

30
2 ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**"EVALUACION DEL COLOR A TRAVES DEL METODO DE LOS
VALORES TRIESTIMULUS EN DISPERSIONES DE COLOR
USADAS EN EL RECUBRIMIENTO DE TABLETAS.
VALIDACION DE METODOLOGIA Y EFECTO DE COMPOSICION
DE LA MUESTRA".**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
P R E S E N T A :
HERNANDEZ VILLEGAS CLAUDIA LUZ**



MEXICO, D. F.

ABRIL, 1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES "ZARAGOZA"

DIRECCION

OFICIO No. 82-010/


**C. COORDINADOR DE LA ADMINISTRACION
ESCOLAR
P R E S E N T E .**

Comunico a usted que el alumno HERNANDEZ VILLEGAS CLAUDIA LUZ
con número de cuenta 8721981-8 de la carrera de Q.F.B.,
se le ha fijado el día 28 del mes de ABRIL de 1997 a las 13
hrs., para presentar examen profesional, que tendrá lugar en esta Escuela,
con el siguiente jurado:

PRESIDENTE	M. en C. GLORIA VELASQUEZ VAQUERO	<u>[Firma]</u>
VOCAL	Q.F.B. MA. DE LOS ANGELES VIDAL MILLAN	<u>[Firma]</u>
SECRETARIO	Q.F.B. MAURO ARRIETA SANCHEZ	<u>[Firma]</u>
SUPLENTE	Q.F.B. FRANCISCA ROBLES LOPEZ	<u>[Firma]</u>
SUPLENTE	Q.F.B. MA. ANGELICA PEREZ MORA	<u>[Firma]</u>

El título de la tesis que se presenta es: Evaluación del Color a través del Método de los Valores Triestímulus en Dispersiones de Color usadas en el Recubrimiento de Tabletas. Validación de Metodología y Efecto de Composición de la Muestra.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F. a, 1° de Abril de 1997


DR. BENNY WEISS STEIDER
DIRECTOR

Q.F.B. PATRICIA PAHRA CERVANTES
JEFE DE LA CARRERA DE Q.F.B.

OFICINA DE EXAMENES
PROFESIONALES Y GRADO

**AGRADEZCO AL DEPARTAMENTO DE SERVICIOS DE CONTROL
ANALÍTICO Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CENTRO DE
INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS (SECAEC-CINVESTAV-IPN)
Y A LOS LABORATORIOS HELM DE MÉXICO, S.A. POR EL APOYO Y
FACILIDADES BRINDADAS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTA TESIS.**

AGRADECIMIENTOS

ADIOS:

Porque sólo él sabe por todo lo que pasé para culminar esta meta y porque pone en mi camino a gente tan valiosa que siempre me dá la mano.

A MIS PADRES:

Por su inmensa paciencia, les doy lo que siempre han anhelado, mi titulación.

A MIS HERMANOS:

Por permitirme tomar experiencias de ellos, deseando que sean felices.

A MIS AMADOS SOBRINOS:

Porque son fuente de grandes sonrisas e inocencia.

A PATY Y CARLOS:

Porque la constancia, esfuerzo y voluntad son el camino del éxito.

A MI HERMANO GABRIEL:

Para que siga adelante.

A MI QUERIDA "TEACHER"

Porque aunque el cielo se torne gris, siempre hay una esperanza y un camino que tomar.....Gracias.

A MI GRAN JEFA MARU LAGARDE (JEFA DEPTO SECAEC)

Por el inmenso apoyo, cariño y buen humor que siempre me brindó.

A MIS SINODALES:

Por sus enseñanzas y consejos durante mi carrera

A MI GRAN AMIGO Y PROFESOR MAGÍN JUÁREZ DEL VILLAR:

Con mucho respeto y admiración, sus consejos y enseñanzas siempre las he llevado al cabo y sólo me han traído éxitos

A MI ENTRAÑABLE PROFESORA ENRIQUETA CASTREJÓN:

Por prestarme sus oídos, darme sus consejos, enseñanzas y porque después de todo, venci....

A "TONTO" MI MÉDICO:

Por quitarme de encima a , todos esos virus!

Y ESPECIALMENTE A TÍ FLACO:

Porque me brindaste la mano cuando yo caía y lograste lo mejor en mí:

Mi Formación Profesional

Te quiero siempre mucho,
Te envío mi mejor abrazo y mi ternura,
Que por mucha que es,
Nunca alcanzará a cubrir la tuya.

¡ Mil Gracias !

TABLA DE
CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

I. FUNDAMENTACIÓN DEL TEMA	pág.
1.1. La Visión de los Colores	3
1.2. Valores Triestímulus	5
1.3. Reflectancia	10
1.4. Instrumentación	13
1.5. Factores que Afectan las Determinaciones del Color	19
1.6. Validación de Métodos Analíticos	21
1.7. Diseño Plackett-Burman	27
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	28
III. OBJETIVOS	29
IV. HIPÓTESIS	30
V. MATERIAL Y MÉTODO	31
VI. RESULTADOS	37
VII. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	86
VIII. CONCLUSIONES	99
IX. BIBLIOGRAFÍA	100
GLOSARIO	105

LISTA DE FIGURAS

	<i>pág.</i>
Figura 1.1: Coeficientes de Distribución espectral de 400 a 700nm	6
Figura 1.2: Coordenadas del Color L, a, b	8
Figura 1.3: Espectro de Reflectancia del color Blanco	11
Figura 1.4: Espectro de Reflectancia del color Negro	11
Figura 1.5: Espectro de Reflectancia del del Color Amarillo	11
Figura 1.6: Espectro de Reflectancia del Color Azul	11
Figura 1.7: Espectro de Reflectancia del Color Púrpura	11
Figura 1.8: Espectro de Reflectancia del Color Rojo	11
Figura 1.9: Espectro de Reflectancia del Color Verde Claro	11
Figura 1.10: Espectro de Reflectancia del Color Verde Oscuro	11
Figura 1.11: Diagrama de la Esfera de Integración	13
Figura 1.12: Reflectancia Básica o Instrumento de Medición de la Reflectancia	15
Figura 1.13: Aditamento de Reflectancia del Espectrofotómetro Perkin-Elmer Modelo 4000A	16
Figura 1.14: Diagrama Esquemático del Espectroreflectómetro Beckman DK-2A	17
Figura 1.15: Espectroreflectómetro Baush & Lomb	18

Figura VI.1. Espectro de Reflectancia Experimental del Color Amarillo	37
Figura VI.2. Espectro de Reflectancia Experimental del Color Amarillo Ocre	44
Figura VI.3. Espectro de Reflectancia Experimental del Color Azul	51
Figura VI.4. Espectro de Reflectancia Experimental del Color Chocolate	58
Figura VI.5. Espectro de Reflectancia Experimental del Color Naranja	65
Figura VI.6. Espectro de Reflectancia Experimental del Color Púrpura	72
Figura VI.7. Espectro de Reflectancia Experimental del Color Rojo Intenso	79
Figura VII.1. Comparación de los Espectros de Reflectancia	87
Figura VII.2. Comparación de las Coordenadas de los Colores	89

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla I.1. Pigmentos Visuales Aislados en 1964	3
Tabla I.2. Iluminantes para las Mediciones de Reflectancia	20
Tabla I.3. Clasificación de Métodos Analíticos	26
Tabla V.1. Composición de las Suspensiones de Color	32
Tabla V.2. Diseño Plackett-Burman para el Color Amarillo	33
Tabla V.3. Diseño Plackett-Burman para el Color Amarillo Ocre	33
Tabla V.4. Diseño Plackett-Burman para el Color Azul	34
Tabla V.5. Diseño Plackett-Burman para el Color Chocolate	34
Tabla V.6. Diseño Plackett-Burman para el Color Naranja	34
Tabla V.7. Diseño Plackett-Burman para el Color Púrpura	35
Tabla V.8. Diseño Plackett-Burman para el Color Rojo Intenso	35
Tabla V.9. Condiciones Instrumentales para Lecturas de Reflectancia	36

COLOR AMARILLO

Tabla VI.1.AM. Diseño Plackett-Burman	38
Tabla VI.2.AM. Precisión del Sistema de Medición (Repetibilidad)	39
Tabla VI.3.AM. Análisis Estadístico de la Precisión del Sistema	39
Tabla VI.4.AM. Precisión del Método Analítico (Reproducibilidad)	40
Tabla VI.5.AM. Análisis Estadístico de la Precisión del Método	40
Tabla VI.6.AM. Exactitud del Método Analítico	41
Tabla VI.7.AM. Porcentaje de Recobro	41
Tabla VI.8.AM. Análisis Estadístico de la Exactitud del Método	42
Tabla VI.9.AM. Linearidad	43
Tabla VI.8.AM. Análisis Estadístico de la Linearidad	43

COLOR AMARILLO OCRE

Tabla VI.11.AO. Diseño Plackett-Burman	45
Tabla VI.12.AO. Precisión del Sistema de Medición (Repetibilidad)	46
Tabla VI.13.AO. Análisis Estadístico de la Precisión del Sistema	46
Tabla VI.14.AO. Precisión del Método Analítico (Reproducibilidad)	47
Tabla VI.15.AO. Análisis Estadístico de la Precisión del Método	47
Tabla VI.16.AO. Exactitud del Método Analítico	48
Tabla VI.17.AO. Porcentaje de Recobro	48
Tabla VI.18.AO. Análisis Estadístico de la Exactitud del Método	49
Tabla VI.19.AO. Linearidad	50
Tabla VI.20.AO. Análisis Estadístico de la Linearidad	50

COLOR AZUL

Tabla VI.21.AZ. Diseño Plackett-Burman	52
Tabla VI.22.AZ. Precisión del Sistema de Medición (Repetibilidad)	53
Tabla VI.23.AZ. Análisis Estadístico de la Precisión del Sistema	53
Tabla VI.24.AZ. Precisión del Método Analítico (Reproducibilidad)	54
Tabla VI.25.AZ. Análisis Estadístico de la Precisión del Método	54
Tabla VI.26.AZ. Exactitud del Método Analítico	55
Tabla VI.27.AZ. Porcentaje de Recobro	55
Tabla VI.28.AZ. Análisis Estadístico de la Exactitud del Método	56
Tabla VI.29.AZ. Linearidad	57
Tabla VI.30.AZ. Análisis Estadístico de la Linearidad	57

COLOR CHOCOLATE

Tabla VI.31.CH. Diseño Plackett-Burman	59
Tabla VI.32.CH. Precisión del Sistema de Medición (Repetibilidad)	60
Tabla VI.33.CH. Análisis Estadístico de la Precisión del Sistema	60
Tabla VI.34.CH. Precisión del Método Analítico (Reproducibilidad)	61
Tabla VI.35.CH. Análisis Estadístico de la Precisión del Método	61
Tabla VI.36.CH. Exactitud del Método Analítico	62
Tabla VI.37.CH. Porcentaje de Recobro	62
Tabla VI.38.CH. Análisis Estadístico de la Exactitud del Método	63
Tabla VI.39.CH. Linealidad	64
Tabla VI.40.CH. Análisis Estadístico de la Linealidad	64

COLOR NARANJA

Tabla VI.41.NA. Diseño Plackett-Burman	66
Tabla VI.42.NA. Precisión del Sistema de Medición (Repetibilidad)	67
Tabla VI.43.NA. Análisis Estadístico de la Precisión del Sistema	67
Tabla VI.44.NA. Precisión del Método Analítico (Reproducibilidad)	68
Tabla VI.45.NA. Análisis Estadístico de la Precisión del Método	68
Tabla VI.46.NA. Exactitud del Método Analítico	69
Tabla VI.47.NA. Porcentaje de Recobro	69
Tabla VI.48.NA. Análisis Estadístico de la Exactitud del Método	70
Tabla VI.49.NA. Linealidad	71
Tabla VI.50.NA. Análisis Estadístico de la Linealidad	71

COLOR PÚRPURA

Tabla VI.51.P. Diseño Plackett-Burman	73
Tabla VI.52.P. Precisión del Sistema de Medición (Repetibilidad)	74
Tabla VI.53.P. Análisis Estadístico de la Precisión del Sistema	74
Tabla VI.54.P. Precisión del Método Analítico (Reproducibilidad)	75
Tabla VI.55.P. Análisis Estadístico de la Precisión del Método	75
Tabla VI.56.P. Exactitud del Método Analítico	76
Tabla VI.57.P. Porcentaje de Recobro	76
Tabla VI.58.P. Análisis Estadístico de la Exactitud del Método	77
Tabla VI.59.P. Linealidad	78
Tabla VI.60.P. Análisis Estadístico de la Linealidad	78

COLOR ROJO INTENSO

Tabla VI.61.RI. Diseño Plackett-Burman	80
Tabla VI.62.RI. Precisión del Sistema de Medición (Repetibilidad)	81
Tabla VI.63.RI. Análisis Estadístico de la Precisión del Sistema	81
Tabla VI.64.RI. Precisión del Método Analítico (Reproducibilidad)	82
Tabla VI.65.RI. Análisis Estadístico de la Precisión del Método	82
Tabla VI.66.RI. Exactitud del Método Analítico	83
Tabla VI.67.RI. Porcentaje de Recobro	83
Tabla VI.68.RI. Análisis Estadístico de la Exactitud del Método	84
Tabla VI.69.RI. Linealidad	85
Tabla VI.70.RI. Análisis Estadístico de la Linealidad	85

Tabla VII.1. Análisis del Efecto de la Composición de la Muestra Sobre los Valores Triestímulo.	92
Tabla VII.2. Análisis de la Precisión del Sistema de Medición	94
Tabla VII.3. Análisis de la Precisión del Método Analítico	95
Tabla VII.4. Análisis de la Exactitud del Método Analítico	97
Tabla VII.5. Análisis de la Linealidad	98

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A : Distribuciones de Energía Espectral

ANEXO B: Coeficientes de Distribución Espectral para \bar{x} , \bar{y} , \bar{z}

ANEXO C.1.AM : Diseño Plackett-Burman para el Color Amarillo

ANEXO C.2.AM : Precisión del Método Analítico para el Color Amarillo

ANEXO C.3.AM : Linealidad para el Color Amarillo

ANEXO D.1.AO : Diseño Plackett-Burman para el Color Amarillo Ocre

ANEXO D.2.AO : Precisión del Método Analítico para el Color Amarillo Ocre

ANEXO D.3.AO : Linealidad para el Color Amarillo Ocre

ANEXO E.1.AZ : Diseño Plackett-Burman para el Color Azul

ANEXO E.2.AZ : Precisión del Método Analítico para el Color Azul

ANEXO E.3.AZ : Linealidad para el Color Azul

ANEXO F.1.CH : Diseño Plackett-Burman para el Color Chocolate
ANEXO F.2.CH : Precisión del Método Analítico para el Color Chocolate
ANEXO F.3.CH : Linealidad para el Color Chocolate

ANEXO G.1.NA : Diseño Plackett-Burman para el Color Naranja
ANEXO G.2.NA : Precisión del Método Analítico para el Color Naranja
ANEXO G.3.NA : Linealidad para el Color Naranja

ANEXO H.1.P : Diseño Plackett-Burman para el Color Púrpura
ANEXO H.2.P : Precisión del Método Analítico para el Color Púrpura
ANEXO H.3.P : Linealidad para el Color Púrpura

ANEXO I.1.RI : Diseño Plackett-Burman para el Color Rojo Intenso
ANEXO I.2.RI : Precisión del Método Analítico para el Color Rojo Intenso
ANEXO I.3.RI : Linealidad para el Color Rojo Intenso

INTRODUCCION

El gran avance científico y tecnológico en un importante número de Industrias ha permitido el desarrollo de nuevas técnicas analíticas para cubrir el propósito fundamental de todo sistema de calidad de una empresa: asegurar la calidad de sus productos. Un ejemplo de ello son los avances en la tecnología del color.

Hoy en día es innegable el uso del color en todos los aspectos de nuestra vida, es decir, ya no únicamente interesa al artista, sino al químico, al físico, al arquitecto, al ingeniero, al industrial; en general, en todas las profesiones el color ha adquirido gran importancia, por lo que contar con un método confiable que permita su definición exacta es indispensable.

Con el fin de que las determinaciones del color sean cuantitativas y confiables apartándolas del juicio subjetivo del ojo humano, se plantea el presente trabajo con el objetivo de evaluar el color de suspensiones usadas para el recubrimiento de tabletas, ya que es una característica de calidad importante para poder establecer las especificaciones del producto terminado y de esta manera garantizar reproducibilidad entre lote y lote y consistencia en el producto obtenido.

El método empleado en este estudio es el de los **Valores Triestímulus** a través del cual se puede definir cualquier color con tres valores basándose en el hecho de que cualquier color puede ser obtenido por la mezcla de los tres colores primarios. Dichos valores son **L*** que mide la luminosidad, **a*** y **b*** que miden el color o el tono propiamente dicho y un parámetro derivado de estos valores, **ΔE** , que mide la diferencia de cada uno de ellos con respecto a una referencia.

La técnica analítica empleada es Espectrofotometría de Reflectancia, usando un espectrofotómetro visible que tiene un aditamento de reflectancia llamado **esfera de integración**.

El estudio para evaluar la confiabilidad del método se dividió en cuatro etapas secuenciales. La primera consistió en determinar la influencia de la cantidad de los componentes en la formulación de las suspensiones de color, (7 colores distintos) utilizando un Diseño Experimental de Placket-Burman, el cual permitió determinar aquellos componentes que presentan efecto sobre las variables de respuesta L^* , a^* , b^* y ΔE (Valores Triestímulus). La segunda etapa consistió en establecer la precisión en términos de reproducibilidad y de repetibilidad. La tercera etapa consistió en determinar la exactitud del método de medición asociado a L^* , a^* , b^* y ΔE . En la cuarta etapa se determinó la linealidad del sistema para establecer la proporcionalidad entre la concentración y la respuesta obtenida de las variables bajo estudio.

Los resultados obtenidos mostraron que el **Método de los Valores Triestímulus** es un procedimiento sencillo, rápido y confiable aplicable no sólo en los productos de recubrimiento de la Industria Farmacéutica, sino que es un método muy útil en todas las áreas de la Tecnología del Color.

FUNDAMENTACIÓN
DEL TEMA

A lo largo de muchos siglos el hombre ha dedicado atención muy especial a los colores, y con justa razón, ya que es el fenómeno indispensable que nos permite apreciar, analizar y diferenciar la verdadera fisonomía de la naturaleza y de las cosas que nos rodean, dándonos imágenes más o menos nítidas, completas y reales, así como también motivar el comportamiento del ser humano, de los animales y hasta de ciertas plantas. En el hombre regula sus estados de ánimo y su vida, debido a que el color activa su fantasía y creatividad, deprime o incita a ciertas actividades. [1]

No obstante, antiguamente solo los pintores artesanales y los artistas tenían que ver con los colores; muchos pensaban que los colores tenían simplemente un propósito decorativo, se creía que su variedad solo obedecía a los diferentes gustos. [2] Sin embargo, los egipcios, los babilonios, los chinos y otros pueblos de culturas milenarias ya conocían pinturas y barnices elementales con propiedades protectoras, lo cual indica que no sólo los colores embellecían sus objetos, sino que los usaban para hacerlos resistentes a los agentes externos. [3]

En los últimos cuarenta años, desde la Segunda Guerra Mundial, el color ha jugado un papel muy importante en nuestra vida, muestra de ello es que al hacer un breve examen de los alrededores, nos damos cuenta que el ambiente se ha vuelto más colorido: vestuario, color en las paredes, dulces, bebidas, alimentos, cosméticos, medicamentos e incluso la publicidad es más eficiente si está en color [4]. En pinturas y cosméticos, por ejemplo, la homogeneidad del color en las cremas, polvos faciales o esmaltes es vital para las ventas al público.

La industria farmacéutica no está exenta del color, [5] así, tenemos que un gran número de tabletas son recubiertas con suspensiones coloridas, dicho recubrimiento se aplica con el propósito de:

- mejorar su apariencia (estética)
- detectar diferencias entre formulaciones o dosis (identificación)
- proteger contra los agentes externos como la luz, humedad y aire (estabilidad)
- enmascarar el sabor desagradable de algunos fármacos (enmascarar sabores)
- controlar la velocidad de liberación de principios activos

Por lo anterior, es importante que el material de recubrimiento posea un color uniforme y consistente.

Por otro lado, el color puede proporcionar información acerca de la formación de impurezas coloridas en cualquier producto es bien, puede ser usado para el control en procesos de manufactura y producto terminado con fines de asegurar la calidad y establecer las especificaciones de cada producto.

En base a lo anterior es fundamental contar con procedimientos confiables y reproducibles para medir y evaluar el color, ya que las determinaciones visuales del color son complicadas y a menudo no son del todo imparciales, debido a que las personas perciben el mismo color de manera diferente o incluso una misma persona puede describir un color de varias maneras en ocasiones distintas, lo cual es cierto debido a que el término "color" indica algo que se relaciona más con la neurofisiología que con la física; algo relacionado más con el comportamiento propio de cada individuo que con un fenómeno de validez universal. Aunado a esto, el ojo humano posee una memoria limitada para el color, por lo que el almacenamiento visual de los datos de los colores es un proceso extremadamente difícil, por lo tanto el uso de métodos instrumentales se hace necesario. Debido a que el fenómeno del color es una interacción de la luz con los objetos, las técnicas indicadas para evaluar el color son las espectrofotométricas [5,6,7,8]

Se tienen reportes de la aplicación de los métodos espectrofotométricos para la determinación del color en la industria de los cosméticos [7]; en la producción de réplicas del color para las formas de dosificación [9]; en el recubrimiento de tabletas [5,9,10]; para el seguimiento de la estabilidad en tabletas [11,12,13,14,15] y polvos farmacéuticos [16,17]; en alimentos [17] así como en la determinación del pH en la superficie de sólidos farmacéuticos por los cambios del color en los indicadores [18]

1.1. La Visión de los Colores.

El estudio de la visión de los colores tiene una larga historia.[19,20] Podríamos considerar que Newton en 1672 fue el primero que estudió formalmente el color cuando efectuó sus experimentos con un prisma dispersor, sin embargo, el concepto de tricromatía fue desarrollado por los físicos del siglo XVIII, demostrando que cualquier color puede obtenerse mezclando tres longitudes de onda luminosa en la proporción adecuada. [21]

Hubo que llegar a 1802 para que el médico inglés Thomas Young propusiera una teoría fisiológica de la percepción de los colores. Dicha teoría explica que la retina tiene tres tipos de células sensibles, los conos, y cada una de ellas sería responsable de la percepción de una región dada del espectro luminoso. Young concluyó que de los tres tipos de receptores uno es sensible al rojo, otro al verde y otro al azul y supuso, que cualquier otro color produciría sensaciones combinadas de dos o tres detectores. El blanco sería por tanto el resultado del estímulo simultáneo de los tres detectores, con igual intensidad. [22]

La teoría de Young no fue aceptada en su tiempo, pero 50 años más tarde Herman Von Helmholtz y James Clerk Maxwell, postularon que podía haber un número muy grande de tercias de estímulos que mediante combinaciones de ellos era posible reproducir cualquier color. Esta teoría, conocida como la teoría de Young-Helmholtz, se complementa con la hipótesis de Arthur Köenig, que en 1890 supuso la existencia de tres detectores primarios, uno para el rojo, otro para el verde y otro para el azul.

