



Escuela Superior Politécnica del Litoral

FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD

“Automatización de un Sistema
de Impresión Fotográfico”

INFORME TECNICO

Previo a la obtención del TITULO de
INGENIERO EN ELECTRICIDAD
Especialización: ELECTRONICA

Presentado por:
MANUEL GOMEZ ROBLES

Guayaquil - Ecuador

1989

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica y sus dignos profesores, de una manera especial al Sr. Ing. Carlos Becerra Escudero, y

A los Laboratorios Fotográficos Ecuacolor.

DEDICATORIA

a mis padres, esposa e
hijos con todo cariño y
respeto

TRIBUNAL



ING. HERNAN GUTIERREZ V.
Presidente



ING. CARLOS BECERRA E.
Profesor Supervisor



ING. EDGAR IZQUIERDO O.
Miembro Principal

DECLARACION EXPRESA:

LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS, IDEAS Y DOCTRINAS
EXPUESTAS EN ESTA TESIS, CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE
AL AUTOR Y , EL PATRIMONIO INTELECTUAL DE LA MISMA, A
LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

(ARTICULOS SEXTO Y VENTIUNO DEL REGLAMENTO DE EXAMENES
Y TITULOS PROFESIONALES DE LA ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL)



MANUEL GOMEZ ROBLES

TEMARIO

	Pag.
RESUMEN	1
INTRODUCCION	4
Cap. 1.- GENERALIDADES.	7
1.1 Características de un Sistema de Impresión Fotográfica.	9
1.2 Información sobre el Material Fotosensible.	13
Cap. 2.- EL SISTEMA DE IMPRESION CONVENCIONAL.	21
2.1 Descripción General	24
2.2 Componentes de un Sistema Industrial	26
2.3 Necesidades de Mejoramiento.	40
Cap. 3.- INCORPORACION DEL NUEVO SISTEMA.	44
3.1 Generalidades.	45
3.2 Automatización del Proceso	47
3.3 Descripción de la Impresora Fotográfica	63
3.4 Sugerencias Técnicas.	81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	84
BIBLIDGRAFIA	86

R E S U M E N

El presente informe técnico proviene del resumen presentado a la Gerencia de los Laboratorios Fotográficos Ecuacolor con motivo de mi visita a la compañía Kodak en Brasil, con el propósito de evaluar la conveniencia técnica y comercial de adquirir una impresora fotográfica computarizada, de alto rendimiento, que reemplazara las impresoras que se venían utilizando, cuyos inconvenientes, tanto por la velocidad de producción como por la dependencia en operadores especializados y experimentados para su manejo, representaban obstáculos para ofrecer el servicio de fotoacabado en menor tiempo y con mejor calidad. Por otra parte se estaría cumpliendo con la necesidad de actualizar la maquinaria y reducir los costos de operación.

He ampliado el resumen inicial para tratar acerca de las características de los materiales que se involucran en el positivado y es así que en el primer

capítulo expongo los conceptos acerca de la constitución de los materiales fotosensibles y sus características de comportamiento, por que el diseño de todo sistema de impresión depende de ellos.

También se tratan separadamente en detalle, las partes esenciales del equipo básico para exponer el papel fotográfico, como punto de partida para la comprensión de los sistemas de impresión más elaborados.

En el segundo capítulo se conforma la máquina más simple para la exposición y aunque no se puntualiza el procedimiento para obtener copias en cambio se establecen los conceptos necesarios para comprender el funcionamiento de un sistema semi-automático, manejado por un operador, que también queda explicado en este capítulo; así como las razones que indujeron a su modificación para crear un sistema completamente automático.

El capítulo tres describe las bases teóricas para que un programa, ejecutado por un computador, pueda

reemplazar las apreciaciones visuales y las decisiones que toma el operador para poner en marcha los mecanismos de la impresora descrita en el capítulo anterior con la finalidad de producir la copia a partir de un negativo.

Las sugerencias técnicas que finalizan este capítulo se basan en las técnicas actuales y tienen la intención de dejar planteadas las necesidades de mejorar el sistema mediante proyectos, que como aplicación intelectual o comercial, deseen proponer Ingenieros Politecnicos.

I N T R O D U C C I O N

En el campo de la fotografía se viene incursionando desde hace mucho tiempo utilizándose por primera vez para hacer dibujos, valiéndose del fenómeno óptico de la proyección de los haces paralelos que atraviesan un pequeño orificio practicado en la pared de un recinto cerrado, para obtener en la pared opuesta, la imagen de los objetos iluminados por el sol, definidos tanto en forma como en color.

Los primeros avances técnicos relativos al invento y perfeccionamiento de la autentica fotografía fueron dados desde 1.816 por : Josep Niepce, Luis Daguerre y William Talbot.

En 1.838 John Carbutt comienza la fabricación en Filadelfia de hojas de película con base de celuloide para obtener imágenes permanentes en blanco y negro formadas por reducción del cloruro de plata bajo la

acción de la luz.

