dentro de cualquier ordenador independientemente de la plataforma que utilice de salida. Una vez identificado el perfil, este se carga en los programas de diseño a través

del ordenador y por consiguiente una vez cargados se pueden visualizar los colores reales.

Los programas en los que se pueden cargar estos perfiles son programas de diseño especializados para estas actividades como por ejemplo, Adobe Photoshop® o Ilustrador®. Es importante resaltar que entre más actualizado se encuentren estos programas de diseño la reproducción del color se interpretara de mejor forma.

5.3. ¿Cómo utilizar ambas técnicas para obtener los mejores resultados en el control del color en la impresión?

La densitometría es la parte física o mecánica del color. Es la parte medible y se necesita tomar todas estas mediciones debido a que las condiciones con las cuales se creó el perfil, para que este funcione deben de mantenerse los valores densitométricos lo más cercano posible al estándar establecido. De esto se determina que las mediciones densitométricas deben de mantenerse en control durante todo el tiraje y las más importantes son la densidad y la ganancia de punto. Para el atrape, el contraste y el error cromático no es necesario hacer mediciones continuas.

Una vez se tenga la certeza de que las condiciones de creación del perfil se mantienen, entonces se procede a aplicarlo en los programas de diseño.

Por ejemplo, en Adobe Photoshop®, en el menú principal aparece la opción entre ellas de edición. Se escoge la configuración en donde aparece aplicación de perfil y cuando se elige esta opción, se muestran los diferentes perfiles a elegir. En esta debe de encontrarse el perfil ya creado.

5.4. Seguridad en la medición

Es importante mencionar nuevamente que para mantener una impresión estable y uniforme sus valores de control deben de ser medibles y repetibles. Con esta condición, la medición de densidad determina el nivel de aportación de tinta en nuestra impresión. Parámetro que es crítico para mantener el color controlado.

La ganancia de punto es más específica en cuanto a sus resultados. Depende mucho de la densidad. Si la densidad se mantiene, muestra en donde se pudiera estar dando un problema de aumento de punto. Es por eso que esta medición es correctiva en cuanto al desarrollo del trabajo. La ganancia de punto no puede desaparecer en una impresión debido a las condiciones anteriormente expuestas (presiones, características de la tinta, sustrato, entre otros.)

5.5. Mejoramiento en la ejecución de la inspección

Todos estos valores que se utilizan en el desarrollo de la impresión es necesario que se encuentren registrados en un sistema que permita almacenar y comparar con datos futuros. Para eso se requiere que exista un control que permita registrar y evaluar los datos obtenidos en las producciones sucesivas. Estos registros por condición deberán estar en la hoja de control para poder llevar una trazabilidad de la impresión.

5.6. Hojas de control

Se sugiere generar un espacio en la hoja de producción la cual podrá llevar los datos siguientes:

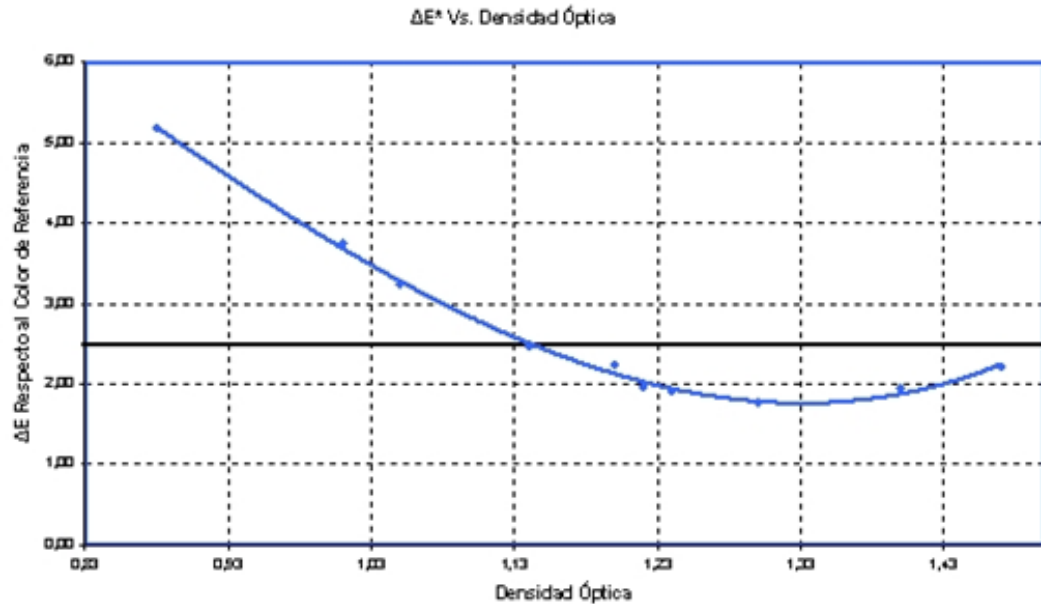
- Densidad teórica
- Densidad física
- Ganancia de punto teórico
- Ganancia de punto físico
- Valores Lab, para los colores que son directos y no procesos
- Atrape teórico
- Atrape físico
- Contraste de impresión físico
- Grisado teórico y físico (en el caso que se trate de una impresión web).