La teoría de Young-Helmholtz recibió un fuerte apoyo cuando W. A. H. Rushton identificó en la retina del ojo dos pigmentos visuales, el rojo y el verde, y finalmente en 1964 Edward Mac Nichol aisló y mide los tres pigmentos visuales:

TABLA 1.1. Pigmentos Visuales Aislados en 1964

COLOR	PIGMENTO	PICO DE REFLECTANCIA
Rojo	Eritrolabe	577nm (amarillo)
Verde	Clorolabe	540nm (verde)
Azul	-----	477nm (azul violáceo)

En el mismo 1964, George Wald y Paul Brown, de la Universidad de Harvard, confirmaron la existencia de tres tipos de pigmentos en los conos de la retina, es decir, las células fotoeléctricas fotorreceptoras sensibles a los colores.[22,23,24] La técnica usada por ellos consistió en iluminar la parte sensible del cono, el pigmento visual, con un rayo de luz monocromática y medir la cantidad de luz absorbida en función de la longitud de onda luminosa utilizada. De esta manera, es posible calcular la absorción espectral de cada pigmento de cono.[22,25]

Fue así como en 1983, H. Parttall, de la Universidad de Brighton, Jim Bowmaker, de la Universidad de Londres y John Mollen, de la Universidad de Cambridge, hallaron un pigmento rojo, un pigmento verde y un pigmento azul cuyas absorciones máximas se sitúan, respectivamente en una longitud de onda de 565nm, 530 nm y 420 nm. [22] Estos tres pigmentos son necesarios y suficientes para formar todos los colores del espectro. Las tres regiones en cuestión físicamente se observan como espectros de absorción o reflectancia característicos de cada color.

A través de los años se estableció con certeza que, los estímulos inmediatos de la percepción visual son los haces luminosos que después de pasar por la pupila, inciden en la retina. Es allí donde la energía luminosa se convierte en señales eléctricas responsables de la actividad neuronal. Los impulsos provenientes de la retina son transmitidos al cerebro, el cual, los interpreta y clasifica, esta clasificación depende básicamente de dos factores: la intensidad del haz luminoso y las longitudes de onda presentes en él. Por lo tanto, cualquier medida instrumental del color esta basada en los conceptos anteriores porque los componentes espectrales de un haz de luz que penetran al ojo son combinados aditivamente cuando se enfoca sobre los receptores de la retina (conos).

1.2. Valores Triestímulus.

Para lograr una identificación práctica y rápida de cualquier color es necesario, en primer lugar, tener presente que es indispensable hacerlo mediante un procedimiento sencillo que se apege lo más posible al espectro electromagnético. Es por esto que a partir de los descubrimientos hechos por Newton han aparecido una serie de tratados sobre diferentes formas de clasificar los colores, [1,2] los cuales dependen de las cualidades principales de los mismos, como es la identificación de primarios o secundarios, cálidos o fríos, muy luminosos o poco luminosos; esta es una clasificación vaga y poco exacta cuando se trata de explicar el color de manera profesional. Además, nombrar a los colores relacionándolos con algún material, nacionalidad o elemento natural que posea dicho color es muy subjetivo, ya que un amarillo limón, un azul cielo o un rosa mexicano varían en cuanto a los diferentes tipos de limones existentes, la claridad del día para apreciar el cielo y es poco preciso especificar un rosa mexicano sin precisar su saturación, tono y luminosidad.

Atendiendo a este tipo de detalles y a la necesidad de contar con un método cuantitativo que permita definir el color de una manera exacta, la **Commission Internationale d'Eclairage (CIE)** en 1931, culminó sus investigaciones creando el concepto de "color triestímulo en el espacio". Basado en el análisis de los colores primarios y la idea original de combinar el ojo y el cerebro para dar sensaciones de color en respuesta al estímulo de la luz visible, considerando además que el ojo humano responde a tres estímulos para definir cualquier color, la CIE propuso un sistema de medición que define el color a través de tres parámetros "X", "Y", "Z", llamados **VALORES TRIESTÍMULUS** que localizan el color como un punto en el espacio y que dan la distribución espectral y cantidad de colores primarios requerida para igualar cualquier color en el rango del visible basándose en el hecho de que cualquier color puede ser igualado por una mezcla apropiada de tres radiaciones selectas, usualmente saturadas, para lo cual, esta comisión decidió definir tres colores fundamentales: el rojo (700nm), verde (546nm) y azul (436nm) [5,7,8,26,27,28,29].

Estos colores fundamentales se pueden caracterizar de varias maneras. Una de ellas consiste en representarlos en un gráfico en cuyas abscisas figuran las longitudes de onda de las radiaciones visibles, mientras que en las ordenadas se consigna una cantidad definida como coeficiente de distribución.

Los coeficientes de distribución para cada longitud de onda visible (400-700nm) dan las cantidades relativas de estimulación para cada receptor causado por la luz (matiz, brillo, saturación). Las curvas resultantes (fig. 1.1) dan los coeficientes de distribución espectral de la visión tricromática de un observador normal y las cantidades requeridas de primarios para igualar cualquier color en el rango visible, donde la curva \bar{y} proporciona información de la brillantez, mientras que las curvas \bar{x} y \bar{z} dan información del color únicamente. [15, 8, 22, 27, 28, 29]

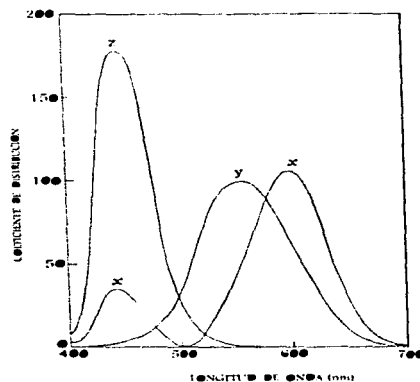


Figura 1.1. Coeficientes de Distribución de 400 a 700nm. USP XXIII. [8]

La relación entre el coeficiente de distribución y el valor triestímulus está dada por las siguientes ecuaciones [6,7,8,22,26,28,34]:

$$X = \int_0^{\infty} \bar{x}_\lambda R_\lambda E_\lambda d\lambda / \int_0^{\infty} E_\lambda y d\lambda \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$Y = \int_0^{\infty} \bar{y}_\lambda R_\lambda E_\lambda d\lambda / \int_0^{\infty} E_\lambda y d\lambda \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$Z = \int_0^{\infty} \bar{z}_\lambda R_\lambda E_\lambda d\lambda / \int_0^{\infty} E_\lambda y d\lambda \quad \dots\dots\dots (3)$$

Donde la luz con energía E_λ es el poder espectral del iluminante R_λ es cualquier reflectancia o transmitancia espectral (T_λ) y $\bar{x}_\lambda, \bar{y}_\lambda, \bar{z}_\lambda$ son los valores de las curvas de distribución espectral. Estos valores localizan al color como un punto en el espacio.

En la práctica, el cálculo de los valores triestímulus no es efectuado por integración, sino por un método ponderado en el cual el espectro es distribuido en un conjunto de intervalos iguales finitos, convirtiendo las integrales aproximadamente en uno, por lo tanto las ecuaciones 1,2 y 3 se transforman en las ecuaciones 4,5 y 6 [6,7,8,26,28,34]:

$$X = \sum_{400}^{700} k E(\lambda) R(\lambda) \bar{x}(\lambda) \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$Y = \sum_{400}^{700} k E(\lambda) R(\lambda) \bar{y}(\lambda) \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$Z = \sum_{400}^{700} k E(\lambda) R(\lambda) \bar{z}(\lambda) \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{Donde } k = \frac{100}{\sum \bar{y}_\lambda E_\lambda \Delta\lambda}$$

Por lo que el valor de "Y" calculado por este procedimiento da la luminosidad, mientras que "X" y "Z" definen el color específicamente (rojo, amarillo, azul,verde)

Existen tablas que reportan los valores de energía de la fuente con diferentes iluminantes (Anexo A) y tablas de los coeficientes de distribución espectral en intervalos de 1, 5 y 10 nm (Anexo B), por lo que con estos datos y el espectro de reflectancia pueden ser calculados los valores triestímulus. [28]

La interpretación del color usando esta escala no es fácil y no es uniforme con respecto a las pequeñas diferencias del color. El ojo humano por ejemplo, detecta gran diferencia de color en la región azul lo que no sucede en la región verde en las coordenadas de color usando esta escala, por lo que, una alternativa al sistema CIE conocida como Escala Uniforme del Color apareció por transformación matemática de la anteriormente desarrollada. Esta nueva alternativa creada en 1958 por Richard Hunter [7], consiste en dos coordenadas de cromaticidad: a^* y b^* , equivalente a "X" y "Z" que definen el color, y una dimensión de brillantez L^* equivalente a "Y", a la que en conjunto denominó Escala **CIE Lab** que es mucho más fácil de interpretar y donde la expresión de los valores triestímulus se hace como coordenadas polares. (fig. 1.2) [5,6,7,8,11,31]

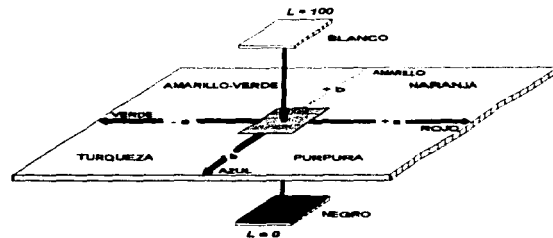


Figura 1.2. Coordenadas de Color L, a, b. Wheeler [7]

El eje L^* es la escala en tercera dimensión de la brillantez derivada del triestímulo Y , donde un valor cerca de 100 conduce al blanco y un valor cerca del cero al negro; a^* y b^* son coordenadas cartesianas del color, donde un valor positivo de a^* representa un color rojo y uno negativo al verde; un valor positivo de b^* representa el amarillo y uno negativo al azul. Es claro entonces que si tenemos unas coordenadas con valores de $L^* = 63.5$, $a^* = +11.9$, $b^* = +35.3$, hacen referencia a un color luminoso amarillo-rojizo. Estos valores se obtienen a través de las siguientes ecuaciones: [5,7,8]

$$L^* = 10 \sqrt{Y} \quad \dots\dots (7)$$

$$a^* = \frac{175 (X\% - Y)}{L} \quad \dots\dots (8)$$

$$b^* = \frac{70 (Y - Z\%)}{L} \quad \dots\dots (9)$$

Donde : $X\% = 1,02 X$
 $Z\% = 0,847 Z$

Muchas veces se desea determinar diferencia de color (ΔE) de manera cuantitativa con respecto a una referencia, para lo cual, existen varios métodos disponibles y entre ellos el método de Judd es muy usado. Este método emplea la siguiente ecuación para calcular dicha diferencia de color [5,6,7,8,28,31]:

$$\Delta E = [\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2]^{1/2}$$

Donde ΔL , Δa y Δb son las diferencias de los valores triestímulus de las muestras a comparar. ΔE es expresada en unidades NBS (National Bureau of Standards) estas unidades se tienen cuando $\Delta E = 1$ y es tres veces más pequeña de lo que puede percibir el ojo humano como colores diferentes, por lo que el ojo puede detectar diferencias de cuatro unidades aproximadamente. Este valor muestra la diferencia entre muestras, pero no da información de que diferencia se trata. [6]

1.3. Reflectancia.

La reflexión de la luz ocurre cuando la radiación incide sobre los límites entre materiales dieléctricos, entre los que hay un cambio de índice de refracción; la calidad de la superficie tiene mucho que ver con la naturaleza del fenómeno. [32,33]

La cantidad de luz reflejada es llamada reflectancia y se define como la razón entre la intensidad de radiación reflejada y la incidente en la interfase [33]

$$\text{Reflectancia} = \frac{\text{Intensidad reflejada}}{\text{Intensidad incidente}}$$

La reflexión puede ser considerada como resultante de la radiación secundaria de dipolos atómicos. Parece razonable esperar que a mayor ángulo de incidencia la reflectancia será mayor, entre más grande sea el índice de refracción del segundo medio. [33]

Las curvas de reflectancia en función de la longitud de onda reciben el nombre de espectro de reflectancia y representan una medida del % de luz incidente que fue reflejada a cada longitud de onda por cada componente de una muestra determinada. [34,35]

El color de una sustancia es controlado por su espectro de absorción o de reflectancia, cada color puro es caracterizado por longitudes de onda que se propagan a diferentes velocidades (dependiendo del color) en un medio determinado [36,37,38,39,40] es decir, colores acromáticos (blanco y negro) poseen espectros de reflectancia uniformes (figuras 1.3 y 1.4 respectivamente) mientras que un tono específico (azul, amarillo, rojo y verde puros) presenta un espectro de reflectancia que es característico de cada uno de ellos (figuras 1.5 a 1.10). Así tenemos que el color amarillo presenta alta reflectancia en la región de 525 a 650 nm; el azul de 400 a 550 nm; el color púrpura tiene reflectancia alta de 600 a 700 nm, se interrumpe de 500 a 600nm y se incrementa nuevamente de 500 a 400nm; el rojo muestra alta reflectancia en la región de 600 a 700 nm; el verde claro de 450 a 600 nm y por último el verde oscuro de 500 a 600 nm. [41]

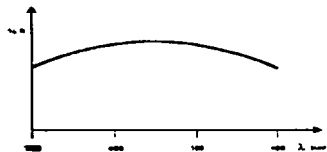


Fig. 1.3. Espectro del Color blanco. [41]

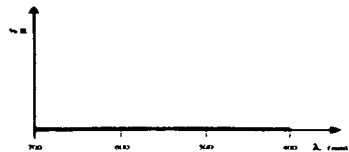


Fig. 1.4. Espectro del Color Negro. [41]

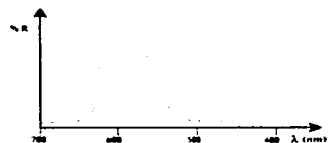


Figura 1.5. Espectro del Amarillo. [41]

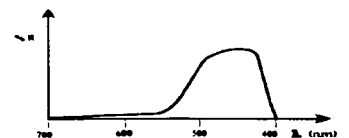


Figura 1.6. Espectro del Azul. [41]

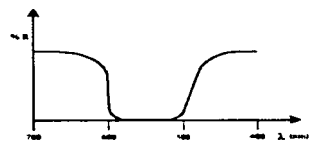


Figura 1.7. Espectro del Púrpura. [41]

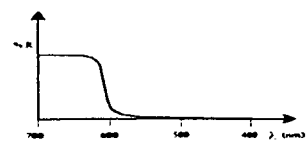


Figura 1.8. Espectro del Rojo. [41]

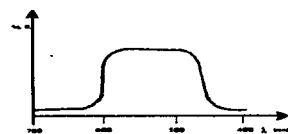


Figura 1.9. Espectro del Color Verde Claro. [41]

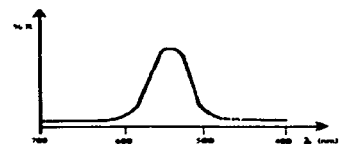


Figura 1.10. Espectro del Color Verde Oscuro. [41]

En las determinaciones de reflectancia pueden existir errores provenientes de:
a) la exactitud en los estándares de referencia usados en la calibración del equipo y ajuste de cero, b) la exactitud y precisión fotométrica, c) luz parásita, d) exactitud y precisión en la longitud de onda, e) la geometría de la óptica, f) ancho de banda espectral. [36]

- Para evitar errores en la exactitud y precisión fotométrica, se pueden usar estándares de transición especular para chequear el equipo como los recomendados en la referencia 8, 42 y 44.
- La no linealidad de la escala fotométrica puede deberse a la reflectancia que se regresa del detector a la muestra y de esta al detector nuevamente.
- Si se usan anchos de banda espectral grandes, la luz parásita es considerable, donde, para mayor exactitud se usan filtros para eliminar las longitudes de onda indeseables.
- La calibración en la escala de longitud de onda se hace con filtros de didimio.
- La geometría de la óptica es fijada por la marca comercial del equipo.

I.4. Instrumentación

Como se mencionó anteriormente, la mejor manera de realizar determinaciones del color es utilizando métodos espectrofotométricos, los cuales funcionan perfectamente con líquidos coloreados transparentes, pero para sólidos y líquidos opacos se requiere de un aditamento que permita medir la reflectancia y modifique el paso de la luz del instrumento permitiendo el examen de la luz reflejada de la superficie de la muestra en vez de pasar a través de ella. Se han probado varios diseños y el elegido ha sido la **esfera de integración** que ha demostrado ser el más adecuado. [7,28,33,44,45,46]

La esfera de integración (Figura I.11) es una esfera hueca cuyas paredes son construidas de un material que refleja difusamente la radiación de todas las longitudes de onda con un alto poder de reflectancia. La luz entra a la esfera de una fuente externa a través de una apertura llegando a la superficie de la muestra, posteriormente es reflejada y dirigida por espejos hacia el detector (fotomultiplicador)

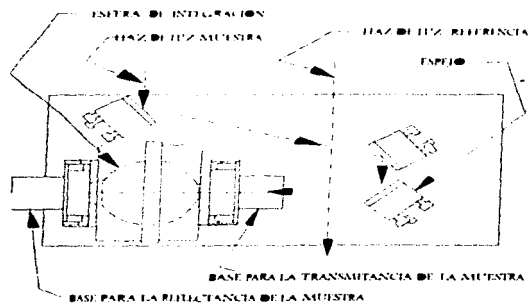


Figura I.11. Diagrama de la Esfera de Integración Modelo RSA-PE-20. Perkin-Elmer[46]

El diseño original de los reflectómetros (Udrieh en 1900) fué para la designación del color de varias sustancias, pero con el advenimiento de equipos tecnológicamente más avanzados, las medidas del color llegaron a ser más exactas y menos tediosas.

Los instrumentos de reflectancia constan de los componentes normales de un espectrofotómetro ultravioleta-visible más el aditamento de reflectancia:

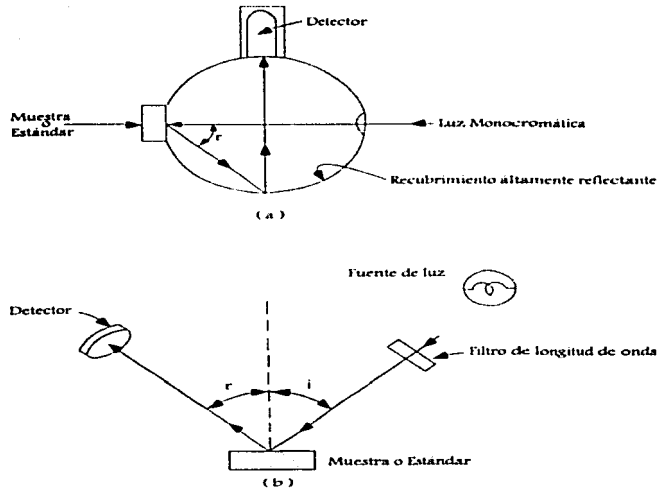
- a) fuente de luz
- b) Monocromador o sistema de filtros
- c) compartimiento para muestras
- d) componente de integración o paso de luz tal como una esfera o hemiesfera
- e) detector
- f) registrador
- g) computadora

En general, las medidas de reflectancia se hacen contra materiales de referencia tales como óxido de magnesio, vidrios opacos, etc. [47]

Dos de los tipos más comunes de instrumentos de reflectancia se ilustran en la figura 1.12 a y b, donde el de tipo esfera o hemiesfera (a) consta de una esfera recubierta en su interior con una sustancia altamente reflejante con orificios de entrada y salida de luz, espejos que dirigen el haz de luz de la fuente a la muestra y de ésta al detector además de una serie de filtros. El de tipo reflexión (b) consta de una fuente de luz que hace incidir el haz a través de un filtro de cierta longitud de onda llegando a la muestra y de allí, reflejándose hacia el detector.

En las figuras 1.13, 1.14, 1.15, se muestran algunos modelos de esferas de integración haciendo notar que en las referencias 11, 42 y 44 se describen más tipos de éstas.

Para calibrar los espectrofotómetros con aditamento de reflectancia, se puede usar una porcelana que sea un reflector difuso perfecto como la placa de sulfato de bario. [47]



Figural.12. Reflectancia Básica o Instrumento de Medición de la Reflectancia
(a) Tipo Esfera de Integración, (b) Tipo Reflexión. Wendlandt [42]

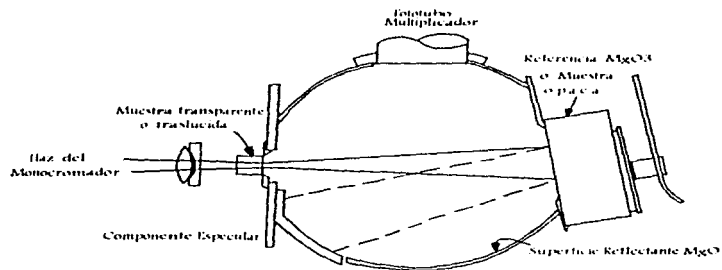
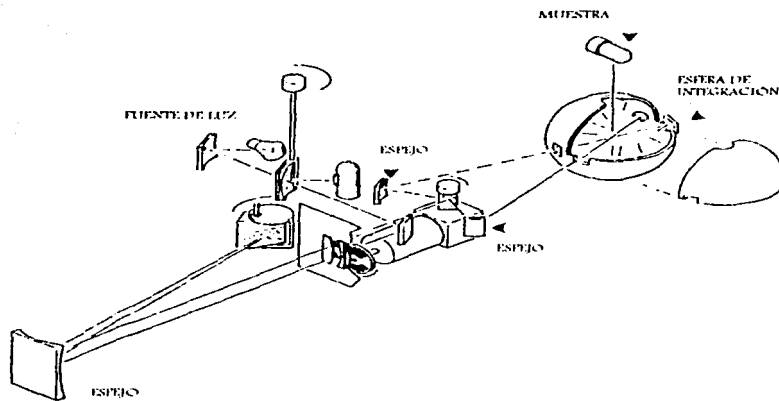


Figura I.13. Aditamento de Reflectancia para el Espectrofotómetro PerkinElmer 4000A. Wendlandt [42]



**Figura I.14. Diagrama Esquemático del Espectroreflectómetro Beckman DK-2A
Wendlandt [42]**

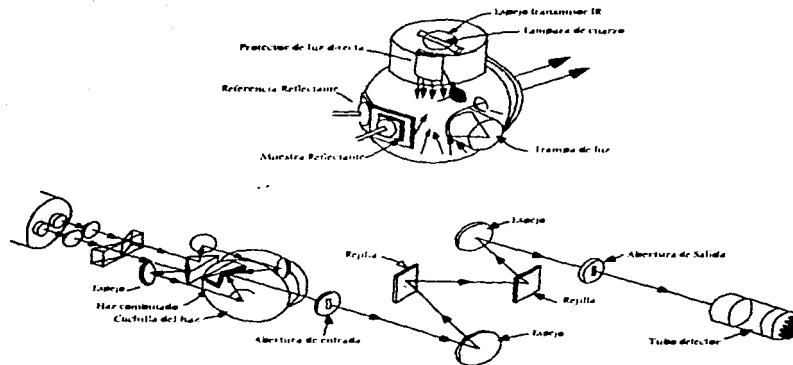


Figura I.15. Espectroreflectómetro Bausch & Lomb.
Wendlandt [42]

1.5. Factores que Afectan Las Determinaciones del Color.

Los factores que afectan la determinación de los valores triestímulo pueden dividirse en dos: [7,28]

a) Relacionados con la muestra.: Si la muestra es una solución transparente homogénea no habrá problemas en la determinación de los valores triestímulo, pero, si se trata de un líquido turbio (suspensión, emulsión) o un sólido (pólvos faciales) los siguientes factores afectan a la determinación de dichos valores:

- tipo de superficie expuesta a la radiación electromagnética. [7,47]
- componentes de la muestra. [7,9; 17,31]
- su tamaño y distribución de partículas, así como su textura afectara al espectro de reflectancia y por lo tanto a los valores triestímulo. [7,47,48]

b) Relacionados con el instrumento.: Entre los factores relacionados con el instrumento tenemos los siguientes:

- Tipo de iluminación, ya que no es lo mismo definir un color con luz blanca, artificial, de día, de tarde, etc. por lo que el iluminante bajo el cual se hace una determinación de color debe definirse.