En 1.950, Eastman Kodak introduce la película Kodacolor negativa con copulantes cromógenos y en 1.955 presenta el papel Ektacolor para copias a partir de negativos en color. La presentación de estos dos materiales dió lugar al auge comercial de la fotografía y a la creación de métodos y equipos para su industrialización. Las técnicas empleadas y los sistemas desarrollados para poner al alcance mundial la maquinaria y los conocimientos necesarios para su utilización, permitieron que en 1.976 se inaugure el primer laboratorio fotográfico Ecuacolor en Guayaquil, con el asesoramiento técnico de la compañía Kodak de Panamá. Desde esta fecha la ciudad se ha beneficiado con el rápido servicio de fotoacabado, que hasta entonces era realizado en el extranjero con la evidente demora en la entrega del material procesado.

Es importante considerar que la fotografía constituye una industria que abarca todas las ramas técnicas, manteniéndose en incesante investigación para obtener nuevos productos mejorados, con la tendencia actual de

suprimir el proceso químico y los materiales fotosensibles que utilizan compuestos de plata. En esta evolución, la ingeniería electrónica tomará la parte más importante del desarrollo, con la implementación de cámaras para la grabación magnética de las imágenes y su transferencia al papel por rayos laser.

Es mi modesta intención que por medio de este informe se visualice la amplitud de la fotografía industrial como campo de aplicación para ingenieros especializados en electrónica.

C A P I T U L O I

GENERALIDADES

La función primordial de los materiales para fotografía en color es reproducir los originales volcando su tonalidad en otra de cierta similitud.

La técnica se hace compleja si se intenta reproducir con precisión los colores y tonalidades del original, por lo general, quien fotografía sabe que está lejos de alcanzar en este terreno, los límites ideales. Pero esto no implica desconocer las exigencias que en la reproducción fotográfica exponen los usuarios.

A pesar de que técnicamente puede lograrse una exacta restitución cromática partiendo de un hecho matemático físico que satisfaga las características propias de todas y cada una de las fases intervinientes, en la práctica todas estas argumentaciones hipotéticas deben enfrentarse con la imposibilidad de reproducir la gama de luminosidades de la naturaleza.

La gama de luminosidades en la que se desenvuelve el ojo humano guarda una relación superior que uno a mil, con un término medio de uno a ciento sesenta, pero la reproducción sobre papel comprime estos valores hasta uno a cincuenta. Este desfase conduce a reproducciones falsas, aunque se trate solamente de las relaciones de luminosidades, ya que los colores aparecen más contrastados e irrealés.

Sumemos a la escasa relación de luminosidad exhibida por el papel, la estructura de su superficie, que puede dar lugar a reflexiones especulares (superficies brillantes), difusas (superficies opacas) o parciales (combinación de brillantes y opacas) ocasionando cambios en el color del rayo reflejado en relación al incidente, alejándose aún más de la restitución cromática buscada.

Tomando en cuenta lo expuesto, el sistema de impresión fotográfica se encamina a lograr la mejor reproducción posible y no la reproducción perfecta, es decir igual a la imagen original.

1.1 CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA DE IMPRESION FOTOGRAFICA

Fundamentalmente, los principios de fotografia en color se sustentan en las combinaciones aditivas e sustractivas de radiaciones luminosas, por lo cual resulta indispensable el conocimiento de estas combinaciones.

Las combinaciones de colores primarios que proyectados conjuntamente recomponen la luz blanca, conocidos tambien como aditivos.

azul + verde + rojo = luz blanca

Las combinaciones de colores secundarios, formados por la mezcla de dos primarios; la suma de todos ellos produce el negro. A estos colores tambien se los identifica como sustractivos.

amarillo + magenta + cian = negro

amarillo = verde + rojo

magenta = azul + rojo

cian = azul + verde

La cuestión esencial en todo proceso de restitución de colores radica en que cualquier color puede ser reproducido partiendo de los tres primarios en proporciones determinadas.

La restitución cromática o síntesis puede hacerse por dos métodos: por síntesis aditiva o por síntesis sustractiva. Según el primero las proporciones de color se obtienen modificando la luz blanca mediante filtros rojo, verde y azul; en el segundo con filtros cian, magenta y amarillo.

Para la impresión sobre papel fotográfico es necesario hacer pasar un paquete de luz balanceada a través de un negativo transparente que contenga la información cromática opuesta a los tonos que se van a reproducir y este paquete se consigue intercalando filtros

aditivos o sustractivos en el haz de luz blanca.

Los filtros aditivos son de color muy saturado y en consecuencia absorben una gran cantidad de luz. Teóricamente transmiten el 33% de la luz blanca que reciben, pero dadas las características propias de los colorantes ese porcentaje se reduce a un 20%, por lo tanto, es preciso contar con fuentes luminosas muy potentes para obtener una restitución cromática acorde con las relaciones de luminosidades y brillo del original, además del color propiamente dicho.