Se menciona que el contraste de impresión, el atrape y el grisado o error cromático, son controles que se pueden realizar una vez por un período de 6 meses, pues son valores que funcionan para determinar condiciones repetidas de un mismo producto impreso. Ejemplo, la tinta, si se utiliza la misma marca para hacer impresiones sobre el mismo sustrato (mismas características) no se hace necesario el generar evaluaciones periódicas.

5.7. Generación de estadísticas y gráficos de control

En la medida que se generen las tabulación de estos datos estadísticos, se pueden realizar gráficos que permitan ver el desarrollo continuo de los valores densitométricos ideales para la impresión. Normalmente estos valores tienen un rango de tolerancia que está determinado por las condiciones del mercado o bien por indicaciones del productor. Estos rangos de tolerancia por lo general están alrededor de un delta 5. Sin embargo, por requisitos del mercado, puede ser más exigente hasta llegar a un delta 2.

Figura 40. Gráfico comparativo del delta E y la densidad



Fuente: X-Rite.

5.8. Evaluaciones periódicas

Para el registro de datos en una producción de impresos litográficos *offset*, es recomendable realizarla al inicio (para ajustar las mediciones densitométricas a los valores teóricos), en medio de la producción para verificar que estos valores no han cambiado y poder rectificar si existe algún cambio en consideración que pueda alterar el desarrollo del color en la impresión y al final de la misma producción, para determinar que continua y termina el trabajo o la producción con los mismos parámetros que al inicio. Siempre estos datos serán una aproximación entre unos y otros y entre los datos teóricos. Se sugiere que no se trabaje con un delta mayor a 5.

5.9. Visitas y encuestas

Se considera necesaria la evaluación por parte de las personas o instituciones para las cuales se les desarrolla una impresión, para determinar qué grado de aceptación o satisfacción se puede obtener en cuanto a un sistema de impresión litográfico *offset* con un control del color en la impresión. Se sugiere una encuesta que logre medir el grado de aceptación o satisfacción (se puede medir en porcentajes) del cliente cuando reciba su trabajo impreso.

5.10. Consideraciones a la productividad

Si se considera la productividad como producir más con los mismos recursos, que son utilizados actualmente, entonces todo el desarrollo de un adecuado control del color en la impresión da como consecuencia un incremento en la productividad de las empresas de impresión litográfica *offset*. Siendo esto una consecuencia directa de las disminuciones en tiempo y materiales al lograr que los ajustes de color en la prensa (comúnmente llamados arreglos) disminuyan en tiempo y materiales siendo a su vez estos más eficientes y más eficaces.

5.10.1. Mejora en la eficiencia de la producción

Al existir un control del color en la impresión, el tiempo, traducido en horas hombre y horas máquina destinadas a los ajustes de color (arreglos), estos se reducen considerablemente, evitando entrar en ajustes desordenados y sin un parámetro de control. Se puede mencionar entonces que cuando se lleva un buen control del color en la Impresión por medio de los parámetros densitométricos y en base a valores definidos (por nuestro perfil de color) esto da como resultado una reducción considerable de del tiempo para ajuste (o

arreglo) y en consecuencia se eficienta el proceso de producción de impresos litográficos *offset*, lo cual es fácilmente medible por la economía de tiempo que se logra y en consecuencia esto se traduce en una disminución de costos significativa.