A este respecto en 1931, la CIE adoptó 3 fuentes estándar denotadas como S_x , S_a y S_c . La fuente S_x se estableció con una temperatura de color de 2854°K característica de la luz promedio de una fuente de tungsteno, mientras que S_a y S_c son derivados de S_x , con el uso de filtros, donde S_a es la luz de la tarde con una temperatura de color de 4870°K y S_c es la luz promedio del día con una temperatura del color de 6770°K. [28]

En la actualidad se cuenta con más iluminantes, los cuales se describen a continuación: [28,34, 46]

TABLA 1.2. Iluminantes para las Mediciones de Reflectancia

ILUMINANTE	COMENTARIO
A	Iluminante artificial con una lámpara de tungsteno. Temperatura del color: 2850°K
C	Luz del día sin la porción ultravioleta. Temperatura del color: 6500°K
D65	Luz promedio del día. Temperatura del color: 6500°K
D55	Luz promedio del día. Temperatura del color de 5500°K
D75	Luz promedio del día. Temperatura del color: 7500°K
TL84	Emisión típica de un tubo adoptado por ASTM como F7

- **Ángulo de Observación.**- El ángulo de observación es otro de los factores que también afectan la cuantificación del color por lo que es importante definirlo e indicarlo. El observador estándar adoptado por la CIE en 1931 fue de 2°, posteriormente en 1964, fue recomendado un campo suplementario de 10° para determinaciones estándar junto con el iluminante D65; estas últimas condiciones fueron las empleadas en el desarrollo del presente trabajo. [25]

I.6. Validación de Métodos Analíticos.

La validación de un método analítico es un proceso en el que establece por estudios de laboratorio que la capacidad del método satisface los requisitos de las aplicaciones analíticas para las que fue creado. Debe demostrar que el procedimiento analítico es capaz de predecir los parámetros a medir con exactitud y precisión en las muestras, dando como consecuencia resultados consistentes con una precisión y exactitud dentro de especificaciones y límites determinados. [49,4 63]

La capacidad del método se expresa en términos de parámetros analíticos como son la precisión en términos de repetibilidad y reproducibilidad, exactitud, linealidad, tolerancia, especificidad, límite de detección, límite de cuantificación, rango y robustez. No obstante, no todos los parámetros referidos anteriormente pueden considerarse necesarios en todos los casos ya que esto depende de la aplicación del método de análisis, por lo que al final de la explicación de dichos parámetros se proporciona una clasificación de los métodos usados para el análisis de sustancias farmacéuticas y una tabla que proporciona los parámetros aplicables según la clasificación descrita en la USP. [49]

I.6.1. Parámetros a Evaluar.

a.) Precisión.

Es el grado de concordancia entre resultados analíticos individuales cuando el procedimiento se aplica repetidamente a diferentes muestras de una muestra homogénea del producto. Usualmente se expresa en términos de desviación estándar o del coeficiente de variación.

La precisión es una medida del grado de reproducibilidad y/o repetibilidad del método analítico bajo condiciones normales de operación.

Repetibilidad. Es la precisión de un método analítico expresada como la concordancia obtenida entre determinaciones independientes realizadas bajo las mismas condiciones analista, muestra, aparato, tiempo, laboratorio, etc) y se evalúa a través del Coeficiente de Variación.

Reproducibilidad. Es la precisión de un método analítico expresada como la concordancia entre determinaciones independientes realizadas bajo condiciones diferentes (analista, días, laboratorios, etc) y se evalúa a través del Coeficiente de Variación Total.

b) Exactitud.

La exactitud del método analítico es la concordancia entre un valor obtenido experimentalmente y el valor de referencia, se evalúa con el % de recobro.

En el caso de evaluar la exactitud de un método analítico para el ensayo de un producto farmacéutico que contiene uno o más ingredientes activos (fármacos), el material de referencia lo constituyen estos últimos solamente sin los excipientes; extrapolando esta situación al producto bajo estudio (suspensiones coloridas) donde los componentes del color son los colores que se consideran el material de referencia y los demás componentes son excipientes. Sin embargo es importante conocer el efecto que tienen éstos últimos sobre el color final y por lo tanto sobre el valor triestímulo y el ΔE .

c) Linealidad.

En un sistema o método analítico la linealidad es su habilidad para asegurar que el método responde de manera lineal a cambios de concentración de los componentes que se adicionan para las características del color a cada una de las variables determinadas. La linealidad se evalúa con el coeficiente de determinación.

d.) Tolerancia

Se define como la habilidad del método para proporcionar resultados analíticos de aceptable exactitud y precisión cuando se han cambiado las condiciones de prueba o de ambiente. Así, la tolerancia toma en cuenta las variaciones que pueden esperarse cuando un mismo procedimiento de análisis es empleado en diferentes laboratorios, usando diferente personal, diferentes reactivos y diferente equipos. Esto es una medida de la precisión de un procedimiento bajo distintas condiciones de operación.

e.) Especificidad o Selectividad.

La selectividad de un método analítico es la capacidad de medir exacta y específicamente el componente de interés en presencia de compuestos que pueden estar en la misma muestra y puedan causar interferencias. La especificidad puede ser expresada como el grado de sesgo entre los resultados de pruebas obtenidos por análisis de muestras que contienen impurezas, productos de degradación, compuestos químicos relacionados o excipientes, y los resultados de prueba para muestras sin sustancias adicionadas.

f.) Límite de Detección.

Se refiere a la más baja concentración de la sustancia de interés que puede ser detectada pero, no necesariamente cuantificada bajo las condiciones experimentales determinadas. Este límite es expresado como la concentración de la sustancia de interés en la muestra (porcentaje, ppm, etc).

La determinación del límite de detección de un método analítico depende del procedimiento usado:

- ⇒ Para procedimientos instrumentales diferentes técnicas pueden ser utilizadas. La señal o ruido puede determinarse por comparación de los resultados del análisis de las muestras con concentraciones conocidas de la sustancia de interés en las muestras blanco y establecer el nivel mínimo al cual dicha sustancia puede ser detectada confiablemente.
- ⇒ En caso de procedimientos no instrumentales, generalmente la determinación es por el análisis de muestras de concentración conocida de la sustancia de interés y estableciendo el nivel mínimo al cual dicha sustancia puede ser detectada confiablemente.

g.) Límite de Cuantificación.

Está definido como la más baja concentración de la sustancia de interés en una muestra que puede ser determinada con precisión y exactitud aceptables bajo condiciones experimentales establecidas. Este límite es expresado como la concentración de la sustancia de interés en la muestra (porcentaje, ppm, etc). La determinación del límite de cuantificación varía según el procedimiento:

- ⇒ Si el procedimiento es instrumental, el límite de cuantificación se determina analizando una serie de muestras blanco y calculando la desviación estándar de las magnitudes de respuesta mínima analítica medidas. El límite es subsecuentemente validado por el análisis de un número disponible de muestras conocidas por estar preparadas cerca o al límite de cuantificación.

⇒ Si el procedimiento no es instrumental, el límite de cuantificación es generalmente determinado por el análisis de muestras de concentración conocida de la sustancia de interés y estableciendo el nivel mínimo al cual la sustancia de interés puede ser detectada con aceptable precisión y exactitud.

CATEGORÍA I

Métodos analíticos para la cuantificación de componentes principales en un producto, principios activos (incluyendo conservadores) o productos terminados que se encuentren bajo esta categoría.

CATEGORÍA II.

Métodos analíticos para la determinación de impurezas o compuestos de degradación en producto terminado. Estos métodos incluyen ensayos cuantitativos y pruebas límite.

CATEGORÍA III.

Métodos analíticos para la evaluación de las características de desempeño de una forma farmacéutica, tal como los perfiles de disolución, uniformidad de contenido, etc.

TABLA 1.3. Clasificación de Métodos Analíticos.

Parámetros Analíticos	Categoría II			
	Categoría I	Cuantitativo	Pruebas Límite	Categoría III
Precisión	Si	Si	No	Si
Exactitud	Si	Si	*	*
Límite de detección	No	No	Si	*
Límite de cuantificación	No	Si	No	*
Selectividad	Si	Si	Si	*
Rango	Si	Si	*	*
Linealidad	Si	Si	No	*
Robustez	Si	Si	Si	Si

* puede ser requerido dependiendo de la naturaleza de la prueba.

NOTA: según la clasificación anterior, el presente método pertenece a la categoría III ya que se evalúa el color de la suspensión que es una característica del producto.

1.7. Diseño Plackett-Burman

El diseño de experimentos tiene una gran aplicación en todas las áreas de la ciencia (Biología, Química, áreas farmacéuticas, Medicina, etc) debido a que es el camino más lógico, racional y científico para recolectar datos, procesarlos y una vez obtenidos los resultados, analizarlos y llegar a una o varias conclusiones [65]

En los ensayos de validación, el diseño de experimentos es útil para demostrar que el método y los factores involucrados no influyen sobre los resultados, así como también, pueden identificar las condiciones que son necesarias para realizar una investigación y tenerla bajo control.

En el presente trabajo es utilizado el Diseño Plackett-Burman. Atribuido a Plackett y Burman (1946), este es un diseño factorial fraccionado de dos niveles utilizado para estudiar $K=N-1$ variables en N ensayos, en donde N es múltiplo de 4. El diseño Plackett-Burman nos permite evaluar el efecto principal de un gran número de variables (de 8 hasta 23) con un número reducido de experimentos, aunque con las desventajas de que solo permite ver los efectos principales y su tendencia al pasar del nivel alto al bajo y además no permite ver interacciones y efectos cuadráticos si los hay.

La finalidad de este diseño en el presente trabajo, es conocer cuáles son los componentes de cada formulación que afectan a los valores triestímulo, para que en base a estos resultados se planeen los componentes a variar en el ensayo de linealidad. [64-66]

PLANTEAMIENTO
DEL PROBLEMA

Actualmente, la explotación del color se ha hecho más evidente y muchas industrias han invertido esfuerzos por tratar de reproducir los colores en sus productos con diversos fines. En pinturas y cosméticos, por ejemplo, la homogeneidad del color en las cremas, polvos faciales o esmaltes, es vital para las ventas al público. En la Industria Farmacéutica un gran número de productos son coloridos, entre ellos se encuentran las tabletas, las cuales se recubren con suspensiones coloridas con propósitos de:

- mejorar su apariencia (estética)
- detectar diferencias entre formulaciones o dosis (identificación)
- proteger del medio ambiente como luz, humedad (estabilidad)
- enmascarar sabores desagradables
- Controlar la velocidad de liberación de principios activos

De lo anterior se deduce que es vital que el material de recubrimiento posea un color uniforme y consistente, garantizando siempre obtener el mismo color y que no haya variación entre lote y lote, con fines de asegurar la calidad y establecer las especificaciones de cada producto con respecto a sus colores.

El problema al que se enfrentan las industrias que están relacionadas con la tecnología del color es el querer realizar réplicas de un color específico o igualar un color que fue obtenido con anterioridad en alguno de sus productos de manera visual; es crítico sobre todo si consideramos que el color, al ser un fenómeno subjetivo no permite que el ojo humano sea capaz de definirlo precisamente y con ello, no poder generar de manera fácil colores iguales con exactitud.

Por todas las aplicaciones y ventajas que ofrece el uso de los colores, existe la necesidad de evaluar al color en términos absolutos y contar con un método numérico confiable, preciso y exacto que sustituya las determinaciones visuales que son complicadas, poco confiables, tediosas y que no siempre proporcionan información imparcial. Por lo anterior, el presente trabajo propone el uso del **Método Espectrofotométrico de los Valores Triestímulo** para evaluar el color de manera cuantitativa y confiable en muestras coloridas, no solo líquidas, sino también sólidas o polvos finos, y de esta manera, contar con un método que permita asegurar la calidad del producto final en las industrias donde la evaluación del color es fundamental.

OBJETIVOS

3.1. GENERAL

3.1.1. Evaluar el color en suspensiones coloridas usadas en el recubrimiento de tabletas a través del Método de los Valores Triestímulus empleando espectrofotometría de reflectancia y establecerlo como un método confiable y preciso para el control de calidad de este producto.

3.2. ESPECÍFICOS

3.2.1. Estudiar el efecto de la composición de la muestra sobre los valores triestímulus.

3.2.1. Validar metodología analítica para la determinación de los Valores Triestímulus.

HIPÓTESIS

Dada la estructura química de los colorantes, se podrá definir cada color de manera cuantitativa a través del Método de los Valores Triestímulus utilizando Espectrofotometría de Reflectancia, ya que cada color tiene un espectro de reflectancia característico, esperando además, que los componentes de cada formulación tengan efecto sobre los Valores Triestímulus.

MATERIAL Y
MÉTODO

Materiales

- Vasos de precipitados de 500ml
- Tamiz malla 100
- Espátulas de acero inoxidable
- Frascos de plástico de 300ml
- Agua Destilada

Equipo

- Homogenizador para líquidos Cole-Parmer H-04711-50
- Agitador Magnético AS/400

Instrumentos

- Espectrofotómetro Lambda 2 equipado con un accesorio de reflectancia RSA-FE-20 con Software Pecol ver. 2.0
- Celdas de vidrio de 1cm de espesor
- Balanza granataria Ohaus 750 SW

P.R.O.C.E.D.I.M.I.E.N.T.O.:

I. ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS. Se pesaron los ingredientes en las cantidades requeridas y para cada color como muestra la tabla V.1. Posteriormente, en el homogenizador se mezclaron los ingredientes durante un tiempo aproximado de 10 minutos. La suspensión obtenida se pasó por el tamiz, envasándola finalmente.

TABLA V.1. Composición de las Suspensiones de Color

	Amarillo	Amarillo Ocre	Azul	Chocolate	Naranja	Púrpura	Rojo Intenso
Espesante 1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Espesante 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pigmento Clarificante Amarillo	✓	✓	✓	X	✓	✓	X
Rojo	✓	✓	✓	X	✓	X	✓
Oxido de Hierro	X	✓	X	✓	X	X	X
Azul	X	X	✓	X	X	✓	X
Polimero Soluble	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓
Plastificante	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓
Antiespumante	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tensoactivo	X	✓	✓	X	X	X	X
Conservador 1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Conservador 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Disolvente	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✓ = presente en la formulación.

X = no presente en la formulación.

2. EFECTO DE LA COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA. (Diseño Plackett-Burman).

La composición de la muestra se evaluó a través de una matriz de tratamiento la cual indica que se deben preparar doce formulaciones cuyos componentes están en dos niveles: (-) para el nivel bajo y (+) para el nivel alto que corresponden al 10% abajo y arriba de la formulación original. Dichas formulaciones se elaboraron según las tablas V.2. a V.9.

TABLA V.2 DISEÑO PLACKETT-BURMAN PARA EL COLOR AMARILLO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Espeante 1	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-
Espeante 2	-	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-
Pigmento Clarificante	+	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-
Amarillo	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Rojo	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-
Polimero Soluble	+	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-
Plastificante	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-
Antiespumante	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-
Conservador 1	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-
Conservador 2	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-
Disolvente	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-

TABLA V.3 DISEÑO PLACKETT-BURMAN PARA EL COLOR AMARILLO OCRE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Espeante 1	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-
Espeante 2	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-
Pigmento Clarificante	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-
Amarillo	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Óxido de Hierro	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-
Polimero Soluble	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-
Plastificante	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-
Antiespumante	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+	-
Tensactivo	+	-	+	-	+	-	+	+	-	+	+	-
Conservador 1	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-
Conservador 2	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-

TABLA V.4. DISEÑO PLACKETT-BURMAN PARA EL COLOR AZUL.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Espezante 1	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-
Espezante 2	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-
Pigmento Clarificante	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-
Amarillo	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Azul	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Polimero Soluble	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-
Antiespumante	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-
Tensioactivo	+	+	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-
Conservador 1	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-
Conservador 2	-	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	-
Disolvente	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-

TABLA V.5. DISEÑO PLACKETT-BURMAN PARA EL COLOR CHOCOLATE.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Espezante 1	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-
Espezante 2	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-
Oxido de Hierro	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	-
Plastificante	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	-
Antiespumante	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-
Conservador 1	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-
Conservador 2	+	-	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-
Falsa	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-
Falsa	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-
Falsa	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	+	-
Falsa	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-

TABLA V.6. DISEÑO PLACKETT-BURMAN PARA EL COLOR NARANJA.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Espezante 1	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-
Espezante 2	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-
Pigmento Clarificante	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-
Amarillo	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-
Rojo	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-
Polimero Soluble	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-
Plastificante	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-
Antiespumante	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-
Conservador 1	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-
Conservador 2	-	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	-
Disolvente	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-

TABLA V.7. DISEÑO PLACKETT-BURMAN PARA EL COLOR PÚRPURA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Espeante 1	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-
Espeante 2	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-
Pigmento Clarificante	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-
Rojo	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-
Azul	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
Polímero Soluble	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-
Plastificante	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-
Antiespumante	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-
Conservador 1	-	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-
Conservador 2	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-
Disolvente	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-

TABLA V.8. DISEÑO PLACKETT-BURMAN PARA EL COLOR ROJO INTENSO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Espeante 1	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-
Espeante 2	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-
Amarillo	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-
Rojo	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-
Polímero Soluble	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-
Plastificante	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-
Antiespumante	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-
Conservador 1	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-
Conservador 2	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-
Disolvente	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-
Falsa	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-

3. Para evaluar la **PRECISIÓN** en términos de **repetibilidad** se analizó uno de los doce placebo preparados en reproducibilidad y se leyó seis veces al espectrofotómetro en un mismo día y por el mismo analista siguiendo el procedimiento para análisis de muestras. (punto 7)

4. Para la evaluación de la **PRECISIÓN** en términos de **reproducibilidad** se prepararon y analizaron doce placebo independientes al 100% de composición en dos días diferentes y con dos analistas diferentes según el procedimiento para análisis de muestras. (punto 7)

5. En **EXACTITUD** se analizaron seis placebo preparados el mismo día y por el mismo analista según el procedimiento de análisis de muestras y determinando el % de recobro usando como referencia el placebo que dió el valor triestímulo más cercano al promedio.

6. La **LINEARIDAD** se evaluó preparando placebo cargados variando la concentración de los componentes que afectaron los valores triestímulo encontrados a través del Diseño Plackett-Burman en concentraciones de 50%, 75%, 100% y 125%.

7. **PROCEDIMIENTO PARA ANÁLISIS DE MUESTRAS.** Mezclar la muestra en el agitador magnético a una velocidad y tiempo tal que permita un mezclado homogéneo y que no genere burbujas, posteriormente, se llena la celda del espectrofotómetro de reflectancia y se hace la lectura bajo las condiciones instrumentales que se señalan en la tabla V.2.

TABLA V.9. Condiciones Instrumentales para Lecturas de Reflectancia

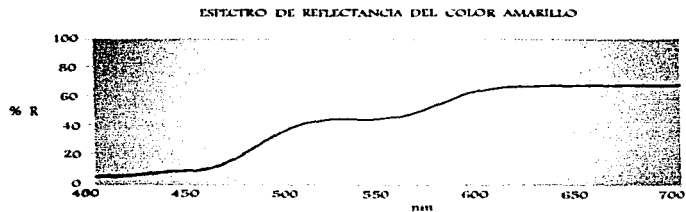
Rango de Barrido	700 a 400nm
Magnitud Medida	% de Reflectancia
Escala	0 -- 100%
Velocidad de Barrido	480 nm/min
Iluminador	D65 (Luz promedio del día)
Observador	10° (recomendado por la CIE desde 1964 para aplicaciones estándar)
Parámetros a reportar	L*, a*, b* y ΔE

RESULTADOS

En la figura VI.1 se presenta uno de los espectros de reflectancia obtenidos correspondiente al color **AMARILLO**.

Posteriormente, se presentan las tablas de resultados de la validación del método analítico y del efecto de la composición de la muestra para este color, así como sus correspondientes análisis estadísticos.

FIGURA V I. 1



VI. RESULTADOS

La tabla VI.I.AM muestra los resultados obtenidos del Diseño Plackett-Burman realizado para determinar el efecto de la composición de la muestra sobre los Valores Triestímulus. La ANADEVa correspondiente se presenta en el ANEXO C.I.A.M.

T A B L A VI. I. A M. DISEÑO PLACKETT-BURMAN

FORMULACIÓN	L*	a*	b*	ΔE
1	73.86	5.02	55.47	1.10
2	72.88	6.66	53.65	1.71
3	73.38	6.73	54.88	2.96
4	74.50	4.67	57.72	1.82
5	72.26	7.74	57.45	4.37
6	73.31	5.95	54.63	2.46
7	74.40	4.16	57.60	1.61
8	73.70	5.75	56.17	1.71
9	72.91	6.96	57.29	3.38
10	72.76	6.97	55.09	3.33
11	73.30	5.83	56.90	2.14
12	73.34	5.72	56.63	1.93

VI. RESULTADOS

Las tablas VI.2.AM y VI.3.AM muestran los resultados obtenidos de la Precisión del Sistema de Medición y su análisis estadístico correspondiente.

TABLA VI.2.AM. PRECISIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN (REPETIBILIDAD)

PARÁMETRO	R E P E T I C I O N					
	1	2	3	4	5	6
L*	74.89	75.10	74.86	75.46	75.19	75.20
a*	4.96	4.20	4.86	3.87	4.26	4.23
b*	57.18	56.60	57.52	57.50	56.90	57.39
ΔE	1.57	1.03	1.79	1.94	1.30	1.68

TABLA VI.3.AM ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRECISIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

PARÁMETRO	\bar{X}	σ	C.V.	ES
L*	75.11667	0.22259	0.29633	0.09087
a*	4.39667	0.42291	9.62032	0.17268
b*	57.18167	0.36794	0.64345	0.15021
ΔE	1.55167	0.33463	21.56579	0.13661

\bar{X} = promedio, σ = desviación estándar, C.V.= coeficiente de variación, ES= error estándar

VI. RESULTADOS

Las tablas VI.4.AM y VI.5.AM muestran los resultados obtenidos de la Precisión del Método analítico y su análisis estadístico respectivamente. La ANADEVa correspondiente se presenta en el ANEXO C.2.AM.