Los filtros sustractivos por el contrario son de color poco saturados y absorben menos luz, permitiendo utilizar una fuente luminosa menos intensa y por ende obtener ahorros en energía y en costo de la fuente de luz.

A pesar de que la vida útil de los filtros aditivos es más prolongada que la de los filtros sustractivos, estos se incluyen en la mayor parte de los diseños de sistemas de impresión fotográfico, por su menor costo.

En razón de que la impresión fotográfica es función del tiempo de exposición, la fuente luminosa debe ser estable en intensidad y espectro. Para el efecto se toman en cuenta dos aspectos:

El material de la fuente luminosa

El suministro de energía eléctrica

Se utiliza la incandescencia del tungsteno como material emisor de luz, por presentar espectro continuo entre el rojo y el azul. Sin embargo en condiciones normales de incandescencia el tungsteno emite con mayor intensidad la luz roja. Este desbalance se compensa llevando a un mayor grado de incandescencia al tungsteno, aunque a expensas de su duración. Pero en estas condiciones el tubo de vidrio que encierra al tungsteno se ennegrece con el tiempo ocasionando variaciones en la emisión de luz durante la vida de la lámpara, para cancelar el defecto de ennegrecimiento se incluye en el tubo de vidrio, vapor de yodo, quedando finalmente en estas condiciones con

el nombre de lámpara halógena.

El suministro de energía eléctrica se estabilizará con el propósito de impedir que el espectro emitido por la lámpara cambie, a menor voltaje se torna rojizo, a mayor voltaje, azulado. Fenómeno que impedirá el manejo preciso de la impresión así como su repetibilidad.

Para completar el sistema de impresión falta una lente que proyecte con nitidez, sobre el papel, la imagen que está en el negativo y a la vez que permita el control de la cantidad de luz que la atraviesa, para cuyo efecto, se intercala un diafragma de laminas concéntricas incluidas en el lente en la parte central de los cristales.

1.2. INFORMACION SOBRE EL MATERIAL FOTSENSIBLE

La presentación del material fotosensible toma diferentes formas según que su aplicación sea en artes gráficas, en transparencias, en radiografía, en

película de largo metraje, papel de positivado, película infrarroja, película negativa, etc., basados todos ellos en los mismos principios físico-químicos.

Nos ocuparemos de los destinados a la reproducción positiva sobre papel a partir de película negativa porque de estos materiales parte el desarrollo del tema en cuestión.

La película negativa está formada aproximadamente por diez capas que se superponen sobre un soporte y cada una de ellas debe cumplir su función sin interferir con el resto.

Fundamentalmente, los negativos en color se componen de tres capas básicas sensibles cada una de ellas a un color, las demás capas son filtrantes, de protección, antihalo, etc.

Las tres capas básicas están formadas por ioduros o bromuros de plata que reaccionan a luz en proporción a

su intensidad y que luego son reemplazados por copuladores de color de manera tal que la capa superior forme una imagen de color amarillo, la capa intermedia una imagen de color magenta y la inferior, otra de color cian. La superposición de estas tres imágenes en colores formarán la imagen complementaria del objeto fotografiado.

La capa superior, que forma la imagen de color amarillo, es una emulsión no cromatizada que reacciona solo a las radiaciones de color azul.

La capa intermedia, que forma la imagen de color magenta, es una emulsión ortocromática que reacciona a luz verde.

La capa inferior, que forma la imagen de color cian, es una emulsión pancromática con sensibilidad incrementada que solo reacciona a la luz roja.

Los colorantes de cada capa absorben una cierta cantidad de radiaciones de longitud de onda mas corta

y próxima a las de su banda de absorción. O sea que los colorantes, además de transmitir las radiaciones de longitud de onda larga de su banda de absorción principal, hacen lo propio con otras que imposibilitan una posterior restitución cromática. Así, el colorante magenta cuya función es absorber el verde, absorve también algo de la radiación azul, y el colorante cian - cuya función es absorber el rojo - retiene las radiaciones azules y verdes. Por tanto, en una película negativa en color, el verde está representado por una imagen magenta de alta densidad y una imagen amarilla de baja densidad. El rojo, a su vez, por una imagen cian de alta densidad, una imagen amarilla de baja densidad y una imagen magenta de baja densidad. Como resultado de la formación de estas imágenes parásitas se produce falseamiento y degradación de los colores. efecto bien notable en el copiado posterior.

Como solución, en la práctica, se compensan las imágenes parásitas mediante el teñido de los copuladores. El formador de color cian tiene un matiz

rojizo y el magenta un matiz amarillo.

La incorporación del doble enmascarado rojo y amarillo da origen al característico color rojo naranja de las películas negativas que cubre aun los bordes y zonas sin exponer, de manera uniforme. La coloración de este doble enmascarado queda sujeto a variables adoptadas por cada fabricante.