5.10.2. Optimización del desperdicio

La optimización de desperdicio se logra debido a que las repeticiones para ajustes de color, se reducen considerablemente, con lo cual el porcentaje de pliegos de papel destinados al desperdicio (comúnmente llamados ventaja) disminuye considerablemente. Con esto se disminuyen también las cantidades de tinta, químicos y electricidad que se desperdician en tratar de lograr los ajustes de color.

5.10.3. Mejora en la calidad del producto impreso

Uno de los factores que no se evalúa frecuentemente es la aceptabilidad del cliente en cuanto a sus trabajos impresos. En este mercado es muy poco lo que se sabe en cuanto a la aceptación del color y se conforma con los resultados obtenidos aunque estos no sean satisfactorios. En el control del color, uno de sus objetivos primarios es darle a la impresión las características de color necesarias e intrínsecas, para su aceptabilidad.

Esto lo logra debido a que las condiciones de color en su mayoría ya controladas son medibles, repetibles, y visibles, y se puede apreciar una buena impresión a simple vista y se puede comprobar con valores objetivos ya definidos.

6. MEDIO AMBIENTE

6.1. Contaminación provocada por los residuos de tintas y químicos utilizados en la producción de impresos litográficos *offset*

El proceso de impresión litográfica *offset* produce los siguientes residuos contaminantes:

- Envases de tinta
- Pliegos impresos en papel rechazados
- Residuos de tinta, solución de fuente y productos químicos varios
- Trapos
- Placas usadas o dañadas
- Polvo antirrepinte
- Aceite de máquina usado
- Emisiones atmosféricas (generadas principalmente por el uso de solventes)
- Diluyentes aplicados a la tinta, aunque se mencionaron en la litografía *offset* son mínimos.

Es importante clasificar y agrupar los residuos contaminantes en sólidos y líquidos para su mejor manejo.

Dentro de los residuos sólidos están los envases de tinta por lo general metálicos, las placas usadas también metálicas, papel desperdiciado, trapos o wipe (trapos rasgados), polvo antirrepinte y otro tipo de envases de productos químicos ya sean metálicos o plásticos.

Dentro de los residuos líquidos están los residuos de tinta, de solución de fuente, químicos varios y aceite de maquinaria usado. Dentro de esta categoría están los contaminantes más peligrosos y de más difícil manejo

Dependiendo del origen de fabricación de la tinta, existen algunas que son pigmentadas con metales pesados altamente contaminantes del medio ambiente. Así también otros residuos líquidos originados de la solución de fuente y de otros químicos utilizados en el proceso de impresión litográfica *offset* junto a la tinta y al aceite de maquinaria usado, todos altamente contaminantes son comúnmente vertidos en los desagües contaminando nuestros recursos hídricos sin que exista una ley que prohíba este tipo de acciones.

6.2. Medidas de mitigación para no contaminar el medio ambiente con los residuos de materiales utilizados en la producción de impresos litográficos *offset*

Las medidas de mitigación son las que tienen como objetivo la reducción o eliminación de residuos contaminantes generados en el proceso de producción litográfico *offset*. Se busca con esto la protección del medio ambiente, por medio de la reducción o eliminación de residuos como ya lo mencionamos, el reciclaje de materiales y la conservación de recursos naturales tales como la tierra, el aire y el agua.

Las medidas de mitigación se puede dividir las en las acciones dirigidas a los dos grandes grupos de residuos contaminantes, los cuales son sólidos y líquidos ya que como se mencionó anteriormente en el proceso de producción litográfico *offset* los residuos gaseosos o compuestos orgánicos volátiles (COV) generados son mínimos a comparación de otros sistemas de impresión.

Las medidas de mitigación para residuos sólidos incluyen el utilizar latas metálicas de mayor capacidad para las tintas (en vez de que contengan 1 kilo que contengas 2,5 kilos) o si es posible utilizar dosificadores de tinta. En cuanto a las placas metálicas usadas estas pueden ser vendidas junto con las latas metálicas de tinta usadas también, a recicladoras de metal en dónde les dan un nuevo uso al material con la ventaja de que esto genera un ingreso monetario.