TABLA VI.4.AM. PRECISIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO (REPRODUCIBILIDAD)

	ANALISTA 1				ANALISTA 2			
	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
DIA 1	74.01	4.35	55.75	0.41	73.97	4.12	55.49	0.61
	74.22	3.96	55.94	0.19	74.00	4.75	56.18	0.69
	74.12	4.29	55.76	0.32	74.18	4.06	55.72	0.31
DIA 2	74.43	3.91	55.87	0.11	74.91	3.26	56.74	1.32
	74.26	4.14	56.09	0.09	74.00	4.55	55.91	0.49
	74.16	4.52	56.21	0.15	74.70	3.54	56.28	0.79

TABLA VI.5.AM ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRECISIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO

PARAMETRO	EFFECTO ANALISTA	EFFECTO DÍA/ANALISTA	CV TOTAL	REPETIBILIDAD	REPRODUCIBILIDAD DÍA/ANALISTA	REPRODUCIBILIDAD INTERANALISTA
L*	—	—	0.40033	0.54470	0.31176	0.31176
a*	—	—	10.33054	0.83206	0.32776	0.32776
b*	—	—	0.58624	0.56239	0.44341	0.44341
ΔE	—	—	69.09245	0.52045	0.13050	0.53653

Signo (—) significa no presenta efecto Signo (+) significa presenta efecto

VI. RESULTADOS

En las tabla VI.6.AM se muestran los resultados de la exactitud del método analítico obtenidos de la validación. La tabla VI.7.AM presenta el porciento de recobro calculado para cada variable de respuesta, mientras que la tabla VI.8.AM da el analisis estadístico correspondiente a la exactitud del método analítico.

T A B L A VI.6.AM. EXACTITUD DEL METODO ANALITICO

MUESTRA	L*	a*	b*	AE
1	71.97	4.32	55.49	0.61
2	74.00	4.75	56.18	0.69
3	74.38	4.06	55.72	0.31
4	74.91	3.26	56.74	1.32
5	74.00	4.55	55.93	0.49
6	74.70	3.54	56.28	0.79
ESTANDAR	74.16	4.52	56.21	0.67

T A B L A VI.7.AM. PORCIENTO DE RECUBRO

MUESTRA	L*	a*	b*	AE
1	99.74380	95.57522	98.71910	91.04478
2	99.78425	105.08849	99.94663	102.98508
3	100.29666	89.82301	99.12827	46.26866
4	101.01133	72.12389	100.94290	197.01493
5	99.78425	100.66372	99.50187	73.13433
6	100.72816	78.31858	100.12453	117.91045

TABLA VI. 8AM. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA EXACTITUD DEL MÉTODO ANALÍTICO

VARIABLE DE RESPUESTA	\bar{X}	CV	LSC	LIC
L*	100.22474	0.54589	100.79810	99.65048
a*	90.26549	14.25704	103.77107	76.75791
b*	99.72721	0.79079	100.55497	98.89946
ΔE	104.72617	49.24123	158.85105	50.59970

Donde: \bar{X} = promedio, CV = coeficiente de variación, LSC = Límite superior de confianza
 LIC = Límite inferior de confianza

La tabla VI.9.AM presenta los resultados obtenidos de la Linealidad del color amarillo, así como su análisis estadístico en la tabla VI.10.AM. En el ANEXO C.3.AM se encuentra el análisis de varianza para cada uno de los Valores Triestímulo.

TABLA VI.9.AM. LINEARIDAD

NIVEL	L*	a*	b*	ΔE
50%	73.47	4.10	61.94	5.99
	73.69	3.97	62.26	6.29
	73.40	4.13	62.39	6.45
75%	73.21	3.86	58.54	2.76
	73.60	4.00	57.94	2.05
	73.34	4.24	57.65	1.89
100%	74.01	4.35	55.75	0.41
	74.22	3.96	55.94	0.19
	74.12	4.29	55.76	0.32
125%	73.65	4.06	54.04	3.02
	73.59	3.98	53.70	2.40
	73.59	3.99	52.98	3.10

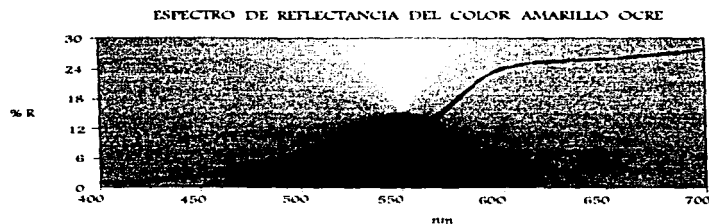
TABLA VI.10.AM. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA LINEARIDAD

VARIABLE	m	b	Sx,y	CV	r ²
L*	0.00401	73.30633	0.30325	0.41171	
a*	-0.00001	4.07867	0.15660	3.84049	
b*	-0.11639	67.50800	0.59188	1.03252	0.97315
ΔE	-0.04855	7.15367	1.83888	63.28226	0.39519

m= pendiente, b= ordenada al origen, Sx,y= desviación estandar de regresión, CV= coeficiente de variación, r²=coeficiente de determinación

La figura VI.2 muestra el espectro de reflectancia correspondiente al color **AMARILLO OCRE**. Posteriormente, se presentan las tablas de resultados provenientes de la validación del método analítico y del efecto de la composición de la muestra, así como sus correspondientes análisis estadísticos.

FIGURA VI.2



VI. RESULTADOS

La tabla VI.11 muestra los resultados obtenidos del Diseño Plackett-Burman realizado para determinar el efecto de la composición de la muestra sobre los valores triestímulo. La ANADEVIA correspondiente se presenta en el ANEXO D.1.AO.

T A B L A VI.11. AO. DISEÑO PLACKETT-BURMAN

FORMULACIÓN	l.*	a.*	b.*	AE
1	43 78	18 92	39 36	0 55
2	45 46	18 01	40 14	1 95
3	43 58	19 14	38 04	1 89
4	45 50	18 27	40 70	2 04
5	43 01	19 29	39 99	0 84
6	43 83	18 89	38 46	1 45
7	45 01	18 09	40 88	1 79
8	43 81	18 79	39 56	0 36
9	42 81	19 32	39 56	1 08
10	42 55	19 58	38 90	1 70
11	43 54	18 99	39 29	0 65
12	43 45	18 86	39 11	0 83

VI. RESULTADOS

Las tablas VI.12 y VI.13 muestran los resultados obtenidos de la precisión del sistema de medición y su análisis estadístico respectivamente.

TABLA VI. 12. AO. PRECISIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN (REPETIBILIDAD)

PARAMETRO	R E P L I C A					
	1	2	3	4	5	6
L*	43.50	43.69	43.55	43.85	43.65	43.91
a*	18.76	18.99	18.89	18.95	18.87	18.91
b*	39.44	40.00	39.86	39.75	39.71	39.41
ΔE	0.51	0.18	0.17	0.23	0.20	0.53

TABLA VI.13.AO. ANALISIS ESTADÍSTICO DE LA PRECISIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

PARAMETRO	\bar{X}	σ	C.V	ES
L*	43.69166	0.16204	0.37087	0.06615
a*	18.89500	0.07893	0.41773	0.03222
b*	39.69500	0.23227	0.58514	0.09482
ΔE	0.30333	0.16919	55.77829	0.06907

\bar{X} = promedio, σ = desviación estandar, CV= coeficiente de variación, ES= error estandar

VI. RESULTADOS

Las tablas VI.14 y VI.15 muestran los resultados obtenidos de la precisión del método analítico y su análisis estadístico respectivo. La ANADEVa correspondiente se encuentra en el ANEXO D.2.AO.

TABLA VI.14. AO. PRECISIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO (REPRODUCIBILIDAD)

	ANALISTA 1				ANALISTA 2			
	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
DÍA 1	43.85	18.91	39.46	0.47	43.17	18.98	39.91	0.37
	43.67	18.88	39.71	0.29	43.74	19.62	39.71	0.25
	43.69	18.74	39.68	0.24	43.86	18.98	39.43	0.50
DÍA 2	43.74	18.82	39.50	0.40	43.90	18.96	39.53	0.43
	43.69	18.85	39.59	0.31	44.06	18.88	39.49	0.54
	43.40	19.00	39.87	0.35	44.06	18.88	39.49	0.54

TABLA VI.15. AO. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRECISIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO

PARAMETRO	EFEECTO ANALISTA	EFEECTO DÍA/ANALISTA	CV TOTAL	REPETIBILIDAD	REPRODUCIBILIDAD DÍA/ANALISTA	REPRODUCIBILIDAD INTRANALISTA
L*	—	—	0.49114	0.31936	0.33599	0.33599
a*	—	—	0.43892	0.13928	0.05328	0.09320
b*	—	—	0.41769	0.33911	0.33911	0.33911
ΔE	—	—	30.59135	0.20306	0.0699	10.11801

Signo (—) significa no presenta efecto Signo (+) significa presenta efecto

VI. RESULTADOS

La tabla VI.16.AO muestra los resultados obtenidos de la exactitud del método analítico, la tabla VI.17. AO da el porciento de recobro calculado para cada variable de respuesta, mientras que la tabla VI.18.AO se refiere al análisis estadístico correspondiente.

T A B L A VI.16. AO. EXACTITUD DEL MÉTODO ANALÍTICO

MUESTRA	L*	a*	b*	AE
1	43.85	18.91	39.46	0.47
2	43.67	18.88	39.71	0.20
3	43.69	18.74	39.68	0.24
4	43.74	18.82	39.50	0.40
5	43.69	18.85	39.59	0.31
6	43.40	19.00	39.87	0.35
ESTANDAR	43.74	18.82	39.50	0.40

T A B L A VI.17. AO. PORCIENTO DE RECOBRO

MUESTRA	L*	a*	b*	AE
1	100.25149	100.47822	99.89873	117.5
2	99.83996	100.31881	100.53165	50
3	99.88569	99.57492	100.45570	60
4	100.00	100.00	100.00	100.00
5	99.88569	100.15941	100.22785	77.5
6	99.22268	100.95643	100.93671	87.5

TABLA VI.18.A.O. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA EXACTITUD DEL MÉTODO ANALÍTICO

VARIABLE DE RESPUESTA	\bar{X}	CV	LSC	LIC
l*	99.84758	0.34106	100.20502	99.49015
a*	100.24796	0.46410	100.73629	99.75964
b*	100.34177	0.38055	100.74256	99.94098
ΔE	82.08333	30.54303	108.39773	55.76893

Donde: \bar{X} = promedio, CV = coeficiente de variación, LSC = Límite superior de confianza
 LIC = Límite inferior de confianza

La tabla VI.19. AO muestra los resultados obtenidos de la linealidad, así como su análisis estadístico que se presenta en la tabla VI.20.AO. En el ANEXO D.3.AO. se encuentra el análisis de varianza para cada uno de los valores triestímulo.

TABLA VI.19. AO. LINEARIDAD

NIVEL.	L*	a*	b*	ΔE
50%	44.13	19.21	40.88	1.11
	44.27	19.23	40.61	0.98
	44.19	19.25	40.28	0.74
75%	43.88	18.95	39.97	0.21
	44.01	18.86	39.92	0.10
	43.93	18.86	39.93	0.22
100%	43.85	18.91	39.46	0.47
	43.67	18.88	39.71	0.20
	43.69	18.74	39.68	0.24
125%	43.81	19.17	39.87	0.35
	43.89	19.09	39.71	0.36
	43.49	19.12	40.04	0.38

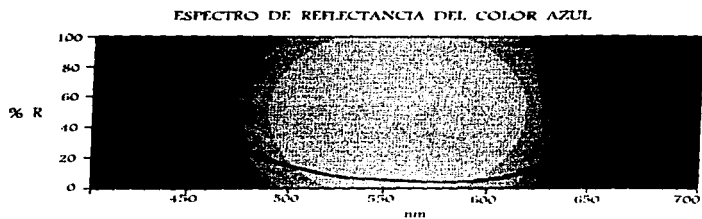
TABLA VI.20.AO. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA LINEARIDAD

VARIABLE	m	b	Sx.y	CV	r ²
L*	-0.00641	44.46200	0.13323	0.30347	0.68479
a*	-0.00143	19.14733	0.17820	0.93677	
b*	-0.00989	40.87067	0.29998	0.74986	0.50487
ΔE	-0.00680	1.06000	0.25577	55.00502	0.39855

m= pendiente, b= ordenada al origen, Sx.y= desviación estandar de regresión, CV= coeficiente de variación, r²= coeficiente de determinación

La figura VI.3 muestra el espectro de reflectancia correspondiente al color AZUL. Posteriormente, se presentan las tablas de los resultados obtenidos de la validación del método analítico y del efecto de la composición de la muestra, así como sus correspondientes análisis estadísticos.

FIGURA VI.3



En la tabla VI.21.AZ se muestran los resultados obtenidos del Diseño Plackett-Burman realizado para determinar el efecto de la composición de la muestra sobre los valores tristímulus. La ANADEVa correspondiente se presenta en el ANEXO E.1.AZ.

T A B L A VI.21. AZ. DISEÑO PLACKETT-BURMAN

FORMULACIÓN	L*	a*	b*	ΔE
1	39.31	34.84	-43.66	1.55
2	37.10	37.28	-46.09	5.47
3	40.71	33.20	-42.79	0.97
4	38.30	35.16	-44.31	2.63
5	38.68	35.62	-44.61	2.76
6	38.45	39.37	-46.33	6.60
7	36.97	35.64	-44.58	4.04
8	38.51	35.79	-44.85	3.08
9	38.69	34.68	-44.11	2.01
10	39.93	35.97	-44.38	2.46
11	37.94	36.68	-45.08	4.13
12	38.62	35.57	-44.39	2.69

Las siguientes tablas, VI.22.AZ. y VI.23.AZ., muestran los resultados de la precisión del sistema de medición y el análisis estadístico respectivamente.

TABLA VI.22.AZ. PRECISIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN (REPETIBILIDAD)

PARAMETRO	R E P E T I C I A					
	1	2	3	4	5	6
L*	37.37	38.65	38.51	39.29	37.73	38.51
a*	36.53	35.09	33.78	34.92	35.15	35.33
b*	-45.01	-44.20	-41.01	-41.35	-43.95	-40.40
ΔE*	4.37	2.30	1.92	1.81	3.03	4.00

TABLA VI.23.AZ. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRECISIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

PARÁMETRO	\bar{X}	σ	C.V.	ES
L*	38.34333	0.68838	1.79531	0.28103
a*	35.13333	0.87961	2.50362	0.35910
b*	-43.48667	1.64585	3.78473	0.67192
ΔE	2.90500	1.08592	3.738119	0.44333

\bar{X} = media, σ = desviación estándar, C.V.= coeficiente de variación, ES= error estándar.

Las tablas VI.24.AZ. y VI.25.AZ. muestran los resultados obtenidos de la precisión del método analítico y su análisis estadístico. La ANADIVA correspondiente se encuentra en el ANEXO E.2.AZ.

T A B L A VI.24. AZ. PRECISIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO (REPRODUCIBILIDAD)

	ANALISTA 1				ANALISTA 2			
	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
DIA 1	40.64	34.20	-43.99	0.73	38.92	33.93	-43.10	1.52
	40.90	33.97	-43.82	0.67	40.24	34.11	-43.95	0.59
	41.57	33.62	-43.43	1.23	40.46	32.70	-42.87	1.21
DIA 2	40.55	33.85	-43.77	0.34	40.22	32.18	-43.17	1.56
	40.44	32.94	-42.98	0.95	39.56	35.28	-44.38	1.96
	40.92	33.99	-43.99	0.78	39.80	33.55	-43.16	0.69

T A B L A VI.25. AZ. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRECISIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO

PARAMETRO	EFFECTO ANALISTA	EFFECTO DIA/ANALISTA	CV TOTAL	REPETIBILIDAD	REPRODUCIBILIDAD DIA/ANALISTA	REPRODUCIBILIDAD ENTREANALISTA
L*	+	—	1.71379	1.02727	1.02727	1.31543
a*	—	—	2.37828	1.81036	1.81036	1.81036
b*	—	—	1.12874	1.06467	1.06467	0.22495
ΔE	—	—	47.06283	0.89792	0.89792	0.60690

Signo (—) significa no presenta efecto Signo (+) significa presenta efecto

La tabla VI.26.AZ presenta los resultados obtenidos de la exactitud del método analítico, mientras que la tabla VI.27.AZ y VI.28.AZ dan el porcentaje de recobro calculado para cada uno de los valores triestímulus y el análisis estadístico respectivamente.

T A B L A VI. 26. AZ. EXACTITUD DEL MÉTODO ANALÍTICO

MUESTRA	L*	a*	b*	AE
1	40.64	14.20	-41.99	0.73
2	40.90	13.97	-41.82	0.67
3	41.57	13.62	-41.41	1.23
4	40.55	13.85	-41.77	0.34
5	40.44	12.94	-42.98	0.95
6	40.92	13.99	-41.99	0.78
ESTANDAR	41.57	13.62	-41.41	1.23

T A B L A VI. 27. AZ. PORCIENTO DE RECOBRO

MUESTRA	L*	a*	b*	AE
1	97.76281	101.72516	101.28943	59.349594
2	98.38826	101.04105	100.89800	54.471554
3	100.00	100.00	100.00	100.00
4	97.54631	100.68412	100.78287	27.64228
5	97.28169	97.97739	98.96385	77.23577
6	98.43617	101.10054	101.28943	63.41463

TABLA VI.28 AZ. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA EXACTITUD DEL MÉTODO ANALÍTICO

VARIABLE DE RESPUESTA	\bar{X}	CV	LSC	LIC
L*	98.23591	0.99586	99.26273	97.20908
a*	100.42138	1.31844	101.81105	99.03171
b*	100.53726	0.89919	101.48613	99.58840
ΔE	63.68564	37.84986	88.98632	38.38495

Donde: \bar{X} = promedio, CV= coeficiente de variación, LSC= Límite superior de confianza
LIC= Límite inferior de confianza.

La tabla VI.29.AZ. muestra los resultados de la linealidad, así como su análisis estadístico en la tabla VI.30.AZ. En el ANEXO E.3.AZ. se presenta el análisis de varianza para cada uno de los valores triestimulus.

T A B L A VI.29. AZ. LINEARIDAD

NIVEL	L*	a*	b*	AE
50%	35.52	33.10	-42.75	4.93
	35.19	32.86	-42.41	5.35
	38.39	28.94	-40.19	6.14
75%	41.59	28.29	-40.28	6.43
	41.97	28.29	-40.30	6.51
	41.64	28.71	-40.67	5.90
100%	40.64	34.20	-43.99	0.71
	40.90	33.97	-43.82	0.67
	41.57	33.62	-43.43	1.23
125%	44.38	28.19	-40.26	7.57
	42.94	29.89	-41.45	5.06
	41.79	32.06	-42.93	2.26

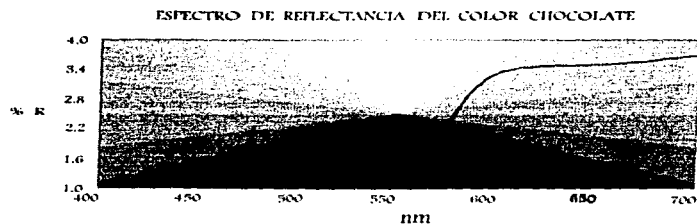
T A B L A VI.30. AZ. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA LINEARIDAD

VARIABLE	m	b	Sx _y	CV	r ²
L*	0.07725	33.78367	1.73553	4.28067	0.65005
a*	0.00296	30.75100	2.61035	8.41777	
b*	-0.01048	-40.95633	1.54642	3.69309	
AE	-0.02773	6.82500	2.45597	55.83875	

m= pendiente, b= ordenada al origen, Sx_y= desviación estándar de regresión, CV= coeficiente de variación
r²= coeficiente de determinación

El espectro de reflectancia que se presenta en la figura VI.4 es el correspondiente al color **CHOCOLATE**, seguido de éste, se presentan las tablas de resultados provenientes de la validación del método analítico y del efecto de la composición de la muestra, así como sus respectivos análisis estadísticos.

FIGURA VI.4



La tabla VI.31.CII, muestra los resultados obtenidos del Diseño Plackett-Burman realizado para determinar el efecto de la composición de la muestra sobre los valores triestímulus. La ANADEVa correspondiente se presenta en el ANEXO F.I.CII.

TABLA VI.31. CII. DISEÑO PLACKETT-BURMAN

FORMULACIÓN	L*	a*	b*	ΔE
1	15.01	10.91	9.23	0.28
2	15.34	10.59	8.67	0.49
3	14.42	11.56	10.09	1.48
4	15.75	10.79	8.91	0.62
5	15.30	10.49	8.48	0.67
6	15.85	10.47	8.47	0.98
7	15.48	11.24	9.45	0.67
8	14.83	10.92	9.11	0.34
9	15.62	10.77	9.02	0.50
10	16.04	10.17	8.05	1.49
11	15.15	10.77	8.91	0.16
12	15.40	11.09	9.36	0.49

Las tablas VI.32.CII y VI.33.CII presentan los resultados obtenidos de la precisión del sistema de medición y el análisis estadístico respectivamente para el color chocolate.

T A B L A VI.32.CII. PRECISIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN (REPETIBILIDAD)

PARAMETRO	R E P L I C A					
	1	2	3	4	5	6
L*	15.23	15.31	15.32	14.81	15.09	15.02
a*	11.76	11.63	11.64	11.97	11.22	11.09
b*	10.09	9.97	9.66	10.24	9.92	9.63
ΔE	1.40	1.24	1.01	1.68	0.99	0.69

TABLA VI.33.CII. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRECISIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

PARAMETRO	\bar{X}	σ	C.V	ES
L*	15.13000	0.19728	1.30391	0.08054
a*	11.55166	0.33331	2.88539	0.13607
b*	9.91813	0.23895	2.40916	0.09755
ΔE	1.16823	0.34822	29.80479	0.14216

\bar{X} = promedio, σ = desviación estándar, C.V= coeficiente de variación, ES= error estándar

En las tablas VI.34 y VI.35 se dan los resultados de la precisión del método analítico y su análisis estadístico correspondiente. El ANEXO F.2.CH. presenta la ANADEVIA para cada uno de los valores triestímulo de la precisión del método.

TABLA VI.34.CH. PRECISIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO (REPRODUCIBILIDAD)

	ANALISTA 1				ANALISTA 2			
	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
DÍA 1	14.25	11.55	10.01	1.52	15.51	10.84	9.23	0.45
	15.08	11.38	9.82	0.96	15.62	10.80	9.46	0.69
	15.12	10.75	8.95	0.16	15.26	10.71	8.98	0.23
DÍA 2	15.40	11.04	9.31	0.44	15.11	11.09	9.67	0.70
	15.04	11.36	9.64	0.81	15.17	11.09	9.24	0.28
	14.97	11.38	9.75	0.92	15.28	10.92	9.08	0.17

TABLA VI.35.CH. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRECISIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO

PARÁMETRO	EJECUTO ANALISTA	EJECUTO DIA/ANALISTA	CV TOTAL	REPRODUCIBILIDAD	REPRODUCIBILIDAD DIA/ANALISTA	REPRODUCIBILIDAD INTERANALISTA
L*	—	—	2.27277	0.56800	0.25360	0.18358
a*	—	—	2.58129	0.46029	0.46029	0.48788
b*	+	—	3.73284	0.71417	0.71417	0.41790
ΔE	+	—	66.31787	0.79712	0.79712	0.51520

Signo (—) significa no presenta efecto Signo (+) significa presenta efecto

En la tabla VI.36 se muestran los resultados obtenidos de la exactitud del método analítico, mientras que las tablas VI.37 y VI.38 corresponden al porcentaje de recobro calculado para cada uno de los valores triestímulo y a el análisis estadístico respectivamente.