El papel para positivado en color tiene también tres capas de emulsión. Es esencialmente igual que la película, un haluro de plata constituye la emulsión sensible a la luz que durante el proceso es retirado químicamente quedando fijado solamente los pigmentos de los copuladores, salvo que en el papel la emulsión sensible al rojo es la superior y la sensible al azul es la inferior. Esta disposición mejora la calidad visual que presenta la imagen final. El enmascarado aplicado a la película hace innecesario enmascarar el papel, además no es posible hacerlo porque alteraría la fidelidad de los colores en la copia, principalmente al blanco.

Todo material químicamente sensible a la luz presenta la característica intrínseca de no mantener linealidad de densidad ante los cambios del tiempo de exposición a la luz. Conocida como falla de la Ley de Reciprocidad, la no linealidad, consiste en que los cambios de densidad no se aumentan o disminuyen proporcionalmente con los cambios en el tiempo de exposición.

En la figura 1 se grafica la densidad resultante de exponer un material fotosensible, manteniendo constante el paquete de luz pero con tiempos diferentes.

Pocos fabricantes de películas tabulan recomendaciones para compensar la no linealidad de sus productos.

La poca costumbre de publicar datos se debe a que para el uso común de los materiales fotosensibles no se requiere de mayores precauciones.

Los datos que como ejemplo se transcriben a continuación, son suministrados por la compañía Kodak.

Para película negativa TRI X (blanco y negro)

*tiempo de exposición en segundos	Porcentaje de Compensación recomendado
1/100,000	100%
1/10,000	50%
1/1,000	ninguno
1/100	ninguno
1/10	ninguno
1	100%
10	200%
100	300%

Para películas negativas en colores

Tipo de película	Balanceada para:	Porcentaje de compensación tiempo en segundos				
		*1/10,000 a 1/100	1/10	1	10	100
Kodakcolor II	Luz de día	ninguno	50%	50%	150%	350%
Kodakcolor400	Luz de día	ninguno	ning.	70%	160%	500%
<hr/>						
Vericolor II profesional	luz de día	ninguno	ning.	no se recomienda		
<hr/>						
Vericolor II Profesional	tungsteno 3200 K	no se recomienda	100%	75%	ning.	80%

*Los tiempos antes de la compensación son determinados por los exposímetros de las cámaras o por instrumentos independientes que no contemplan compensación particular alguna.