En cuanto al papel desperdiciado, el cual aumenta considerablemente cuando no se cuenta con un adecuado control del color en la impresión, existen ya en Guatemala desde hace varios años varias recicladoras de papel que compran papel usado y lo reciclan generándonos esto también un ingreso monetario. Los envases plásticos pueden ser tratados igual que el metal y el papel, vendiéndolos a recicladoras de plástico. Y por último los trapos usados para limpiar, junto al polvo antirrepinte tendrán que ser depositado en la basura, siendo el impacto contaminante de estos últimos ya bastante menor que el del conjunto de residuos sólidos.

Las medidas de mitigación para residuos líquidos incluyen el utilizar los residuos de tinta no contaminados con otros materiales, no importando el color, en hacer mezclas de negro, con lo cual se reutiliza la tinta y se genera un pequeño ahorro al no tener que comprar tanto color negro. Ahora con los residuos de tinta sucia o contaminada con otros materiales se podría tratarlos como combustibles alternativos. Y en lo que se refiere a la solución de fuente, se puede instalar sistemas de filtración, con lo cual se prolongará la vida útil de la solución de fuente. Por último los residuos líquidos de solución de fuente, químicos varios y aceite de maquinaria usado deben ser en lo posible reciclados y si esto no es posible incinerados para que no contaminen las aguas de nuestro entorno.

CONCLUSIONES

1. Para desarrollar un adecuado control del color en la impresión litográfica *offset* en pliegos de papel, es necesario, primeramente un estudio profundo de la teoría del color, que permita conocer y entender la variable tan compleja que se quiere controlar, como es el color.
2. Después de haber estudiado a profundidad la teoría del color, seguidamente debe estudiarse los parámetros necesarios a evaluar para el control del color en la impresión.
3. Cuando ya se tienen conocimientos teóricos sólidos en cuanto a la teoría del color y a los parámetros a evaluar para el control del color en la impresión, hay que aprender a medir técnicamente los parámetros relacionados con la transferencia de imagen, por medio de un densitómetro.
4. Con el conocimiento y la técnica de medición, se debe aprender a perfilar los dispositivos involucrados en el proceso, entendiéndose que la perfilación es uniformizar los distintos dispositivos, desde el monitor hasta la prensa a un mismo Gamut o gama de colores, que sea reproducible por todos los dispositivos en mención.
5. Con el conocimiento y el dominio de las técnicas de medición del color, utilizando densitometría y de perfilación de color, se puede desarrollar un adecuado control del color en la impresión, el cual brindará resultados confiables, objetivos y estandarizables.

RECOMENDACIONES

1. Que exista una institución técnica o universitaria que brinde la capacitación necesaria en cuanto a teoría del color, densitometría y perfilación de color.
2. Dicha institución deberá proporcionar el material adecuado para el estudio así como las pruebas de laboratorio para emplear las técnicas de densitometría y de perfilación de color.
3. Deberá existir un laboratorio equipado con por lo menos una prensa *offset*, una computadora apropiada para diseñar y un densitómetro completo o espectrofotómetro.

BIBLIOGRAFÍA

1. *A guide to understanding color communication, X-Rite*. [en línea]. <https://www.xrite.com/documents/literature/en/L10-001_Understand_Color_en.pdf>. [Consulta: mayo de 2013].
2. Blair Ray & Destree Thomas. *The lithographers manual*. The Graphic Arts Technical Foundation, Inc., GATF, 1988. ISBN 10: 088362169X / ISBN 13: 9780883621691
3. *La química en la imprenta, tinta y papel*. Folleto Técnico Sappi. [en línea]. <<https://es.scribd.com/doc/119452493/Sappi>>. [Consulta: mayo de 2013].
4. *Perfeccionamiento del color*. Folleto Técnico Sappi. [en línea]. <http://www.sappi.com/regions/is/Supportandsponsorships/SappiTradingPaperGlobePublication/Documents/sappi_spanish_nov12.pdf>. [Consulta: mayo de 2013].
5. *Tecnología de impresión*. Folleto técnico Sappi. [en línea]. <<http://blog.urdanizdigital.com/ThePrintingProcessSpanish.pdf>>. [Consulta: mayo de 2013].