T A B L A VI.36. CH. EXACTITUD DEL MÉTODO ANALÍTICO

MUESTRA	L*	a*	b*	AE
1	14.25	11.55	10.01	1.52
2	15.08	11.38	9.82	0.96
3	15.12	10.75	8.95	0.16
4	15.40	11.04	9.11	0.44
5	15.04	11.36	9.64	0.81
6	14.97	11.38	9.75	0.92
ESTANDAR	15.11	11.00	9.67	0.70

T A B L A VI.37. CH. PORCIENTO DE RECOBRO

MUESTRA	L*	a*	b*	AE
1	94.30841	105.00	103.72285	217.14286
2	99.80146	103.45455	101.55119	137.14286
3	100.06618	97.72727	92.55429	22.85714
4	101.91926	100.36364	96.27714	62.85714
5	99.53673	103.27273	99.68976	115.71429
6	99.07346	103.45455	100.82730	131.42857

TABLA VI.38.CH. ANALISIS ESTADÍSTICO DE LA EXACTITUD DEL MÉTODO ANALÍTICO

VARIABLE DE RESPUESTA	\bar{X}	CV	LSC	LIC
L*	99.11758	2.57311	101.79450	96.44067
a*	102.21212	2.60747	105.00948	99.41476
b*	99.10376	4.07447	103.34202	94.86550
ΔE	114.52381	58.44666	184.77957	44.26805

Donde: \bar{X} = promedio, CV= coeficiente de variación, LSC= Limite superior de confianza
LIC= Limite inferior de confianza

En la tabla VI.39.CH se encuentran los resultados de la linealidad, y en la tabla VI.40.CH se muestra el análisis estadístico correspondiente. En el ANEXO F.3.CH, se encuentra la ANADEV para cada uno de los valores triestímulo.

TABLA VI.39.CH. LINEARIDAD

NIVEL	L*	a*	b*	ΔE
50%	13.17	12.00	10.98	3.01
	13.38	12.32	10.60	2.78
	13.06	12.34	10.72	3.07
75%	14.47	12.69	10.65	2.53
	13.94	12.37	11.03	2.79
	13.82	12.19	10.51	2.39
100%	14.54	12.18	10.70	2.22
	14.52	11.46	11.40	2.55
	15.08	11.38	9.82	0.96
125%	15.88	11.90	9.32	1.28
	16.00	11.74	9.39	1.26
	15.00	12.31	10.78	2.28

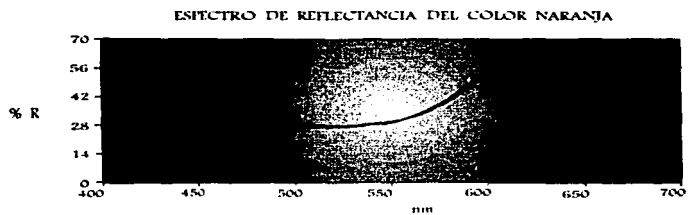
TABLA VI.40.CH. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA LINEARIDAD

VARIABLE	m	b	Sx,y	CV	r ²
L*	0.03163	11.63767	0.33630	2.33462	0.89237
a*	-0.00581	12.58200	0.36984	3.06331	
b*	-0.01160	11.50667	0.57838	5.51278	
ΔE	-0.01880	3.90500	0.47778	21.14054	0.59210

m = pendiente, b = ordenada al origen, Sx,y = desviación estandar de regresión, CV = coeficiente de variación
r² = coeficiente de determinación

En la figura VI.5 se presenta el espectro de reflectancia del color **NARANJA**. Posteriormente, se muestran las tablas de resultados de la validación del método analítico y del efecto de la composición de la muestra, así como sus respectivos análisis estadísticos.

FIGURA VI.5



La tabla VI.41.NA se muestran los resultados obtenidos del Diseño Plackett-Burman realizado para determinar el efecto de la composición de la muestra sobre los valores triestímulo. La ANADEVa correspondiente se presenta en el ANEXO G.1.NA.

T A B L A VI.41.NA. DISEÑO PLACKETT-BURMAN

FORMULACIÓN	L*	a*	b*	ΔE
1	67.62	13.97	36.45	1.42
2	66.67	14.63	38.23	1.65
3	68.53	13.17	37.37	2.70
4	66.86	16.06	34.08	3.02
5	66.10	16.06	36.76	1.56
6	66.94	16.19	33.04	4.00
7	68.31	13.42	36.45	2.28
8	67.21	15.16	35.89	1.32
9	65.56	16.75	37.60	2.55
10	65.69	17.19	34.86	3.26
11	66.57	15.42	35.83	1.22
12	66.98	15.20	36.55	0.95

En las tablas VI.42.NA y VI.43.NA se presentan los resultados obtenidos de la precisión del sistema de medición y su análisis estadístico respectivamente.

TABLA VI.42.NA. PRECISIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN (REPETIBILIDAD)

PARAMETRO	R E P L I C A					
	1	2	3	4	5	6
L*	65.97	66.44	67.97	66.11	67.10	66.56
a*	14.49	15.25	15.49	15.83	15.29	14.88
b*	36.55	36.00	36.55	36.88	35.84	35.66
ΔE	0.36	0.97	1.92	1.35	1.35	1.05

TABLA VI.43.NA. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRECISIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

PARÁMETRO	\bar{X}	σ	C.V	ES
L*	66.69166	0.74036	1.11013	0.30225
a*	15.20500	0.46860	3.08191	0.19131
b*	36.24667	0.48074	1.32629	0.19626
ΔE	1.16667	0.51725	44.33564	0.21117

\bar{X} = promedio, σ = desviación estándar, CV= coeficiente de variación, ES= error estándar

La tabla VI.44.NA muestra los resultados de la precisión del método analítico así como su correspondiente análisis estadístico en la tabla VI.45.NA. En el ANEXO G.2.NA se encuentra la ANADEVIA para cada uno de los valores triestímulo.

T A B L A VI.44.NA. PRECISIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO (REPRODUCIBILIDAD)

	ANALISTA 1				ANALISTA 2			
	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
DÍA 1	66.30	14.82	38.04	1.45	66.65	14.87	35.19	1.51
	66.60	14.15	37.38	0.89	66.50	15.45	37.08	1.05
	66.90	14.28	36.22	0.74	66.79	15.53	36.27	1.17
DÍA 2	66.31	13.98	36.14	0.72	66.91	15.31	35.99	1.17
	66.68	14.61	37.56	1.01	66.38	14.93	35.62	1.08
	66.83	14.24	35.74	1.05	66.34	15.23	37.30	0.98

T A B L A VI.45. NA. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRECISIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO

PARAMETRO	EFFECTO ANALISTA	EFFECTO DÍA/ANALISTA	CV TOTAL	REPELIBILIDAD	REPRODUCIBILIDAD DÍA/ANALISTA	REPRODUCIBILIDAD INTRANALISTA
L*	—	—	0.34599	0.52217	0.52217	0.52217
a*	+	—	3.61077	0.61696	0.61696	1.20329
b*	—	—	2.44915	1.81818	1.81818	0.66145
ΔE	—	—	22.47849	0.47853	0.47853	0.21545

Signo (—) significa no presenta efecto Signo (+) significa presenta efecto

En la tabla VI.46.NA se muestran los resultados obtenidos de la exactitud del método analítico, mientras que en las tablas VI.47.NA y VI.48.NA se proporciona el porcentaje de recobro calculado para cada uno de los valores triestímulo y el análisis estadístico respectivamente.

TABLA VI.46.NA. EXACTITUD DEL MÉTODO ANALÍTICO

MUESTRA	L*	a*	b*	AE
1	66.30	14.82	38.04	1.45
2	66.60	14.15	37.38	0.89
3	66.90	14.28	36.22	0.74
4	66.31	13.98	36.14	0.72
5	66.68	14.61	37.56	1.01
6	66.83	14.24	35.74	1.05
ESTANDAR	66.38	14.93	35.62	1.08

TABLA VI.47.NA. PORCIENTO DE RECOBRO

MUESTRA	L*	a*	b*	AE
1	99.87948	99.26323	106.79394	134.25926
2	100.33143	94.77562	104.94104	82.40741
3	100.78337	95.64635	101.68445	68.51852
4	99.89455	93.63697	101.45985	66.66667
5	100.45194	97.85666	105.44638	93.51852
6	100.67792	95.37843	100.33689	97.22222

TABLA VI.48.NA. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA EXACTITUD DEL MÉTODO ANALÍTICO

VARIABLE DE RESPUESTA	\bar{X}	CV	LSC	LIC
L*	100.11645	0.38181	100.73854	99.92435
a*	96.09288	2.16490	98.27639	91.90937
b*	103.44376	2.52678	106.18722	100.70030
ΔE	90.43210	27.47133	116.50736	64.35683

Donde: \bar{X} = promedio, CV= coeficiente de variación, LSC= Límite superior de confianza,
LIC= Límite inferior de confianza

Las tablas VI.49.NA y VI.50.NA proporcionan los resultados de la linealidad y el análisis estadístico respectivamente. El ANEXO G.3.NA presenta los la ANADEVAs correspondiente a la linealidad y para cada uno de los valores triestimulus.

TABLA VI.49.NA. LINEARIDAD

NIVEL	L*	a*	b*	ΔE
50%	67.65	9.33	45.66	10.51
	67.59	9.40	46.79	11.46
	67.95	9.26	44.64	9.73
75%	66.26	12.76	41.86	5.53
	66.35	11.74	41.44	5.56
	66.39	12.10	42.03	5.93
100%	66.30	14.82	38.04	1.45
	66.60	14.55	37.38	0.81
	66.90	14.28	36.22	0.74
125%	66.11	15.82	35.79	1.56
	66.21	15.63	35.74	1.42
	66.21	15.63	35.74	1.42

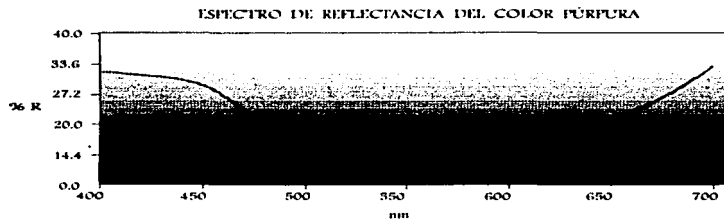
TABLA VI.50.NA. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA LINEARIDAD

VARIABLE	m	b	S _{x,y}	CV	r ²
L*	-0.01757	68.24767	0.42558	0.63796	0.61516
a*	0.08576	5.43933	0.54969	4.24692	0.95802
b*	-0.13753	52.14500	1.04200	2.59780	0.94231
ΔE	-0.12789	15.86733	1.64615	35.19913	0.84983

m= pendiente, b= ordenada al origen, S_{x,y}= desviación estandar de regresión, CV= coeficiente de variación
r²= coeficiente de determinación

A continuación se presenta la figura VI.6 referente al espectro de reflectancia del color **PÚRPURA**. Posteriormente, se proporcionan los resultados obtenidos de la validación del método analítico y del efecto de la composición de la muestra así como sus análisis estadísticos correspondientes.

FIGURA VI.6



La tabla VI.51.P muestra los resultados obtenidos del Diseño Plackett-Burman realizado para determinar el efecto de la composición de la muestra sobre los valores triestímulo. En el ANEXO II.1.P presenta la ANADEVIA correspondiente a dicho diseño.

T A B L A VI.51.P. DISEÑO PLACKETT-BURMAN

FORMULACIÓN	L*	a*	b*	ΔE
1	47.34	21.29	-24.08	2.50
2	44.17	23.95	-24.33	1.87
3	46.28	20.54	-25.19	2.35
4	46.42	24.68	-24.34	2.26
5	43.80	21.62	-25.05	2.00
6	45.31	21.13	-24.41	1.67
7	45.90	23.27	-23.96	1.18
8	45.39	23.15	-24.77	0.46
9	43.41	23.05	-25.02	2.08
10	44.25	20.30	-25.10	2.71
11	44.96	22.52	-24.46	0.71
12	44.84	22.67	-24.64	0.68

FALTA PAGINA

No. 74 a la 75

En la tabla VI.56.P se dan los resultados de la exactitud de la exactitud del método analítico, mientras que en la tabla VI.57.P y VI.58.P se presentan los resultados del porcentaje de recobro calculados para cada uno de los valores triestímulo y el análisis estadístico respectivamente.

TABLA VI.56.P. EXACTITUD DEL MÉTODO ANALÍTICO

MUESTRA	L*	a*	b*	ΔE
1	45.19	22.12	-24.39	0.84
2	45.19	22.40	-24.66	0.49
3	45.35	22.12	-24.53	0.72
4	45.17	22.48	-24.75	0.41
5	44.95	23.47	-24.56	0.97
6	46.33	21.65	-25.11	1.39
ESTÁNDAR	45.35	22.12	-24.53	0.72

TABLA VI.57.P. PORCIENTO DE RECOBRO

MUESTRA	L*	a*	b*	ΔE
1	99.64719	100.00	99.42927	116.66667
2	99.64719	101.26582	100.52996	68.05556
3	100.00	100.00	100.00	100.00
4	99.60309	101.62749	100.89686	56.94444
5	99.11797	106.10307	100.12229	134.72222
6	102.16097	97.87523	102.36445	193.05556

TABLA VI. 58 P. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA EXACTITUD DEL MÉTODO ANALÍTICO

VARIABLE DE RESPUESTA	X̄	CV	LSC	LIC
L*	100.02940	1.08126	101.16463	98.89417
a*	101.14527	2.73073	104.04429	98.24625
b*	100.55714	1.00967	101.62280	99.49148
ΔE	111.57407	44.29623	163.44889	59.69926

Donde: X̄= promedio, CV= coeficiente de variación, LSC= Limite superior de confianza
LIC= Limite inferior de confianza

Las tablas VI.59.P y VI.60.P muestran los resultados de la linealidad del sistema de medición y el análisis estadístico respectivamente. En el ANEXO II.3.P se presenta la ANADEVIA para cada uno de los valores tritestimulus de la linealidad.

T A B L A VI.59. P. LINEALIDAD

NIVEL	L*	a*	b*	ΔE
50%	41 20	29 50	-23 17	8 19
	40 53	29 47	-23 18	8 54
	40 49	29 60	-23 02	8 70
75%	40 30	29 69	-23 18	8 84
	43 38	25 58	-25 12	3 96
	42 57	25 78	-25 89	4 32
100%	45 17	22 48	-24 75	0 41
	44 95	23 47	-24 56	0 97
	46 33	21 65	-25 11	1 39
125%	43 88	24 15	-29 23	4 82
	43 70	24 59	-29 43	5 20
	43 60	24 72	-29 08	4 98

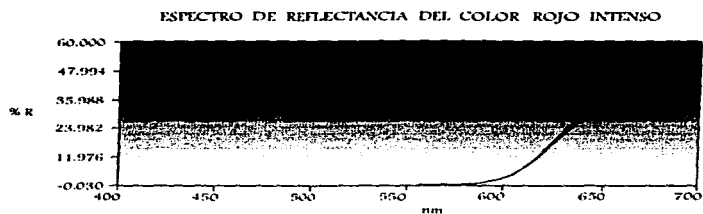
T A B L A VI.60. P. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA LINEALIDAD DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

VARIABLE	m	b	Sx _y	CV	r ²
L*	0 04944	38 68233	1 46863	3 41476	0 51514
a*	-0 07837	32 74767	1 95255	7 54172	0 60166
b*	-0 07379	-19 02033	1 23954	-4 86539	0 76863
ΔE	-0 06085	10 35133	2 61488	52 02011	

m= pendiente, b= ordenada al origen, Sx_y= desviación estándar de regresión, CV= coeficiente de variación
r²= coeficiente de determinación

La figura VI.7 corresponde al espectro de reflectancia del color **ROJO INTENSO** y a continuación, se presentan los resultados obtenidos de la validación del método analítico y del efecto de la composición de la muestra así como sus respectivos análisis estadísticos.

FIGURA VI.7



ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

En la tabla VI.61.RI se presentan los resultados obtenidos del Diseño Plackett-Burman realizado para determinar el efecto de la composición de la muestra sobre los valores triestímulo. La ANADEVIA correspondiente se encuentra en el ANEXO I.I.RI.

T A B L A VI.61.RI. DISEÑO PLACKETT-BURMAN

FORMULACIÓN	L*	a*	b*	AE
1	18.85	45.23	29.95	1.28
2	19.43	46.04	31.40	0.64
3	19.20	45.64	30.35	0.54
4	18.68	45.28	29.57	1.49
5	17.79	47.37	35.99	5.56
6	17.63	47.45	36.00	5.63
7	18.74	45.35	29.96	1.12
8	18.57	44.92	29.03	2.14
9	18.84	45.75	30.47	0.53
10	18.66	45.28	29.84	1.28
11	19.01	45.40	30.13	0.88
12	19.90	46.11	31.29	0.86

Las tablas VI.62.RI y VI.63.RI muestran los resultados de la precisión del sistema de medición y su análisis estadístico respectivamente.

T A B L A VI.62.RI. PRECISIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN (REPETIBILIDAD)

PARÁMETRO	R E P L I C A					
	1	2	3	4	5	6
L*	18.85	18.48	18.89	18.87	18.75	19.05
a*	45.89	45.95	45.37	45.41	45.47	45.54
b*	31.48	31.48	29.89	29.86	30.10	30.30
ΔE	0.75	0.99	1.12	1.13	0.96	0.65

TABLA VI.63.RI. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRECISIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

PARÁMETRO	\bar{X}	σ	C.V	ES
L*	18.81500	0.19055	1.01277	0.07779
a*	45.60500	0.25138	0.55120	0.10262
b*	30.51833	0.76164	2.49568	0.31094
ΔE	0.93333	0.19562	20.95914	0.07986

\bar{X} = promedio, σ = desviación estándar, C.V= coeficiente de variación, ES= error estándar

En las tablas VI.64.RI y VI.65.RI se muestran los resultados obtenidos de la precisión del método analítico y su análisis estadístico respectivamente.

TABLA VI.64.RI. PRECISIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO (REPRODUCIBILIDAD)

	ANALISTA 1				ANALISTA 2			
	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
DÍA 1	19 06	4. 61	30 22	0 68	18 68	45 53	30 47	0 74
	18 85	45 89	31 15	0 49	18 90	45 71	30 42	0 54
	18 89	45 73	31 09	0 45	18 85	45 41	30 21	0 86
DÍA 2	18 94	45 40	30 10	0 92	19 09	44 91	28 98	2 09
	19 12	45 72	30 86	0 21	19 42	45 65	30 36	0 56
	18 84	45 68	30 86	0 43	18 88	45 32	29 70	1 30

TABLA VI.65.RI. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRECISIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO

PARÁMETRO*	EFECCIÓNALISTA	EFECCIÓNALISTA	CV TOTAL	REPETIBILIDAD	REPRODUCIBILIDAD DÍA/ANALISTA	REPRODUCIBILIDAD INT/ANALISTA
L*	—	—	1 00123	0 33944	0 24699	0 24699
a*	—	—	0 56864	0 44948	0 12512	0 28027
b*	—	—	2 01564	0 95963	0 43541	0 81622
ΔE	—	—	64 95780	0 85365	0 32722	0 52615

Signo (—) significa no presenta efecto Signo (+) significa presenta efecto

En las tablas VI.66.RI, VI.67.RI y VI.68.RI se presentan los resultados obtenidos de la exactitud del método analítico, el porcentaje de recobro calculado para cada uno de los valores triestímulo y el análisis estadístico respectivamente.

TABLA VI.66.RI EXACTITUD DEL MÉTODO ANALÍTICO

MUESTRA	L*	a*	b*	AE
1	19 06	45 61	30 22	0 68
2	18 85	45 89	31 15	0 49
3	18 89	45 73	31 09	0 45
4	18 94	45 40	30 10	0 92
5	19 12	45 72	30 86	0 21
6	18 84	45 68	30 86	0 43
ESTÁNDAR	18 94	45 40	30 10	0 92

TABLA VI.67.RI PORCIENTO DE RECOBRO

MUESTRA	L*	a*	b*	AE
1	100 63358	100 46256	100 39867	73 91304
2	99 52482	101 07930	103 48837	53 26087
3	99 73601	100 72687	103 28904	48 91304
4	100 00	100 00	100 00	100 00
5	100 95037	100 70485	102 52492	22 82609
6	99 47202	100 61674	102 52492	46 73913

TABLA VI.68. RL. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA EXACTITUD DEL MÉTODO ANALÍTICO

VARIABLE DE RESPUESTA	\bar{X}	CV	LSC	LIC
L*	100.05280	0.60995	100.69334	99.41225
a*	100.59819	0.35452	100.97272	100.22405
b*	102.03765	1.45254	103.59332	100.48199
AE	57.60870	45.83003	85.32049	29.89690

Donde: \bar{X} = promedio, CV = coeficiente de variación, LSC = Límite superior de confianza, LIC = Límite inferior de confianza

Las tablas VI.69.RI y VI.70.RI muestran los resultados de la linealidad. En el ANEXO I.3.RI se encuentra la ANADEVIA para cada uno de los valores tritestimulus provenientes de la linealidad.

TABLA VI.69.RI. LINEARIDAD

NIVEL	L*	a*	b*	AE
50%	19.02	45.86	30.59	0.30
	18.58	45.87	30.66	0.65
	18.96	45.83	30.66	0.30
75%	19.34	46.08	31.08	0.14
	19.38	45.79	30.64	0.27
	19.14	45.88	30.72	0.12
100%	19.06	45.61	30.22	0.68
	18.85	45.89	31.15	0.49
	18.89	45.73	31.09	0.45
125%	20.01	46.17	31.16	0.91
	20.01	46.16	31.50	1.08
	20.02	46.20	31.43	1.06

TABLA VI.70.RI. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA LINEARIDAD

VARIABLE	m	b	S _{x,y}	CV	r ²
L*	0.01251	18.17733	0.34997	1.81596	0.54490
a*	0.00319	45.64367	0.17165	0.37377	
b*	0.00875	30.14300	0.29919	0.96799	0.44483
ΔE	0.00839	-0.17967	0.21998	39.69474	0.57676

m = pendiente, b = ordenada al origen, S_{x,y} = desviación estandar de regresión, CV = coeficiente de variación, r² = coeficiente de determinación

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

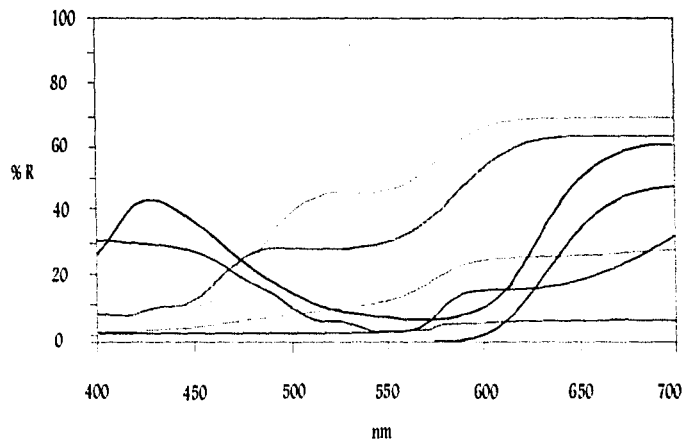
ESPECTROS DE REFLECTANCIA.- En la figura VII.1 se presentan los espectros de reflectancia obtenidos de los 7 colores evaluados. De estos espectros se interpreta lo siguiente:

- ⇒ Los espectros del color azul y púrpura son muy parecidos entre sí, sólo que el azul presenta 2 zonas de reflectancia más alta en las regiones de 400 a 500 nm y de 600 a 700, mientras que para el púrpura la reflectancia es más alta en el rango de 400 a 500 nm por debajo del espectro azul.