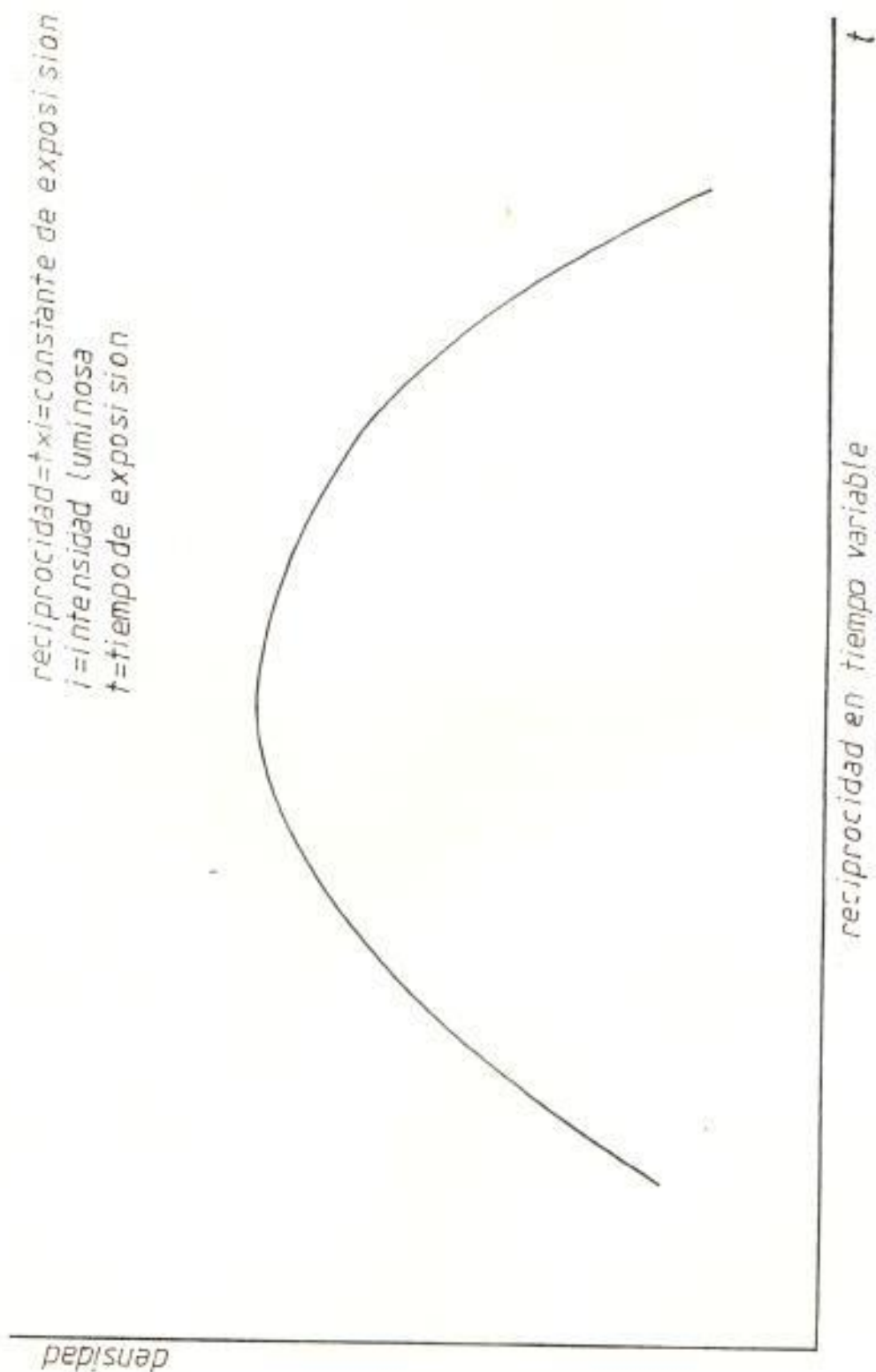


Figura 1

CAPITULO II

EL SISTEMA DE IMPRESION CONVENCIONAL

Las máquinas convencionales para positivados se construyen con la intención de que puedan ser adquiridas y manejadas por aficionados. Sin embargo dentro de esta categoría se dan variantes para el uso de laboratorios profesionales que requieren de mayor agrandamiento de las copias y mayor precisión en el filtrado. Todas ellas mantienen el mismo principio de diseño con la denominación de ampliadora en color.

La ampliadora consta de:

Una lámpara halógena,

Filtros,

Portanegativo

Lente, y

Pedestal

Los filtros

La lámpara halógena, operando entre 200 y 2000

váticos, se energiza con tensión estabilizada en $\pm 2\%$ como mínimo, ya que en este caso la desviación en intensidad y color es de 15%, fuera de este valor el ojo humano es capaz de notar la diferencia cromática en la copia.

Los filtros sustractivos que pueden ser de acetato, gelatina o dicróicos. Los primeros son los más económicos y sólo se pueden usar entre la lámpara y el negativo. Los de gelatina, siguen en costo a los de acetato y se pueden usar además, entre la lente y el papel de positivado; los dicróicos de alto precio construidos mediante el depósito por evaporación en vacío de capas muy finas de compuestos metálicos sobre cristal, se utilizan solamente entre la lámpara y el negativo. Los filtros de acetato y dicróicos no se intercalan entre la lente y el papel porque deforman la proyección de la imagen a imprimir. Los filtros de acetato y gelatina pierden los colorantes más rápidamente, que los dicróicos por efectos del calor de la lámpara, por esta razón los más utilizados son

B.1. DESCRIPCION GENERAL.

La ampliadora mas difundida está dotada de filtros dicróicos cian, magenta y amarillo ajustables por separado mediante un mecanismo de tornillo acoplado a una escala tarada entre cero y cuarenta con pasos de cinco unidades. Cada filtro se va interponiendo en el haz de luz de tal manera que su interferencia resulte proporcional a la escala. Por difusión, la luz afectada por cada filtro se mezcla con la luz no afectada para formar otra balanceada que llega uniformemente distribuida, al negativo.

La combinación luz balanceada - negativo se proyecta por la lente hasta el papel, exponiéndolo. La cantidad de exposición se dosifica por medio de un reloj con capacidad para sesenta segundos, que conmuta la energía entregada a la lámpara durante el tiempo seleccionado.

El papel expuesto se procesa a temperatura controlada en soluciones líquidas que contienen compuestos

químicos disueltos homogéneamente. El papel ingresa, por tres minutos y medio en la primera solución denominada revelador, reduciéndose a plata metálica todos los haluros que fueron expuestos por la luz; simultáneamente los acopladores, en cada capa, toman su color - cian, magenta y amarillo - en proporción a la cantidad de haluros reducidos.

Durante minuto y medio en la segunda solución, denominada blanqueador-fijador, se convierte la plata reducida en el haluro inicial (blanqueo) y luego se retira en su totalidad (fijado) para impedir que la plata, opaca, obstaculice el libre reflejo de luz al observar la copia.

Se lava la copia en agua durante dos minutos y medio y se seca con aire caliente entre sesenta y ochenta grados centígrados.

Se observa la copia con la luz de día o con otra artificial de igual espectro para determinar si los colores son similares a los del original, en caso

contrario se repetirá la exposición con nueva filtración tantas veces como sea necesario.

Sumando el tiempo del proceso químico con el de la manipulación de la ampliadora y del material sensible, efectuados necesariamente en completa oscuridad, resulta en el mejor de los casos igual a quince minutos. Considerando en 24 exposiciones el promedio de cada rollo completo de película, sería imposible darle carácter comercial a un laboratorio para proceso tofográfico si por cada cliente se deben emplear seis horas de trabajo.

2.2. COMPONENTES DE UN SISTEMA INDUSTRIAL

Analizando el procedimiento de impresión con la ampliadora se concluye que el obstáculo principal es el tiempo que se pierde en espera de una prueba para saber si la filtración y tiempo de exposición escogidos, para cada negativo, son correctos. Se dió el primer paso, para vencer el inconveniente, construyendo un analizador de color que indicara la

filtración necesaria para que cada negativo se imprima correctamente, quedando involucrados además: la lámpara, el diafragma, el tiempo de exposición y el proceso químico. De esta manera al exponerse sucesivamente varias copias fue posible procesarlas en grupos. Sin embargo el tiempo necesario para seleccionar la filtración con el analizador y para la exposición misma es aproximadamente de dos minutos por exposición o una hora para 24 copias incluyendo el proceso químico. La reducción de tiempo, aunque considerable, era aun insuficiente para los fines perseguidos; se requería de un sistema más rápido que pudiera exponer toda copia en tiempos menores que un segundo.

La compañía Kodak dió el primer paso diseñando un sistema de impresión industrial, que se ha mantenido funcionando por muchos años, en el que el tiempo total para la exposición y selección de la filtración logró ser reducido a 200 milisegundos.

Las innovaciones en este diseño fueron:

Fuente luminosa más intensa

Filtros de movimiento rápido

Desplazamiento del papel en rollos

Selección del tiempo de filtrado por fotodiodos

Automatización por controles electrónicos

Fue necesario elevar la potencia de la lámpara hasta 600 vatios para poder disminuir el tiempo de exposición. Por la alta generación de calor la fuente luminosa quedó conformada por la lámpara, un espejo frío y un paraboloide. El espejo frío es un filtro dicróico transparente a las longitudes de onda de calor y reflectivo a las demás longitudes de onda de la luz visible.

Se ubicó la lámpara en el foco del paraboloide dejando

una abertura circular en el cono del mismo para obtener el haz de luz de impresión; el espejo frío colocado en el otro extremo del paraboloide dejará pasar el calor, reflejando el espectro visible por la abertura para aprovecharla en la exposición. Muy próximo a la abertura se desplazan dos filtros dicróicos, amarillo y magenta, manejados por un tornillo al alcance del operador de la impresora.

Posterior a los filtros dicróicos y antes del negativo se inserta el difusor, que mezclará la parte de luz blanca interferida por los filtros con la parte no interferida, llegando a la superficie del negativo la luz uniformemente coloreada en toda el área.

Se colocan extractores de aire cerca del espejo frío para desalojar el calor y ventilar el espejo; al mismo tiempo se aprovecha el extractor para refrescar el área de la película desalojando el calor residual que pasa por la abertura del paraboloide.

Debajo de la película iluminada se sitúan seis

fotodiodos (dos para cada color) conectados en paralelo y selectivos a los colores rojo, verde y azul; van agrupados de tres en tres y dispuestos a cada lado del negativo y su reacción a la intensidad de los colores traducidos en corriente, alimentan los circuitos que controlan los mecanismos de exposición.

En el centro de los dos grupos de fotodiodos se coloca la lente y debajo de ella un conjunto de cuatro solenoides de movimiento rotativo que desplazan tres filtros de gelatina (cian, magenta y amarillo) hasta la luz que proyecta la lente, mas una platina, en el cuarto solenoide, para impedir o permitir el paso de dicha luz y así controlar el tiempo total de exposición.

La exposición se inicia con el movimiento de la platina que se aparta del camino de la luz para permitirle llegar hasta el papel.

Al mismo tiempo la señal proveniente de cada par de fotodiodos es convertida en una rampa positiva por

un amplificador operacional en disposición de integrador. La rampa es comparada con otra señal ajustada por el operador de la máquina y la resultante actúa sobre los circuitos de comando de los solenoides de cada filtro que ingresan al haz de luz para bloquear el color complementario que ya no es deseado sobre el papel. Finalizada la exposición, el papel expuesto es reemplazado por igual cantidad de papel sin exponer.

El operador de la máquina examina visualmente cada negativo para decidir si es imprimible de acuerdo con la nitidez de la imagen y con respecto al color y la densidad de la misma, una vez efectuada la selección ordena al equipo hacer la impresión.

Aproximadamente en el 70% de los casos, el balance colorimétrico de los negativos conserva una relación casi constante, es decir que viene para ese número de negativos, en el mismo porcentaje que resulta de descomponer la luz blanca en los colores primarios, esto es aproximadamente 33% por cada uno, por lo tanto

la máquina buscará corregir cada negativo con la integración porcentual correspondiente a la luz blanca, por que así conviene al diseño tomando en cuenta el porcentaje de negativos en estas condiciones.