- ⇒ En el caso de los espectros del color amarillo y el naranja ocurre lo mismo, los dos colores presentan un comportamiento similar, presentando dos zonas seguidas de reflectancia en la región de 475 a 550 nm e inmediatamente subiendo de 550 a 700 nm, siendo más alta la reflexión en esta última zona para el color amarillo, lo cual es lógico ya que el color amarillo es un color más brillante que el naranja y tiene mayor reflectancia, además de contener más cantidad de amarillo en su composición. Por otro lado, las reflectancias altas en la misma región de 550 a 700nm, se debe a que en dicha zona es donde se encuentra la reflectancia alta del color primario rojo, lo cual coincide con la composición de ambas muestras: contienen color rojo aunque en diferentes cantidades, esto explica su comportamiento.

- ⇒ El amarillo ocre, rojo intenso y chocolate presentan reflectancia en la región de 550 a 700 nm siendo más alta para el rojo intenso, seguida del amarillo ocre y una reflectancia muy débil para el chocolate.

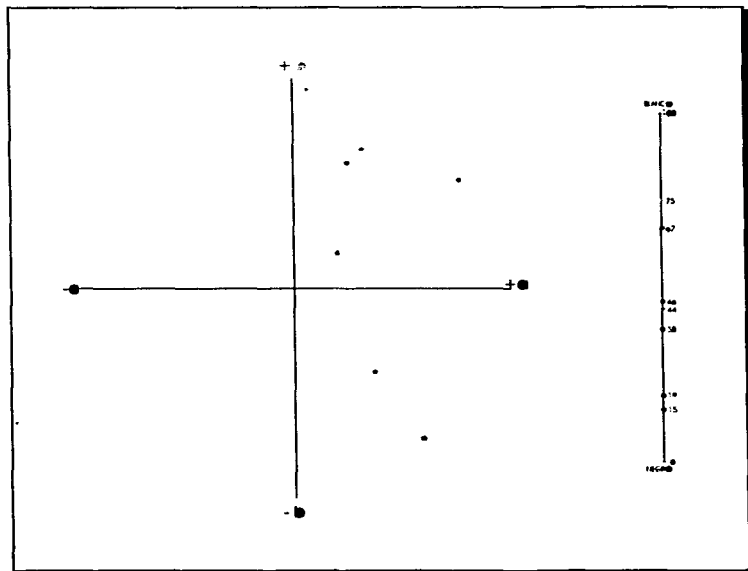
FIGURA VII. 1. Comparación de los Espectros de Reflectancia



En la figura VII.2 se observa la posición de los 7 colores estudiados en un diagrama de coordenadas del que se analiza lo siguiente:

- Cada color tiene una ubicación específica.
- Los colores amarillo, amarillo ccre y naranja, están muy cercanos en el cuadrante $+a^*$ que es la zona del rojo y $+b^*$ que es la del amarillo, lo cual se interpreta como colores amarillo con un poco de rojo (amarillo-rojizo). Referente al valor de L^* para estos mismos colores, el amarillo y el naranja tienen valores arriba de 50, que nos indica colores brillantes, luminosos, mientras que el valor de amarillo ccre es menor de 50, lo que habla de un color menos luminoso.
- El color rojo intenso también se encuentra en el cuadrante de $+a^*$ y $+b^*$, pero con valores de a^* mucho más grandes, lo que indica un color rojo-amarillento, y con valores de L^* muy pequeños, es decir, un color con poca brillantez.
- Con respecto al color chocolate, a^* y b^* son positivos pero muy cercanos a cero, al igual que el valor de L^* lo que se interpreta como un color amarillo-rojizo con muy baja luminosidad.
- El azul y el púrpura se localizan en el cuadrante de $+a^*$ y $-b^*$ lo que nos habla de colores azul-rojizo, además de tener valores de L^* cercanos a 50, que nos indica colores con brillantez neutra.

FIGURA VII.2. Comparación de las Coordenadas de Colores



EFFECTO DE LA COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA.- La tabla VIII.1 proporciona el análisis con respecto al efecto de la composición de la muestra sobre las variables de respuesta L^* , a^* , b^* y ΔE en el rango de $\pm 10\%$ derivados de las tablas de ANADIEVA del diseño Plackett-Burman de cada formulación y de la magnitud de los efectos principales podemos decir lo siguiente:

- En general, hay un efecto estadísticamente significativo positivo sobre la variable L^* del clarificante en los colores que lo contienen como es el caso de amarillo y naranja, lo que nos indica que al aumentar la concentración del clarificante el valor de L^* se incrementa en el rango de concentración estudiado
- Sobre las variables a^* y b^* los componentes que tienen un efecto estadísticamente significativo en el rango de concentración estudiado sobre la magnitud del valor es la concentración de los colores que forman cada uno de éstos, así tenemos que:

⇒ En el caso de la variable a^* , en el color amarillo hay un efecto positivo de la concentración de rojo, aumenta al aumentar un 10% el contenido de este componente en la formulación y un efecto negativo de la concentración del clarificante, ya que disminuye al aumentar su concentración (disminuye la intensidad del rojo); en el color amarillo ocre hay un efecto positivo de la concentración del óxido de hierro, se intensifica el tono rojo. En el color púrpura hay un efecto positivo del color rojo, aumenta al aumentar la concentración de este componente en la formulación.

⇒ En el caso de la variable b^* en el color amarillo cere hay un efecto positivo estadísticamente significativo de la concentración del amarillo al aumentar en un 10 % la concentración de éste en la formulación, y un efecto negativo estadísticamente significativo de la concentración de óxido de hierro, ya que disminuye al aumentar su concentración. En el color púrpura hay un efecto negativo de la concentración del azul, disminuye al aumentar el contenido de éste en la formulación.

- En algunos colores, los espesantes y polímeros solubles presentaron efecto estadísticamente significativo sobre L^* , a^* y b^* , una explicación a ello es que dichos componentes alteran la viscosidad de la muestra y por lo tanto la distribución de las partículas en solución, así como el índice de refracción de las muestras.

TABLA VII.1. EFECTO DE LA COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA SOBRE LOS VALORES TRJESTÍMULUS

	Amarillo				Amarillo Ocre				Azul				Chocolate				Naranja				Púrpura				Rojo Intenso					
	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE		
Espesante 1	-S	+N	-N	+N	+N	-N	-N	+N	+N	+N	-N	+N	+S	-S	-S	+N	-N	+N	-N	+N	+N	-N	+N	+N	-N	+N	+N	-N	+N	+N
Espesante 2	-S	-N	-N	+S	-N	-N	+N	-N	+N	+N	-N	-N	+S	+S	-N	-N	+N	-N	-N	+N	-N	-N	-N	-N	-N	-N	-N	-N	-N	+N
Pigmento Clarificante	+S	-S	-N	-S	-N	+N	+N	+N	-N	+N	-N	g	g	g	g	+S	-N	-N	+N	-N	-N	+N	g	g	g	g	g	g	g	g
Amarillo	+N	-N	+N	+N	-N	-N	+S	+N	+N	-N	+N	-N	g	g	g	g	-N	+N	-N	-N	g	g	g	g	g	-N	+N	+N	-N	-N
Rojo	-S	+S	-N	+S	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	-N	-N	-N	+N	-N	+S	+N	-N	-N	-N	-N	-N	-N	-N
Óxido de Hierro	g	g	g	g	-N	+S	-S	-N	g	g	g	g	+S	-N	-N	+N	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
Azul	g	g	g	g	g	g	g	g	-N	-N	-N	+N	g	g	g	g	g	g	g	g	-N	-N	-S	+N	g	g	g	g	g	g
Polímero Soluble	-N	-N	+N	-N	-N	-N	-N	-N	-N	+N	-N	-N	g	g	g	g	-N	+N	+N	-N	-N	-N	-N	-N	-N	-N	-N	-N	-N	-N
Plastificante	+S	-S	+N	-N	+N	-N	-N	+N	g	g	g	-N	-N	-N	+N	+N	-N	+N	-N	-N	+N	-N	-N	-N	-N	-N	-N	-N	-N	-N
Antiespumante	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e
Conservador 1	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	-N	+N	+N	-N	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e
Conservador 2	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	-N	+N	+N	-N	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e
Disolvente	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Tensoactivo	g	g	g	g	N	N	N	N	N	N	N	N	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g

N= no presenta efecto S= Si presenta efecto g= ingrediente inexistente en la formulación e= No se usó el componente

+ = efecto estadísticamente positivo - = efecto estadísticamente negativo

VALIDACIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO.- Referente a la validación del método analítico podemos analizar lo siguiente:

Precisión del Sistema.- Como puede observarse en la Tabla VII.2, se obtuvieron CV menores a 1.8 % en todos los colores para L^* , a^* y b^* ; excepto en azul para a^* , chocolate para a^* y b^* y en rojo intenso para b^* que osciló entre 2.4 y 3.0 %; y en amarillo para a^* que es del 9.6 %.

Referente a ΔE el CV osciló entre 20 y 30 % en amarillo, chocolate, púrpura y rojo intenso; y entre 44 y 56 % para naranja y amarillo cálido, ya que al provenir este valor de una diferencial es muy pequeño, lo que se refleja en un CV alto.

- En general, cuando el valor de la variable de respuesta (L^* , a^* , b^* y ΔE) es mayor a 10, el CV es menor al 2.9 %. Pero cuando es menor a 10, el CV es más grande, mayor a 2% y menor al 10 %. Se observó también que cuando el valor de la variable es menor a 1, el CV se eleva hasta un 56 %.
- Métodos analíticos, como en este caso la medición de la reflectancia, dependen de varios factores, tal como el tamaño y distribución de partícula, la homogeneidad de la suspensión, viscosidad de la muestra, etc., tendrán CV altos. Aun así, mientras el valor de la variable sea mayor a 10, los CV serán menores a 2.9 % lo cual es bastante aceptable.

Precisión del método.- Como puede observarse en la tabla VII.3, se obtuvieron CV similares a los de la precisión del sistema. Son ligeramente más altos para las variables L^* , a^* y b^* , y llegaron al 70 % para ΔE . Referente al efecto de analistas y analista/día, ninguno presentó problema en las variables evaluadas como lo revelan las tablas de ANADEVAs correspondientes a cada color y para cada variable de respuesta (L^* , a^* , b^* , ΔE) excepto en el color chocolate para b^* y ΔE .

TABLA VII. 2. ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN (REPETIBILIDAD)

	1.º	a.º	b.º	AE
AMARILLO \bar{X}	75.1167	4.3967	57.1817	1.5517
C.V (%)	0.2226	9.6203	0.6435	21.5658
AMARILLO OCRE \bar{X}	43.6917	18.8950	39.6950	0.3033
C.V (%)	0.3709	0.4177	0.5851	55.7783
AZUL \bar{X}	38.3433	35.1333	-43.4867	2.9050
C.V (%)	1.7953	2.5036	1.5828	37.3812
CHOCOLATE \bar{X}	15.1300	11.5517	9.9183	1.1683
C.V (%)	1.3039	2.8854	2.4092	29.8048
NARANJA \bar{X}	66.6917	15.2050	36.2467	1.1667
C.V (%)	1.1101	3.0819	1.3263	44.3356
PÚRPURA \bar{X}	45.5233	22.1917	-24.4350	0.7667
C.V (%)	0.5970	0.8098	0.6365	25.0036
ROJO INTENSO \bar{X}	18.8150	45.6050	30.5183	0.9333
C.V (%)	1.0127	0.5512	2.4957	20.9591

TABLA VII. 3. ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO
(REPRODUCIBILIDAD)

	l.*	a*	b*	ΔF
AMARILLO \bar{X} C.V TOTAL DÍA/ANALISTA ANALISTA	75.1167 0.4003 No existe efecto No existe efecto	4.3967 10.3305 No existe efecto No existe efecto	57.1817 0.5862 No existe efecto No existe efecto	1.5517 69.0925 No existe efecto No existe efecto
AMARILLO OCRE \bar{X} C.V TOTAL DÍA/ANALISTA ANALISTA	43.6917 0.4911 No existe efecto No existe efecto	18.8950 0.4389 No existe efecto No existe efecto	39.6950 0.4177 No existe efecto No existe efecto	0.3033 30.5914 No existe efecto No existe efecto
AZUL \bar{X} C.V TOTAL DÍA/ANALISTA ANALISTA	38.3433 1.7138 No existe efecto Si existe efecto	35.1333 2.3783 No existe efecto No existe efecto	-45.4867 1.1287 No existe efecto No existe efecto	2.9050 47.0628 No existe efecto No existe efecto
CHOCOLATE \bar{X} C.V TOTAL DÍA/ANALISTA ANALISTA	15.1300 2.2728 No existe efecto No existe efecto	11.5517 2.5813 No existe efecto No existe efecto	9.9183 3.7328 No existe efecto Si existe efecto	1.1683 66.3179 No existe efecto Si existe efecto
NARANJA \bar{X} C.V TOTAL DÍA/ANALISTA ANALISTA	66.6917 0.3460 No existe efecto No existe efecto	15.2050 3.6108 No existe efecto Si existe efecto	36.2467 2.4492 No existe efecto No existe efecto	1.1667 22.4785 No existe efecto No existe efecto
PÚRPURA \bar{X} C.V TOTAL DÍA/ANALISTA ANALISTA	45.5233 0.8863 No existe efecto No existe efecto	22.1917 1.8761 No existe efecto No existe efecto	-24.4350 0.8103 No existe efecto No existe efecto	0.7667 39.2223 No existe efecto No existe efecto
ROJO INTENSO \bar{X} C.V TOTAL DÍA/ANALISTA ANALISTA	18.8150 1.0012 No existe efecto No existe efecto	45.6050 0.5686 No existe efecto No existe efecto	30.5183 2.0156 No existe efecto No existe efecto	0.9333 64.9578 No existe efecto No existe efecto

Exactitud del método.- De la tabla VII.4 se observa que todas las muestras para todas las variables de respuesta (L^* , a^* , b^* y ΔE) incluyen al 100 % de recobro en los intervalos de confianza obtenidos con el 95 % , excepto en rojo intenso para a^* , b^* y ΔE y en naranja para a^* y b^* donde el 100 % de recobro no está incluido. Respecto a los CV son muy similares a los obtenidos en precisión del método para las variables de respuesta bajo estudio.

Linealidad del Sistema.- Como muestra la tabla VII.5, se encontró por los coeficientes de determinación obtenidos que no hay relación entre la concentración y las variables de respuesta en el rango de concentración estudiado (50%, 75%, 100% y 125 %), dando r^2 menores a 0.8, excepto en amarillo para el valor b^* que fue de 0.97, chocolate con L^* de 0.89 y en naranja, donde a^* fue de 0.958, b^* igual a 0.94 y ΔE 0.84.

La pendiente para b^* en naranja y amarillo que dieron r^2 mayor a 0.8 es negativa, lo cual indica que al aumentar la concentración de los componentes de la fórmula el valor de la variable disminuye; la ordenada al origen varía dependiendo de la magnitud de la variable.

TABLA VII. 4. ANÁLISIS DE LA EXACTITUD DEL MÉTODO ANALÍTICO

	L*	a*	b*	ΔE
AMARILLO				
\bar{X}	100.2247	90.2655	99.7272	104.7264
C.V	0.5459	14.2570	0.7908	49.2412
I.C	99.6505-100.7981	76.7579-103.7731	98.8994-100.5550	50.5997-158.853
AMARILLO OCRE				
\bar{X}	99.8476	100.2480	100.3418	82.0833
C.V	0.3411	0.4641	0.3806	30.5430
I.C	99.4902-100.2050	99.7596-100.7363	99.9411-100.7426	55.7689-108.397
AZUL				
\bar{X}	98.2359	100.4213	100.5372	63.6856
C.V	0.9959	1.3184	0.8992	37.8499
I.C	97.2091-99.2627	99.0317-101.8111	99.5884-101.4861	38.3850-88.9863
CHOCOLATE				
\bar{X}	99.1176	102.2121	99.1038	114.5238
C.V	2.5731	2.6075	4.0745	58.4467
I.C	96.4407-101.7945	99.4147-105.0095	94.8655-103.3420	44.2681-184.779
NARANJA				
\bar{X}	100.3365	96.8929	103.4438	90.4321
C.V	0.3818	2.1649	2.5268	27.4713
I.C	99.9344-100.7385	93.9094-98.2764	100.7003-106.1872	64.3568-116.5074
PÚRPURA				
\bar{X}	100.0294	101.1452	100.5571	111.5741
C.V	1.0813	2.7307	1.0097	44.2962
I.C	98.8942-101.1646	98.2463-104.0443	99.4915-101.6228	59.6993-163.4499
ROJO INTENSO				
\bar{X}	100.0528	100.5984	102.0377	57.6087
C.V	0.6099	0.3545	1.4525	45.8300
I.C	99.4122-100.6933	100.2241-100.972	100.4820-103.5933	29.8969-85.3205

TABLA VII. 5. ANÁLISIS DE LA LINEARIDAD

	l^*	a^*	b^*	AE
AMARILLO				
m	0,0040	-0,00001	-0,1164	-0,0486
b	73,3063	4,0787	67,5080	7,1537
r^2	---	---	0,9732	0,3952
AMARILLO OCRE				
m	-0,0064	-0,0014	-0,0099	-0,0068
b	44,4620	19,1473	40,8707	1,0600
r^2	0,6848	---	0,5049	0,3986
AZUL				
m	0,0773	0,0029	-0,0105	-0,0277
b	33,7837	30,7510	-40,9563	6,8250
r^2	0,6501	---	---	---
CHOCOLATE				
m	0,0316	-0,0058	-0,0116	-0,0188
b	11,6377	12,5820	11,5067	3,9050
r^2	0,8924	---	---	0,5921
NARANJA				
m	-0,0176	0,0858	-0,1375	-0,1279
b	68,2477	5,4393	52,1450	15,8673
r^2	0,6152	0,9580	0,9423	0,84983
PÚRPURA				
m	0,0494	-0,0784	-0,0738	-0,0609
b	38,6823	32,7477	-19,0203	10,3513
r^2	0,5151	0,6017	0,7686	---
ROJO INTENSO				
m	0,0125	0,0032	0,0088	0,0084
b	18,1773	45,6437	30,1430	-0,1797
r^2	0,5449	---	0,4448	0,57681

CONCLUSIONES

1. ESPECTROS DE REFLECTANCIA Y COORDENADAS DE LA ESCALA CIE LAB.

Respecto a los espectros de reflectancia y coordenadas CIE Lab se concluye que:

- ⇒ Cada color tiene su espectro de reflectancia característico y éste puede ser usado para su identificación cualitativa y cuantitativa, ya que a partir de estos se obtienen los valores triestímulo.
- ⇒ Cada color se sitúa en una posición específica en el eje de la escala CIE Lab, por lo tanto, puede ser usado para caracterizarlos, ya que cada color tiene su propio espectro y valor triestímulo.

2. VALIDACIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO.

Se validó el método analítico para determinar los valores triestímulo en 7 diferentes suspensiones de color usadas para el recubrimiento de tabletas, de lo cual se concluye que el método es preciso en cuanto a repetibilidad y reproducibilidad con C.V. de 0.4-10% para L^* , a^* y b^* , y del 30-50% para ΔE , además de ser exacto pero no lineal.

3. EFECTO DE LA COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA.

Referente al efecto que tienen los componentes de la muestra en los colores estudiados sobre las variables L^* , a^* , b^* y ΔE se puede concluir que:

- ⇒ L^* es afectado por la concentración de clarificante en los colores brillantes como el amarillo y el naranja, pero no en los oscuros, como amarillo oscuro, ya que L^* define si el color tiende al blanco (color claro) o al negro (color oscuro).
- ⇒ Como era de esperarse, a^* y b^* son afectados por la concentración de los colorantes en la formulación ya que estos valores definen propiamente al color (azul, amarillo, verde, rojo, etc).
- ⇒ La presencia del polímero soluble y de los espesantes afectan a L^* , a^* y b^* en algunos de los colores, porque modifican la viscosidad y la distribución de las partículas en la suspensión así como al índice de refracción, alterando el espectro de reflectancia y por lo tanto a los valores triestímulo que se calculan a partir de los espectros de reflectancia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Plazola, C.A. " Teoría del Color " en: Arquitectura Habitacional. 5a ed. Plazola Editores. México, D.F. 1994 p. 483-559.
2. Lüscher, M. " Influencia Psicológica de los Colores de las Cápsulas Sobre el Efecto Terapéutico de un Fármaco " Capsugel. (1988)
3. "Pinturas y Barnices. Coloreados o Incolores, desde hace siglos embellecen y protegen las superficies" en Ciencia Ilustrada. Vol. 14. De Victor Civita São Paulo, Brasil 1974 p. 1038-1042
4. Swartz, J. CH " Colorants for Pharmaceuticals" Review Article J. Pharm. Sci. 51 (2) 89-99. 1962
5. Stock, N. " Direct Non-destructive Colour Measurement of Pharmaceuticals" Anal. Proc. 30 (1) 41-43 1993
6. Bogdansky, F. " Measurement of Surface Color and Color Difference of Tablet Colorants by Tristimulus Colorimetry" J. Pharm. Sci. 64 (2) 323-327 1975
7. Wheeler, D.A. "Instrumental Colour Assessment: Some Practical Experiences" J. Soc. Cosmet. Chem. 27 (1) 15-45. 1976
8. " Color-Instrumental Measurement" <1061> The United States Pharmacopoeia. USP XXIII. Washington, D.C. Mack Publishing Company pp 1860-1861
9. Frank, W. "Characterization of Tablet Colors Obtainable from Some Certified Dyes" J. Pharm. Sci. 54 (12) 1799-1804 1965
10. M. Raff, A. " Measurement of a Color Gamut Obtained from FD&C Colorants" J. Pharm. Sci. 53 (4) 380-385. 1964
11. Wirth, M. " Instrumental Color Measurement : A Method for Judging the Appearance of Tablets" J. Pharm. Sci. 80 (12) 1177-1179. 1991
12. Lachman, L. "Color Stability of Tablet Formulations V. Effect of Ultraviolet Absorbers on the Photostability of Colored Tablets" J. Pharm. Sci. 51 (4) 321-325. 1962
13. Lachman, L. " Color Stability of Tablet Formulations VI. Preliminary Study of Temperature Dependency of Colorant Loss in Tablets at Various pH Levels" J. Pharm. Sci. 51 (4) 326-329. 196
14. Wartz, R. "Color Stability of Ascorbic Acid Tablets Measured by Light Reflectance" J. Pharm. Sci. 56 (9) 1169-1173. 1967