El 30% restante de los negativos, que forman parte de la población total que ingresa a un laboratorio de copiado, se apartan del centro de población, constituido por el otro 70%, por causas diversas tales como: envejecimiento de las emulsiones de la película, que afectan los tintes con cambios de color por capa; colores predominantes en la escena, como el azul del cielo, el verde del pasto o el tono de cortinas y fondo que se utilizan en el retrato y; el color del enmascarado, distinto de acuerdo con cada fabricante de película negativa.

Esta variante de un color en mayor o menor porcentaje obligará a la impresora a tratar de compensar, con el filtro sustractivo complementario, el color desbalanceado para llevarlo a la integración de la luz

blanca. La compensación será deseable para los casos de afectación total de la imagen en el negativo pero no para los casos de afectación parcial por causa de objetos con color predominante, en la escena, como el cielo o el pasto, porque se afectarán en las copias, debido al exceso de corrección, las partes de la imagen que no estaban afectadas por ese color.

También es variable la proporción de la densidad de los objetos fotografiados y como su evaluación se integra a la de los colores, se sucederían errores sino se incluyeran circuitos y controles para su compensación. Por tanto, la impresora, tiene interruptores al alcance del operador para corregir estas desviaciones.

La exposición es cuantitativa; equivale al producto de la intensidad luminosa total por el tiempo durante el cual la luz incide sobre la emulsión sensible. La intensidad luminosa es constante, por lo tanto para modificar la exposición hay que modificar el tiempo.

La percepción de la diferencia de densidades para el ojo humano, con fines fotográficos, está en relación con variaciones del 10% del tiempo de exposición y para las diferencias de color en 8%. En la práctica son suficientes 7 interruptores para densidades, tres para correcciones aditivas y tres para sustractivas por cada color, graduados de acuerdo a dichos porcentajes.

El operador de la impresora, al presionar el interruptor de densidad que estima adecuado, estará seleccionando un voltaje proveniente de un divisor resistivo que se aplica a tres divisores independientes, modificables por potenciómetros y por los interruptores de color. El voltaje final, comparado con el de los fotodiodos, establece el tiempo de acción de los filtros, cuya intervención satisface el balance de color y densidad esperada en la copia.

Los interruptores de densidad se eligen de acuerdo a la cantidad de áreas claras de la escena que se encuentra en el negativo. Se trata de modificar el

tiempo de exposición erróneo producido por el método promedial de evaluar las densidades por medio de los fotodiodos. Así cuando en el negativo sólo una pequeña área está densa, el operador elegirá, por experiencia, un interruptor que incremente el tiempo de exposición.

Se escogió como densidad promedio la equivalente a una escena con un 25% de área clara. La compañía Kodak suministra películas de control para impresoras que contienen escenas normales con dicho porcentaje, así como escenas sobreexpuestas y subexpuestas.

Utilizando este negativo patrón se efectúan impresiones sucesivas aplicando los siete interruptores (dos para disminución de tiempo, uno normal y cuatro para incremento de tiempo). Las impresiones así obtenidas sobre papel, una vez procesadas (reveladas y fijadas), se evalúan en sus tres colores mediante un densitómetro de reflexión; los valores obtenidos se comparan, uno a uno con los obtenidos de la impresión de referencia que acompaña

al negativo patrón, si el mas próximo no se ha logrado con tiempo de 200 milisegundos y con el interruptor normal, se harán ajustes en el potenciómetro maestro hasta lograrlo.

Cualquier diferencia densitometrica de los tres colores entre si, se iguala con los potenciómetros de color. Se aumenta un circuito ajustable par cada color, en la cadena resistiva, con el propósito de hacer variable en el tiempo su voltaje final para compensar la no linealidad de la respuesta del papel ante los cambios del tiempo de exposición y de cada lote de fabricación de papel. En la práctica esta condición se da para la impresión de los negativos subexpuestos y sobreexpuestos. En la figura 2 se presenta la condición de la impresora antes de la compensación.

Un potenciómetro en cada circuito equilibra las desviaciones de color que se presentan siempre inversas entre subexpuestos y sobreexpuestos, por ejemplo azul para el subexpuesto y amarillo para el