15. Goodhart, W. "Stability of Certified Dyes in Tablets II. Fading of FD&C Red No. 3 and FD&C Red No. 3 Aluminum Lake in Three Tablet Formulas" J. Pharm. Sci. **53** (3) 338-340. 1964
16. Vidal, M.A.; Lagarde, M. "Estudio de Estabilidad de una Formulaci3n Antigripal" (Comunicaci3n Interna) CINVESTAV. IPN. 1995.
17. Fairbrother, J.E. "Evaluation of Nystatin Stability Using Tristimulus Colorimetry". J. Pharm. Sci. **69** (6) 697-700. 1980
18. Bernhard, W.G. "Surface Acidity of Solid Pharmaceutical Excipients II. Effect of the Surface Acidity on the Decomposition Rate of Acetylsalicylic Acid" Eur. J. Pharm. Biopharm. **41** (2) 114-119. 1995
19. Land, H.E. "The Retinex Theory of Color Vision" Sci. Am. **237** (6) 108-128. 1977
20. Nassau, K. "The Causes of Color" Sci. Am. **243** (4) 124-154. 1980
21. James, T.M. "Los Genes de la Visi3n de los Colores" Mundo Cient. **15** (155) 208-215. 1995
22. Malacara, D. "Visi3n del Color" en: 3ptica B3sica. Ed. F.C.E. 1a ed. Mexico, D.F. 1989. p. 739-763
23. Mc.Nichol, E.F. "Three-Pigment Color Vision" Sci. Am. **211** (6) 48-56. 1964
24. Rushton, W.A.H. "Visual Pigments and Color Blindness" Sci. Am. **232**(3) 64-74. 1975
25. Land, H.E. "Experiments in Color Vision" Sci. Am. **200** (5) 84-95. 1959
26. Venkataraman, K. "Solution Coloristics" en: **The Analytical Chemistry of Synthetic Dyes**. Ed. J.W & Sons. New York. 1977. pp. 149-195
27. Griffiths, J. "Colour and Colour Measurement" en: **Color and Constitution of Organic Molecules**. Ed. Academic Press. London. 1976. pp. 1-17
28. Wendlandt, W. "Color Measurements" en: **Reflectance Spectroscopy**. Vol. 21. Ed. Interscience Publishers. New York. 1966. pp. 228-252
29. "Teoria de los Colores. Cualquier Color Puede Obtenerse Combinando Otros Tres" en: **Ciencia Ilustrada**. Vol. 5. Ed. S3o Paulo, Brasil. 1974. p. 1295-1297

30. Everhard, M.E. "Spectrophotometric Reflectance Method for Matching the Color of Solid Dosage Forms" J. Pharm. Sci. 53 (2) 173-178. 1964
31. Lyndon, L.S. "Effect of Dispersion on the Coloring Properties of Aluminum Dye Lakes" J. Pharm. Sci. 77 (10) 866-871. 1988
32. Villari, A. "Potential Application of U.V. Reflection Spectroscopy on Solid Pharmaceutical Formulation Analysis" Int. J. Pharm. 127, 185-189. 1996
33. Genshaw, M.A. "Reflection" en **Aspects of Physical and Geometrical Optics** Ed Interscience Publishers. New York. 1980. pp 246-253
34. Beck, J. "The Perception of Surface Color" Sci. Am. 233 (2) 62-75. 1975
35. Rattee, I.D. "Colour Reflection, Colour Measurement and Metamerism" en **Color in Cosmetics** Ed. J.W& Sons London 1980. pp 172-177
36. Connors, K.A. "Studies on Adsorptochromism II: Diffuse Reflectance Spectroscopy of Adsorptochromic Spiropyran Adsorbed to Some Pharmaceutically Useful Solids" J. Pharm. Sci. 77 (3) 241-246. 1988
37. Bornstein, M. "Diffuse Reflectance Studies of Dye-Adjuvant Chemisorption" J. Pharm. Sci. 56 (11) 1410-1415. 1967
38. Bornstein, M. "Diffuse Reflectance Studies of Solid-Solid Interactions" J. Pharm. Sci. 54 (12) 1730-1736. 1965
39. Lach, J. "Diffuse Reflectance Studies of Solid-Solid Interactions" J. Pharm. Sci. 59 (9) 1261-1264. 1970
40. Wendlandt, W. "Instrumental Methods for the Measurement of Reflectance and Reflection" en: **Reflectance Spectroscopy**. Vol. 21. Ed. Interscience Publishers. New York. 1966. pp 91-127
41. "El Espectro de los Colores" en: **Ciencia Ilustrada**. Vol. 6. Ed. Victor Civita. São Paulo, Brasil. 1974. p 1558-1561
42. Wendlandt, W. "Instrumental Methods for the Measurement of Reflectance and Reflection" **Idem**. pp 91-127
43. Schmidt, W. "A Novel Single Beam Optical Spectrophotometer for Fast Luminescence, Absorption and Reflection Measurements of Turbid Materials" Trac.Trends. Anal. Chem. 12 (2) 74-82. 1993

44. Genshaw, M.A. " Rapid Scanning Reflectance Spectrophotometer" Anal. Chem. **53**, 1949-1952. **1981**
45. Wendlandt, W. " The Integrating Sphere" en **Reflectance Spectroscopy**. Vol. 21. Ed. Interscience Publishers. New York. 1966 pp 253-274
46. Supplies and Accessories for UV/Visible and Fluorescence Spectrometry. Manual Perkin-Elmer. 1994/1995. pp 29-31
47. Wendlandt, W. " Applications of Reflectance Spectroscopy to Surface Chemistry" en **Reflectance Spectroscopy**. Vol. 21. Ed. Interscience Publishers. New York. 1966. pp 209-227
48. Rowe, R.C. " The Effect of the Particle Size of Synthetic Red Iron Oxide on the Appearance of Tablet Film Coatings" Pharm. Acta Helv. **60** (5-6) 157-161 **1985**
49. " Validation of Compendial Methods" -1225- **The United States Pharmacopeia** USP XXIII. Washington, D C Mack Publishing Company pp 1982-1984
50. " Validación de Métodos Analíticos" Comité de Elaboración de Guías Oficiales de Validación. Dirección General de Control de Insumos para la Salud. SSA
51. " The Validation of Analytical Procedures Used in the Examination of Pharmaceutical Materials" WHO/PHARM/89.541/REV 2. pp 1-5
52. Pastelnick, L. " Analytical Methods Validation" en **Pharmaceutical process Validation**. Vol. 57. 2nd Edition. Ed. Marcel Dekker Inc 1993 pp 411-428
53. Guerra, J. " Validation of Analytical Methods by FDA Laboratories I,II" Pharm. Technol. **10** (3) 74-84. **1986**
54. Inman, E. "General Method Validation Guidelines for Pharmaceutical Samples" J. Chrom. Sci. **25** (6) **1987**
55. Smith, M. " Validation of Analytical Methods" Anal. Proc. **25** (5) 154-155 **1988**
56. Herwitz, W. "Evaluation of Analytical Methods Used for Regulation of Foods and Drugs" Anal. Chem. **54** (4) **1988**
57. " USP Perspectives on Analytical Methods Validation" Pharm. Technol. (3) **1991**

58. Gold, H.D. "Validation: Why, What, When, How Much" PDA J. Pharm. Sci. & Technol. 30 (1) 55-60. 1996
59. Broker, C. "Validation in Perspective-1981" J. Parenter. Sci. Technol. 25 (4) 167-169. 1981
60. Cemell, P. J. "La Validación: Una Filosofía y un Sistema" C.I.F. 7 (8) 220-226. 1985
61. Akers, J. "Simplifying and Improving Process Validation" J. Parenter. Sci. Technol. 47 (6) 281-284. 1993
62. Sharp, J. "Validation- How Much Is Required?" PDA J. Pharm. Sci. Technol. 49 (3) 111-118. 1995
63. DeSain, C. "Process Development That Supports Process Validation" Pharm. Technol. 1995
64. Plackett, R.L.; Burman, J.P. "The Design of Optimum Multifactorial Experiments" Biometrika. 33 (4) 305-325. 1946.
65. Plackett, R.L. "Some Generalizations in the Multifactorial Design" Biometrika. 33 (4) 328-332. 1946
66. Montgomery, D.C. **Design and Analysis of Experiments.** Ed. J.W. & Sons. New York. 1991.
67. Montgomery, D.C. **Introduction to Statistical Quality Control.** Ed. J.W. & Sons. New York. 1985
68. Lawson, J. **Estrategias Experimentales para el Mejoramiento de la Calidad en la Industria.** Ed. Iberoamérica. México, D.F. 1992.
69. Sanford, B. **Pharmaceutical Statistics.** Vol.44. 2nd. Edition. Ed. Marcel Dekker Inc. New York. 1990

GLOSARIO

1. TÉRMINOS DEL COLOR

CIE: Comisión Internationale d'Éclairage

CIE Lab: escala que expresa el color como coordenadas

L^* , a^* , b^* , dE : valores triestímulus

Nm: nanómetros

% R: porcentaje de reflectancia

S_A , S_B , S_C : fuentes de luz estándar adoptadas por la CIE

x , y , z : valores de las curvas de distribución espectral

AM: color amarillo

AO: color amarillo ocre

AZ: color azul

CH: color chocolate

NA: color naranja

P: color púrpura

RI: color rojo intenso

2. TÉRMINOS ESTADÍSTICOS

b: ordenada al origen

C:V: coeficiente de variación

E.S: error estándar

LIC: límite inferior de confianza

LSC: límite superior de confianza

m: pendiente

r^2 : coeficiente de determinación

σ : desviación estándar

S_{xy} : desviación estándar de regresión

X: media

ANEXOS

ANEXO A. Distribuciones de Energía Espectral de las Tres Fuentes Estándar
CIE S_A , S_B y S_C

LONGITUD DE ONDA $m\mu$	E_A	E_B	E_C	LONGITUD DE ONDA $m\mu$	E_A	E_B	E_C
380	9.79	22.40	33.00	580	114.44	101.00	97.80
385	10.90	26.85	39.92	585	118.08	100.07	95.43
390	12.09	31.30	47.40	590	121.73	99.20	93.20
395	13.36	36.18	55.17	595	125.39	98.44	91.22
400	14.71	41.30	63.30	600	129.04	98.00	89.70
405	16.15	46.62	71.81	605	132.70	98.08	88.83
410	17.68	52.10	80.60	610	136.34	98.50	88.40
415	19.29	57.70	89.53	615	139.99	99.06	88.19
420	21.00	63.20	98.10	620	143.62	99.70	88.10
425	22.79	68.37	105.80	625	147.23	100.36	88.06
430	24.67	73.10	112.40	630	150.83	101.00	88.00
435	26.64	77.31	117.75	635	154.42	101.56	87.86
440	28.70	80.80	121.50	640	157.98	102.20	87.80
445	30.85	83.44	123.45	645	161.51	103.05	87.99
450	33.09	85.40	124.00	650	165.03	103.90	88.20
455	35.41	86.88	123.60	655	168.51	104.59	88.20
460	37.82	88.30	123.10	660	171.96	105.00	87.90
465	40.30	90.08	123.30	665	175.38	105.08	87.22
470	42.87	92.00	123.80	670	178.77	104.90	86.30
475	45.52	93.75	124.09	675	182.12	104.55	85.30
480	48.25	95.20	123.90	680	185.43	103.90	84.00
485	51.04	96.23	122.92	685	188.70	102.84	82.21
490	53.91	96.50	120.70	690	191.93	101.60	80.20
495	56.85	95.71	116.90	695	195.12	100.38	78.24
500	59.86	94.20	112.10	700	198.26	99.10	76.30
505	62.93	92.37	106.98	705	201.36	97.70	74.36
510	66.06	90.70	102.30	710	204.41	96.20	72.40
515	69.25	89.65	98.81	715	207.41	94.60	70.40
520	72.50	89.50	96.90	720	210.36	92.90	68.30
525	75.79	90.43	96.78	725	213.26	91.10	66.30
530	79.13	92.20	98.00	730	216.12	89.40	64.40
535	82.52	94.46	99.94	735	218.92	88.00	62.80
540	85.95	96.90	102.10	740	221.66	86.90	61.50
545	89.41	99.16	103.95	745	224.36	85.90	60.20
550	92.91	101.00	105.20	750	227.00	85.20	59.20
555	96.44	102.20	105.67	755	229.58	84.80	58.50
560	100.00	102.80	105.30	760	232.11	84.70	58.10
565	103.58	102.92	104.11	765	234.59	84.90	58.00
570	107.18	102.60	102.30	770	237.01	85.40	58.20
575	110.80	101.90	100.15	775	239.37	86.10	58.50
580	114.44	101.00	97.80	780	241.67	87.00	59.10

ANEXO B. Coeficientes de Distribución Espectral para \bar{x} , \bar{y} , \bar{z}

LONGITUD DE ONDA				LONGITUD DE ONDA			
$m \mu$	\bar{x}_λ	\bar{y}_λ	\bar{z}_λ	$m \mu$	\bar{x}_λ	\bar{y}_λ	\bar{z}_λ
380	0.0014	0.0000	0.0065	580	0.9163	0.8700	0.0017
385	0.0022	0.0001	0.0105	585	0.9786	0.8163	0.0014
390	0.0042	0.0001	0.0201	590	1.0263	0.7570	0.0011
395	0.0076	0.0002	0.0362	595	1.0567	0.6949	0.0010
400	0.0143	0.0004	0.0679	600	1.0622	0.6310	0.0008
405	0.0232	0.0006	0.1102	605	1.0456	0.5668	0.0006
410	0.0435	0.0012	0.2074	610	1.0026	0.5040	0.0003
415	0.0776	0.0022	0.3713	615	0.9384	0.4412	0.0002
420	0.1344	0.0040	0.6546	620	0.8544	0.3810	0.0002
425	0.2148	0.0073	1.0391	625	0.7514	0.3210	0.0001
430	0.2839	0.0116	1.3856	630	0.6424	0.2650	0.0000
435	0.3285	0.0168	1.6230	635	0.5419	0.2170	0.0000
440	0.3483	0.0230	1.7471	640	0.4479	0.1750	0.0000
445	0.3481	0.0298	1.7826	645	0.3608	0.1382	0.0000
450	0.3362	0.0380	1.7721	650	0.2835	0.1070	0.0000
455	0.3187	0.0480	1.7441	655	0.2187	0.0816	0.0000
460	0.2908	0.0600	1.6892	660	0.1649	0.0610	0.0000
465	0.2511	0.0739	1.5281	665	0.1212	0.0446	0.0000
470	0.1954	0.0910	1.2876	670	0.0874	0.0320	0.0000
475	0.1421	0.1126	1.0419	675	0.0636	0.0232	0.0000
480	0.0956	0.1390	0.8130	680	0.0468	0.0170	0.0000
485	0.0580	0.1693	0.6162	685	0.0329	0.0119	0.0000
490	0.0320	0.2080	0.4652	690	0.0227	0.0082	0.0000
495	0.0147	0.2586	0.3533	695	0.0158	0.0057	0.0000
500	0.0049	0.3230	0.2720	700	0.0114	0.0041	0.0000
505	0.0024	0.4073	0.2123	705	0.0081	0.0029	0.0000
510	0.0093	0.5030	0.1582	710	0.0058	0.0021	0.0000
515	0.0291	0.6082	0.1117	715	0.0041	0.0015	0.0000
520	0.0633	0.7100	0.0782	720	0.0029	0.0010	0.0000
525	0.1096	0.7932	0.0573	725	0.0020	0.0007	0.0000
530	0.1655	0.8220	0.0422	730	0.0014	0.0005	0.0000
535	0.2257	0.9149	0.0298	735	0.0010	0.0004	0.0000
540	0.2904	0.9540	0.0203	740	0.0007	0.0003	0.0000
545	0.3597	0.9803	0.0134	745	0.0005	0.0002	0.0000
550	0.4334	0.9950	0.0087	750	0.0003	0.0001	0.0000
555	0.5121	1.0002	0.0057	755	0.0002	0.0001	0.0000
560	0.5945	0.9950	0.0039	760	0.0002	0.0001	0.0000
565	0.6784	0.9786	0.0027	765	0.0001	0.0000	0.0000
570	0.7621	0.9520	0.0021	770	0.0001	0.0000	0.0000
575	0.8425	0.9154	0.0018	775	0.0000	0.0000	0.0000
580	0.9163	0.8700	0.0017	780	0.0000	0.0000	0.0000

ANEXO C.1. AM. Diseño Plackett-Burman para el Color Amarillo

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal
Espesante 1	1	0 71053	0 71053	11 57220
Espesante 2	1	0 79053	0 79053	12 87510
Pigmento Clarificante	1	10 81000	10 81000	176 38436
Color Amarillo	1	0 16333	0 16333	2 66015
Color Rojo	1	5 22720	5 22720	85 13355
Plastificante	1	1 03253	1 03253	16 81650
Polímero Soluble	1	0 00053	0 00053	0 00869
Error Experimental	4	0 24560	0 06140	

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA a'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal
Espesante 1	1	1 15320	1 15320	2 83040
Espesante 2	1	1 30680	1 30680	3 20740
Pigmento Clarificante	1	19 25333	19 25333	47 25517
Color Amarillo	1	0 02613	0 02613	0 06414
Color Rojo	1	21 54720	21 54720	52 88520
Plastificante	1	3 16213	3 16213	7 76111
Polímero Soluble	1	0 49613	0 49613	1 21770
Error Experimental	4	1 62973	0 40743	

Fcrit = 7.71

ANEXO C.1.AM Diseño Plackett-Burman Para el Color Amarillo

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA b'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal
Espesante 1	1	9 93720	9 93720	1 03569
Espesante 2	1	1 54253	1 54253	0 36922
Pigmento Clarificante	1	0 09720	0 09720	0 01013
Color Amarillo	1	13 14613	13 14613	1 37014
Color Rojo	1	2 01720	2 01720	0 21024
Plastificante	1	8 26680	8 26680	0 86159
Polimero Soluble	1	5 01813	5 01813	0 52101
Error Experimental	4	18 37907	0 59477	

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA ΔE

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal
Espesante 1	1	3 12120	3 12120	5 52523
Espesante 2	1	5 28013	5 28013	9 34702
Pigmento Clarificante	1	17 28000	17 28000	30 58948
Color Amarillo	1	2 39413	2 39413	4 23815
Color Rojo	1	11 60333	11 60333	20 54051
Plastificante	1	0 36053	0 36053	0 63823
Polimero Soluble	1	1 33333	1 33333	2 36030
Error Experimental	4	2 25960	0 56490	

Fcrit=7.71

**ANEXO C. 2.AM. Precisión del Método Analítico del Color Amarillo
(Reproducibilidad)**

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0.04813	0.04813	0.314	5.32
Día/ Analista	2	0.30627	0.15313	1.982	4.46
Error	8	0.61787	0.07723		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA a'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0.03968	0.03968	0.150	5.32
Día / Analista	2	0.52822	0.26411	1.465	4.46
Error	8	1.44173	0.18022		

**ANEXO C. 2. AM. Precisión del Método Analítico del Color Amarillo
(Reproducibilidad)**

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA b'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal	Fcrit
Analista	1	0.05468	0.05468	0.231	5.32
Día / Analista	2	0.47175	0.23588	2.864	4.46
Error	8	0.65867	0.08233		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA ΔE

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal	Fcrit
Analista	1	0.53341	0.53341	6.365	5.32
Día / Analista	2	0.16762	0.08381	1.189	4.46
Error	8	0.56407	0.07051		

ANEXO C.3. AM. Linearidad del Color Amarillo

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Regresion	1	0 15100	0 15100	1 64200	4 96
Error de Regresion	10	0 91962	0 09196		
Falta de Ajuste	2	0 77049	0 38525	20 66581	4 46
Error Puro	8	0 14913	0 01864		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA d'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Regresion	1	0 000002	0 000002	0 00007	4 96
Error de Regresion	10	0 24522	0 02452		
Falta de Ajuste	2	0 06489	0 03245	1 41934	4 46
Error Puro	8	0 18033	0 02254		

ANEXO C. 3. AM. *Linealidad del Color Amarillo*

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA b'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F_{cal}	F_{crit}
Regresión	1	126 99240	126 99240	362 494	4 96
Error de Regresión	10	3 50329	0 35033		
Falta de Ajuste	2	2 64189	1 32095	12 267	4 46
Error Puro	8	0 86140	0 10768		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA ΔB

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F_{cal}	F_{crit}
Regresión	1	22 09480	22 09480	6 534	4 96
Error de Regresión	10	33 81469	3 38147		
Falta de Ajuste	2	32 95869	16 47935	154 012	4 46
Error Puro	8	0 85600	0 10700		

ANEXO D.1.AO. Diseño Plackett-Burman del Color Amarillo Ocre

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal
Espesante 1	1	1 24163	1 24163	1 28682
Espesante 2	1	0 65333	0 65333	0 67711
Pigmento Clarificante	1	1 70253	1 70253	1 76449
Amarillo	1	0 27000	1 27000	0 27983
Oxido de Hierro	1	4 36813	4 36813	4 52708
Tensoactivo	1	1 85653	1 85653	1 92409
Polimero Soluble	1	0 29453	0 29453	0 30525
Plastificante	1	1 12853	1 12853	1 16960
Error Experimental	3	2 89466	0 96489	

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA α'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal
Espesante 1	1	0 01763	0 01763	0 04825
Espesante 2	1	0 58963	0 58963	1 61342
Pigmento Clarificante	1	1 26750	1 26750	3 46827
Amarillo	1	2 27070	2 27070	6 21334
Oxido de Hierro	1	4 99230	4 99230	13 66048
Tensoactivo	1	0 45630	0 45630	1 24858
Polimero Soluble	1	0 03203	0 03203	0 08765
Plastificante	1	0 00030	0 00030	0 00082
Error Experimental	3	1 09637	0 36546	

Fcrit=10.1

ANEXO D.1.A.O. Diseño Plackett-Burman para el Color Amarillo Ocre

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA D'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}
Espeante 1	1	0.41070	0.41070	1.20279
Espeante 2	1	0.05070	0.05070	0.14848
Pigmento Clarificante	1	3.333x10 ⁻¹	3.333x10 ⁻¹	9.76x10 ⁻¹
Color Amarillo	1	19.60963	19.60963	57.42953
Óxido de Hierro	1	8.23363	8.23363	24.11334
Tensoactivo	1	1.29363	1.29363	3.78859
Polimero Soluble	1	0.52083	0.52083	1.52533
Plastificante	1	0.01763	0.01763	0.05164
Error Experimental	3	1.02437	0.34146	

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA AE

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}
Espeante 1	1	1.24161	1.24163	1.06350
Espeante 2	1	1.34670	1.34670	1.15349
Espeante 3	1	0.35361	0.35363	0.30290
Color Amarillo	1	0.32670	0.32670	0.27983
Óxido de Hierro	1	0.08003	0.08003	0.06856
Tensoactivo	1	3.74083	3.74083	3.20414
Polimero Soluble	1	3.10083	3.10083	2.65596
Plastificante	1	2.59470	2.59470	2.22244
Error Experimental	3	1.08729	0.36243	

F_{crit} = 10.1

A N E X O D.2. AO. Precisión del Método Analítico para el Color Amarillo Ocre
(Reproducibilidad)

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0.06601	0.06601	0.575	5.32
Día/ Analista	2	0.22952	0.11471	4.321	4.46
Error	8	0.21240	0.02655		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA a'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0.02083	0.02083	2.867	5.32
Día / Analista	2	0.01453	0.00727	1.439	4.46
Error	8	0.04040	0.00505		

**ANEXO D.2. AO. Precisión del Método Analítico para el Color Amarillo Ocre
(Reproducibilidad)**

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA b'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal	Fcrit
Analista	1	0 00368	0 00368	0 1265	5 32
Día / Analista	2	0 05808	0 02904	0 9702	4 46
Error	8	0 23947	0 02993		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA AE

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal	Fcrit
Analista	1	0 03630	0 03630	2 495	5 32
Día / Analista	2	0 02910	0 01455	1 356	4 46
Error	8	0 08587	0 01073		

ANEXO D3.AO. Linealidad del Color Amarillo Ocre

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	Fcal	Fcrit
Regresion	1	0.38560	0.38560	21.725	4.96
Error de Regresion	10	0.17749	0.01775		
Falta de Ajuste	2	0.04996	0.02498	1.566	4.46
Error Puro	8	0.12753	0.01594		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA a'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	Fcal	Fcrit
Regresion	1	0.01908	0.01908	0.600	4.96
Error de Regresion	10	0.31754	0.03175		
Falta de Ajuste	2	0.29161	0.14581	44.978	4.46
Error Puro	8	0.02593	0.00324		

ANEXO D.3. AO. Linearidad del Color Amarillo Ocre

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA b*

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	Fcal	Fcrit
Regresión	1	0.91761	0.91761	10.197	4.96
Error de Regresión	10	0.89989	0.08999		
Falta de Ajuste	2	0.62616	0.31308	9.149	4.46
Error Puro	8	0.27371	0.03422		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA AE

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	Fcal	Fcrit
Regresión	1	0.43350	0.43350	6.626	4.96
Error de Regresión	10	0.65420	0.06542		
Falta de Ajuste	2	0.52900	0.26450	16.901	4.46
Error Puro	8	0.12520	0.01565		

ANEXO E.1. AZ. Diseño Plackett-Burman para el Color Azul

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L*

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal
Espesante 1	1	0 03630	0 03630	0 01338
Espesante 2	1	4 10670	4 10670	1 51356
Pigmento Clarificante	1	15 09763	15 09763	5 56435
Color Amarillo	1	0 55470	0 55470	0 20444
Color Azul	1	15 00803	15 00803	5 53133
Antiespumante	1	2 34083	2 34083	0 86273
Polimero Soluble	1	0 09363	0 09363	0 03451
Tensoactivo	1	3 43470	3 43470	1 26589
Error Experimental	3	8 13983	2 71328	

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA a*

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal
Espesante 1	1	14 87413	14 87413	0 99088
Espesante 2	1	11 13613	11 13613	0 74186
Pigmento Clarificante	1	0 09720	0 09720	0 06648
Color Amarillo	1	1 08	1 08	0 07195
Color Azul	1	0 71053	0 71053	0 04733
Antiespumante	1	9 01333	9 01333	0 60045
Polimero Soluble	1	0 17280	0 17280	0 01151
Tensoactivo	1	18 65013	18 65013	1 24243
Error Experimental	3	45 03320	15 01107	

Fcrit= 10.1

ANEXO E.I. AZ. Diseño Plackett-Burman para el Color Azul

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA b*

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal
Espesante 1	1	4 27213	4 27213	0 71123
Espesante 2	1	4 76280	4 76280	0 81745
Pigmento Clarificante	1	0 36053	0 36053	0 06188
Color Amarillo	1	1 52653	1 52653	0 26200
Color Azul	1	1 22880	1 22880	0 21090
Antiespumante	1	1 92000	1 92000	0 32953
Polimero Soluble	1	0 24653	0 24653	0 04231
Tensoactivo	1	8 53453	8 53453	1 46480
Error Experimental	3	17 4792	5 82640	

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA AE

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal
Espesante 1	1	6 90083	6 90083	0 45747
Espesante 2	1	10 40083	10 40083	2 01531
Pigmento Clarificante	1	2 30563	2 30563	0 15284
Color Amarillo	1	0 14083	0 14083	0 00934
Color Azul	1	0 84270	0 84270	0 05586
Antiespumante	1	9 54083	9 54083	0 63247
Polimero Soluble	1	1 84083	1 84083	0 12203
Tensoactivo	1	17 71470	17 71470	1 17433
Error Experimental	3	45 25477	15 08492	

$F_{crit} = 10.1$

**ANEXO E.2. AZ. Precisión del Método Analítico para el Color Azul
(Reproducibilidad)**

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	2 82270	2 82270	21 496	5 32
Día/ Analista	2	0 24027	0 12013	0 417	4 46
Error	8	2 19760	0 27470		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA α'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0 05603	0 05603	0 6152	5 32
Día/ Analista	2	0 18217	0 09108	0 1068	4 46
Error	8	6 82507	0 85313		

**ANEXO E.2. AZ. Precisión del Método Analítico para el Color Azul
(Reproducibilidad)**

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	2 82270	2 82270	23 496	5 32
Día/ Analista	2	0 24027	0 12013	0 437	4 46
Error	8	2 19760	0 27470		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA a'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0 05603	0 05603	0 6152	5 32
Día / Analista	2	0 18217	0 09108	0 1068	4 46
Error	8	6 82507	0 85313		

**ANEXO E.2. AZ. Precisión del Método Analítico para el Color Azul
(Reproducibilidad)**

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA b'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0.15188	0.15188	2.0850	5.32
Día / Analista	2	0.14568	0.07284	0.2469	4.46
Error Ajuste	8	2.36053	0.29507		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA ΔE

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0.66741	0.66741	7.243	5.32
Día / Analista	2	0.18428	0.09214	0.439	4.46
Error	8	1.67900	0.20988		

ANEXO E.3.AZ. Linealidad para el Color Azul

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal	Fcrit
Regresión	1	55 95073	55 95073	18 575	4 96
Error de Regresión	10	30 12054	3 01205		
Falta de Ajuste	2	20 01147	10 00574	7 918	4 46
Error Puro	8	10 10907	1 26363		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA a'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal	Fcrit
Regresión	1	0 08214	0 08214	0 012	4 96
Error de Regresión	10	68 13926	6 81393		
Falta de Ajuste	2	49 41593	24 70796	10 557	4 46
Error Puro	8	18 72333	2 34042		

ANEXO E.3.AZ. Linealidad para el Color Azul

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA b'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Regresión	1	1 02966	1 02966	0.431	4.96
Error de Regresión	10	23 91421	2 39142		
Falta de Ajuste	2	16 20854	8 10427	8.414	4.46
Error Puro	8	7 70557	0.96121		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA AE

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Regresión	1	7 21067	7 21067	1.1954	4.96
Error de Regresión	10	60 31810	6 03181		
Falta de Ajuste	2	45 04230	22 52115	11.7944	4.46
Error Puro	8	15 27580	1 90948		

ANEXO F.I.CH. Diseño Plackett-Burman para el Color Chocolate

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal
Espasante 1	1	0.47601	0.47601	8.04751
Espasante 2	1	0.19508	0.19508	3.29806
Antiespumante	1	0.01688	0.01688	0.28538
Oxido de Hierro	1	1.08	1.08	18.25867
Plastificante	1	0.02901	0.02901	0.49045
Conservador 1	1	0.01141	0.01141	0.19290
Conservador 2	1	0.24083	0.24083	4.07151
Error Experimental	4	0.23662	0.05915	

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA a'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal
Espasante 1	1	0.71785	0.71785	18.50128
Espasante 2	1	0.33167	0.33167	8.54820
Antiespumante	1	0.00227	0.00227	0.05851
Oxido de Hierro	1	0.15527	0.15527	4.00180
Plastificante	1	0.06675	0.06675	1.72036
Conservador 1	1	0.04142	0.04142	1.06753
Conservador 2	1	0.05535	0.05535	1.42655
Error Experimental	4	0.15519	0.03880	

Fcrit = 7.71

ANEXO F. I.CH. Diseño Plackett-Burman para el Color Chocolate

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA b'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal
espesante 1	1	1 41453	1 41453	18 35145
Espesante 2	1	0 65333	0 65333	8 47599
Antiespumante	1	0 01763	0 01763	0 22872
Oxido de Hierro	1	0 36750	0 36750	4 76777
Plastificante	1	0 07521	0 07521	0 97574
Conservador 1	1	0 13021	0 13021	1 68928
Conservador 2	1	0 20021	0 20021	2 59743
Error Experimental	4	0 30830	0 07708	

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA ΔE

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal
Espesante 1	1	1 28053	1 28053	5 40490
Espesante 2	1	0 29768	0 29768	1 25646
Antiespumante	1	0 03968	0 03968	0 16748
Oxido de Hierro	1	0 36750	0 36750	1 55116
Plastificante	1	0 01841	0 01841	0 07771
Conservador 1	1	0 00041	0 00041	0 00173
Conservador 2	1	0 06601	0 06601	0 27862
Error Experimental	4	0 94769	0 23692	

$F_{crit} = 7.71$

**ANEXO F2.CH. Precisión del Sistema de Medición para el Color Chocolate
(Reproducibilidad)**

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L*

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0.36401	0.36401	2.712	5.32
Día/ Analista	2	0.26842	0.13421	1.598	4.46
Error	8	0.67187	0.08398		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA a*

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0.39968	0.39968	14.321	5.32
Día / Analista	2	0.05582	0.02791	0.506	4.46
Error	8	0.44120	0.05515		

**ANEXO F.2.CH. Precisión del Método Analítico para el Color Chocolate
(Reproducibilidad)**

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA b'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0.28213	0.28213	30.121	5.32
Día / Analista	2	0.01873	0.00937	0.071	4.46
Error	8	1.06213	0.13277		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA ΔB

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0.43701	0.43701	19.473	5.32
Día / Analista	2	0.04488	0.02244	0.136	4.46
Error	8	1.32320	0.16540		

ANEXO F. 3.CH . Linealidad para el Color Chocolate

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	Fcal	Fcrit
Regresion	1	9.37711	9.37711	82.912	4.96
Error de Regresion	10	1.13099	0.11309		
Falta de Ajuste	2	0.04073	0.02036	0.149	4.46
Error Puro	8	1.09027	0.13628		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA a''

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	Fcal	Fcrit
Regresion	1	0.31683	0.31683	2.316	4.96
Error de regresión	10	1.16784	0.11678		
Falta de Ajuste	2	0.60564	0.30282	3.178	4.46
Error Puro	8	0.76220	0.09528		

A N E X O F. 3. CH. Linearidad para el Color Chocolate

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA b'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	Fcal	Fcrit
Regresión	1	1 26150	1 26150	3 771	4 96
Error de Regresión	10	3 34527	0 33453		
Falta de Ajuste	2	0 51520	0 25760	0 728	4 46
Error Puro	8	2 83007	0 35376		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA ΔE

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	Fcal	Fcrit
Regresión	1	3 31350	3 31350	14 515	4 96
Error de Regresión	10	2 28270	0 22827		
Falta de Ajuste	2	0 06497	0 03248	0 117	4 46
Error Puro	8	2 21773	0 27722		

ANEXO G.1. NA. Diseño *Plackett-Burman* para el Color Naranja

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal
Espesante 1	1	3 58613	3 58613	4 12674
Espesante 2	1	3 14333	3 14333	3 92789
Pigmento Clarificante	1	20 80333	20 80333	21 93939
Color Amarillo	1	0 87480	0 87480	1 00667
Color Rojo	1	2 96013	2 96013	3 40617
Polímero Soluble	1	1 20333	1 20333	1 38473
Plastificante	1	0 98613	0 98613	1 13479
Error Experimental	4	3 47600	0 86900	

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA a'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal
Espesante 1	1	8 26680	8 26680	2 08735
Espesante 2	1	9 86453	9 86453	2 49077
Pigmento Clarificante	1	17 66613	17 66613	4 49077
Color Amarillo	1	0 29453	0 29453	0 07437
Color Rojo	1	11 29080	11 29080	2 85090
Polímero Soluble	1	0 34680	0 34680	0 08757
Plastificante	1	8 20053	8 20053	2 07062
Error Experimental	4	15 84170	3 96043	

$F_{crit} = 7.71$

ANEXO G.1. NA . Diseño Plackett-Burman para el Color Naranja

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA b'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}
Espesante 1	1	13 10430	13 10430	1 59903
Espesante 2	1	1 68750	1 68750	0 20591
Pigmento Clarificante	1	14 30083	14 30083	1 74503
Color Amarillo	1	8 03603	8 03603	0 98058
Color Rojo	1	1 42830	1 42830	0 17429
Polimero Soluble	1	0 31363	0 31363	0 03827
Plastificante	1	25 87203	25 87203	3 15699
Error Experimental	4	32 78070	8 19517	

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA ΔE

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}
Espesante 1	1	5 04403	5 04403	0 99297
Espesante 2	1	0 26403	0 26403	0 05198
Pigmento Clarificante	1	4 20083	4 20083	0 82697
Color Amarillo	1	0 45630	0 45630	0 08927
Color Rojo	1	7 84083	7 84083	1 54354
Polimero Soluble	1	0 86403	0 86403	0 17009
Plastificante	1	1 06803	1 06803	0 21025
Error Experimental	4	20 31907	5 07977	

F_{crit}=7.71

ANEXO G.2. NA. Precisión del Método Analítico para el Color Naranja
(Reproducibilidad)

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L*

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0.00021	0.00021	0.026	5.32
Día/ Analista	2	0.01608	0.00804	0.113	4.46
Error	8	0.56780	0.07098		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA a*

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	2.28813	2.28813	0.009	5.32
Día / Analista	2	0.05347	0.02673	0.772	4.46
Error	8	0.79267	0.09908		

**ANEXO G.2. NA. Precisión del Método Analítico para el Color Naranja
(Reproducibilidad)**

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA b'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	1 09808	1 09808	2 648	5 32
Día / Analista	2	0 82948	0 41474	0 482	4 46
Error	8	6 88413	0 86052		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA a1

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0 10083	0 10083	3 559	5 32
Día / Analista	2	0 05667	0 02833	0 475	4 46
Error	8	0 47687	0 05961		

A N E X O G.3.NA. Linealidad para el Color Naranja

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	Fcal	Fcrit
Regresión	1	2.89521	2.89521	15.985	4.96
Error de Regresión	10	0.181119	0.18111		
Falta de Ajuste	2	1.54126	0.77063	22.839	4.46
Error Puro	8	0.26993	0.03374		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA a'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	Fcal	Fcrit
Regresión	1	68.95104	68.95104	228.192	4.96
Error de Regresión	10	3.02163	0.30216		
Falta de Ajuste	2	2.30676	1.15338	12.907	4.46
Error Puro	8	0.71487	0.08936		

ANEXO G.3. NA. Linearidad para el Color Naranja

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA b'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	Fcal	Fcrit
Regresión	1	177 33204	177 33204	163 324	4 96
Error de Regresión	10	10 85765	1 08577		
Falta de Ajuste	2	6 66038	3 33019	6 347	4 46
Error Puro	8	4 19727	0 52466		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA AE

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	Fcal	Fcrit
Regresión	1	153 34411	153 34411	56 589	4 96
Error de Regresión	10	27 09796	2 70980		
Falta de Ajuste	2	25 17816	12 58908	52 459	4 46
Error Puro	8	1 91980	0 23998		

ANEXO H.I.P. Diseño Plackett-Burman para el Color Púrpura

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal
Espesante 1	1	0.02168	0.02168	0.10555
Espesante 2	1	0.12608	0.12608	0.61380
Pigmento Clarificante	1	10.47201	10.47201	50.98101
Color Rojo	1	1.26101	1.26101	6.13899
Color Azul	1	2.24468	2.24468	10.92780
Polimero Soluble	1	0.03308	0.03308	0.16104
Plastificante	1	0.06901	0.06901	0.33596
Antiespumante	1	0.12201	0.12201	0.59398
Conservador 1	1	0.06308	0.06308	0.30704
Conservador 2	1	0.46021	0.46021	2.24045
Error Experimental	1	0.20541	0.20541	

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA a'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F cal
Espesante 1	1	0.41441	0.41441	1.66156
Espesante 2	1	0.37101	0.37101	1.48755
Pigmento Clarificante	1	0.00021	0.00021	0.00084
Color Rojo	1	10.58441	10.58441	42.43779
Color Azul	1	6.14901	6.14901	24.65422
Polimero Soluble	1	0.94641	0.94641	3.79460
Plastificante	1	0.33668	0.33668	1.34991
Antiespumante	1	1.24808	1.24808	5.00413
Conservador 1	1	0.37101	0.37101	1.48755
Conservador 2	1	0.04941	0.04941	0.19811
Error Experimental	1	0.24941	0.24941	

Fcrit= 161

ANEXO H.I.P. Diseño Plackett-Burman para el Color Púrpura

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA b'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}
Espesante 1	1	0.04441	0.04441	0.89881
Espesante 2	1	0.02521	0.02521	0.51022
Pigmento Clarificante	1	0.28521	0.28521	5.72311
Color Rojo	1	0.01401	0.01401	0.28355
Color Azul	1	1.15941	1.15941	23.46509
Polimero Soluble	1	0.00001	0.00001	0.00020
Plastificante	1	0.12201	0.12201	2.46934
Antiespumante	1	0.02168	0.02168	0.43878
Conservador 1	1	0.08841	0.08841	1.78931
Conservador 2	1	0.07208	0.07208	1.45881
Error Experimental	1	0.04941	0.04941	

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA ΔE

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}
Espesante 1	1	2.56688	2.56688	54.75427
Espesante 2	1	0.06901	0.06901	1.47206
Pigmento Clarificante	1	0.00908	0.00908	0.19369
Color Rojo	1	0.04688	0.04688	1.00
Color Azul	1	0.35708	0.35708	7.61689
Polimero Soluble	1	2.02541	2.02541	43.20414
Plastificante	1	0.28521	0.28521	6.08383
Antiespumante	1	0.15188	0.15188	3.23976
Conservador 1	1	0.00441	0.00441	0.09407
Conservador 2	1	0.91301	0.91301	19.47547
Error Experimental	1	0.04688	0.04688	

F_{crit} = 16.1

**ANEXO H.2.P. Precisión del Método Analítico para el Color Púrpura
(Reproducibilidad)**

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L*

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0.05880	0.05880	1.22499	5.32
Día/ Analista	2	0.09600	0.04800	0.23575	4.46
Error	8	1.62887	0.20361		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA a*

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0.00163	0.00163	0.019	5.32
Día / Analista	2	0.16860	0.08430	0.382	4.46
Error	8	1.76573	0.22072		

**ANEXO H.2.P. Precisión del Método Analítico para el Color Púrpura
(Reproducibilidad)**

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA b*

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0.08333	0.08333	1.410	5.32
Día / Analista	2	0.11820	0.05910	2.012	4.46
Error	8	0.23493	0.02937		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA AE

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0.09541	0.09541	1.395	5.32
Día / Analista	2	0.13682	0.06841	0.867	4.46
Error	8	0.63087	0.07886		

A N E X O H. 3 P. Linealidad para el Color Púrpura

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	Fcal	Fcrit
Regresion	1	22 91544	22 91544	10 62418	4 96
Error de Regresion	10	21 56873	2 15687		
Falta de Ajuste	2	15 01233	7 50616	9 15888	4 46
Error Puro	8	6 55640	0 81955		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA d'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	Fcal	Fcrit
Regresion	1	57 58481	57 58481	15 104	4 96
Error de Regresion	10	38 12459	3 81246		
Falta de Ajuste	2	25 53633	12 76816	8 114	4 46
Error Puro	8	12 58827	1 57353		

ANEXO H.3.P. Linealidad para el Color Púrpura

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA b'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	Fcal	Fcrit
Regresión	1	51 04193	51 04193	33 221	4 96
Error de Regresión	10	15 36454	1 53645		
Falta de Ajuste	2	11 23054	5 61527	10 866	4 46
Error Puro	8	4 13400	0 51675		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA AB

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	Fcal	Fcrit
Regresión	1	34 71683	34 71683	5 077	4 96
Error de Regresión	10	68 37584	6 83758		
Falta de Ajuste	2	52 89204	26 44602	13 664	4 46
Error Puro	8	15 48380	1 93548		

A N E X O I.I.RI. Diseño Plackett-Burman para el Color Rojo Intenso

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L*

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}
Espesante 1	1	0.65133	0.65133	0.50953
Espesante 2	1	1.70253	1.70253	1.32788
Amarillo	1	4.36813	4.36813	3.40664
Rojo	1	1.17813	1.17813	0.91881
Polimero Soluble	1	1.85653	1.85653	1.44788
Plastificante	1	1.12853	1.12853	0.88013
Error Experimental	5	6.41120	1.28224	

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA a*

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}
Espesante 1	1	7.30080	7.30080	3.16067
Espesante 2	1	1.44213	1.44213	0.62433
Amarillo	1	3.0	3.0	1.29876
Rojo	1	0.21333	0.21333	0.09236
Polimero Soluble	1	2.46613	2.46613	1.06764
Plastificante	1	3.49920	3.49920	1.51488
Error Experimental	5	11.54947	2.30989	

F_{crit} = 6.61

A N E X O I.I.RI. Diseño Plackett-Burman para el Color Rojo Intenso

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA b'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}
Espesante 1	1	62 38080	62 38080	2 98864
Espesante 2	1	6 04920	6 04290	0 28981
Amarillo	1	29 32813	29 32813	1 40510
Color Rojo	1	1 38720	1 38720	0 06646
Polimero Soluble	1	5 82413	5 82413	0 27903
Plastificante	1	11 60053	11 60053	1 60979
Error Experimental	5	104 36320	20 87264	

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA bE

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}
Espesante 1	1	15 36803	15 36803	1 41068
Espesante 2	1	2 00083	2 00083	0 18367
Amarillo	1	29 51603	29 51603	2 70937
Color Rojo	1	0 00270	0 00270	0 00025
Polimero Soluble	1	2 20163	2 20163	0 20210
Plastificante	1	41 58963	41 58963	3 81764
Error Experimental	5	54 47030	10 89406	

F_{crit} = 6.61

**ANEXO I.2.RI. Precisión del Método Analítico para el Color Rojo Intenso
(Reproducibilidad)**

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0.00120	0.00120	0.015	5.32
Día/ Analista	2	0.15526	0.07763	2.588	4.46
Error	8	0.23993	0.02999		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA a'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0.18750	0.18750	2.893	5.32
Día / Analista	2	0.12963	0.06482	1.232	4.46
Error	8	0.42073	0.05259		

**ANEXO 1.2.RI. Precisión del Método Analítico para el Color Rojo Intenso
(Reproducibilidad)**

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA b*

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	1.42830	1.42830	3.683	5.32
Día / Analista	2	0.77553	0.38776	1.618	4.46
Error	1	1.91773	0.23972		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA AE

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F _{cal}	F _{crit}
Analista	1	0.70568	0.70568	2.582	5.32
Día / Analista	2	0.54662	0.27331	1.441	4.46
Error	8	1.51753	0.18969		

ANEXO 1.3.RI. Linealidad para el Color Rojo Intenso

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA L'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	Fcal	Fcrit
Regresión	1	1.46641	1.46641	11.973	4.96
Error de Regresión	10	1.22476	0.12248		
Falta de Ajuste	2	1.05289	0.52645	24.505	4.46
Error Puro	8	0.17187	0.02148		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA a'

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	Fcal	Fcrit
Regresión	1	0.09520	0.09520	3.231	4.96
Error de Regresión	10	0.29462	0.02946		
Falta de Ajuste	2	0.20936	0.10468	9.821	4.46
Error Puro	8	0.08527	0.01066		

A N E X O 1.3.R1 Linearidad para el Color Rojo Intenso

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA b*

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	Fcal	Fcrit
Regresión	1	0.71723	0.71723	8.012	4.96
Error de Regresión	10	0.89514	0.08951		
Falta de Ajuste	2	0.17574	0.08787	0.977	4.46
Error Puro	8	0.71940	0.89925		

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA ΔB

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	Fcal	Fcrit
Regresión	1	0.65940	0.65940	13.627	4.96
Error de Regresión	10	0.48389	0.04839		
Falta de Ajuste	2	0.32949	0.16475	8.536	4.46
Error Puro	8	0.15440	0.01930		