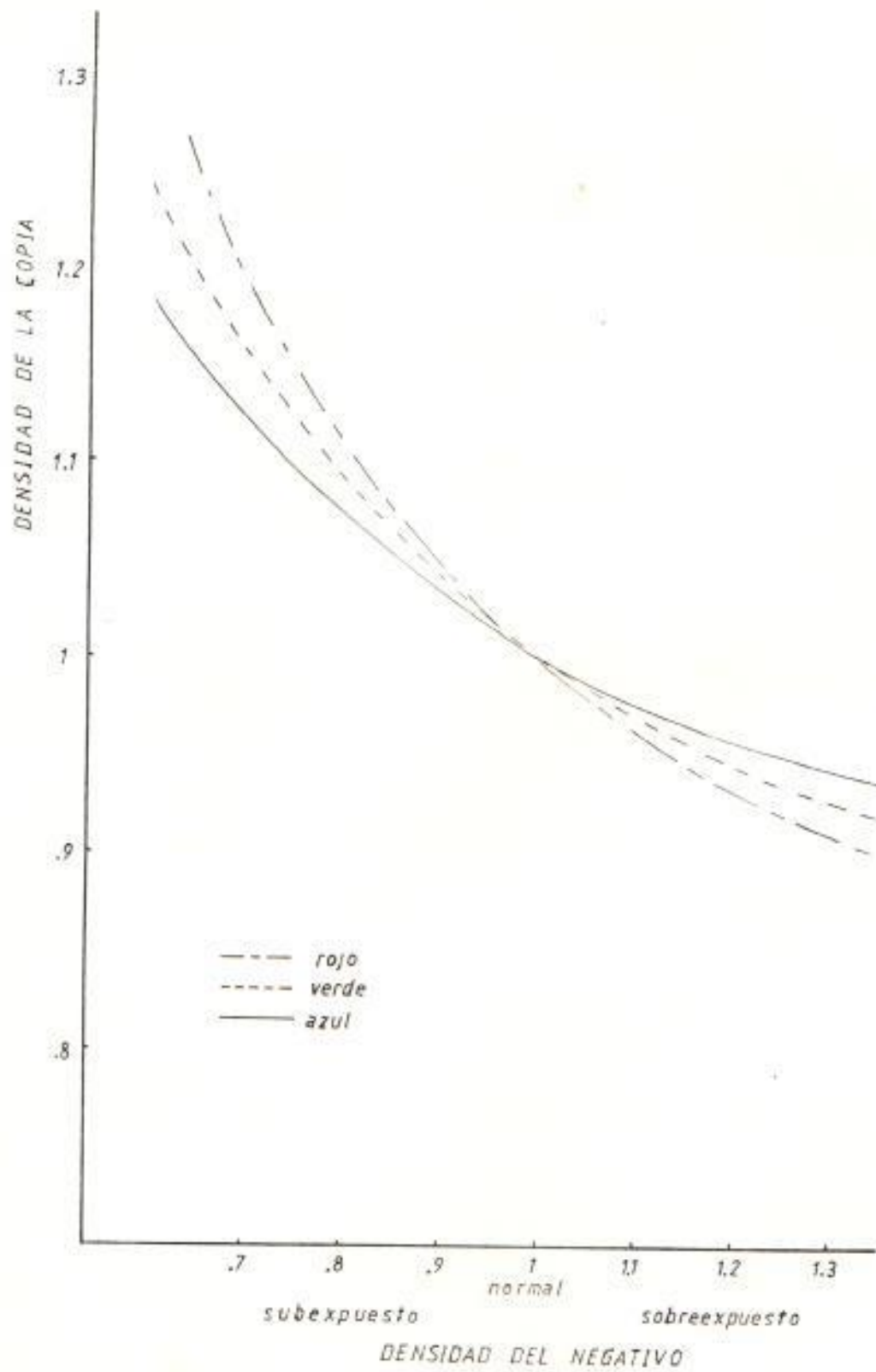


Figura 2

sobreexpuesto. El ajuste se apoya en la impresión de dos negativos patrón, uno muy denso (sobreexpuesto) y otro poco denso (subexpuesto), cuyas lecturas densitométricas se comparan con las del patrón normal. Con impresiones sucesivas y variando los potenciómetros se busca su igualdad.

Una vez calibrado el equipo para determinado lote de papel y fabricante de película, el operador se limitará a seleccionar, para cada exposición, un interruptor de densidad y uno, dos, tres o ninguno de color, según su criterio, poniendo en acción los mecanismos de la impresora.

Iniciada la exposición, simultáneamente, el solenoide de la platina que bloquea la luz se activa y se forman por cada color la rampa positiva del amplificador operacional de los fotodiodos iluminados por la luz que atraviesa el negativo y la curva de descarga de los capacitores del circuito compensador de la no linealidad del papel (un voltaje negativo para los capacitores fue entregado por la cadena resistiva

mediante el interruptor seleccionado). La sumatoria de las dos curvas finalizará, después de cierto tiempo, en un voltaje positivo, que aplicado a un comparador, dará la señal para la activación del solenoide del filtro. Los filtros se activarán simultáneamente o separadamente, según el porcentaje de los colores en el negativo, es deseable que los tres filtros ingresen al haz de luz al mismo tiempo, lo que es posible conseguir para el 70% de la población que tiene iguales porcentajes para rojo, verde y azul. El ingreso simultáneo de los filtros se consigue con la intervención de los filtros dicróicos que están después de la lámpara y su correcto ajuste preparará la luz para la mínima intervención de los filtros rotativos, manteniendo óptima la productividad y al mismo tiempo baja la interferencia óptica de la imagen.

El último filtro en ingresar desactivará el circuito del solenoide de la platina para dar por terminada la exposición; en este instante se producirá el avance de papel cuyo circuito inhibe la acción de los

interruptores para evitar la doble exposición; a su vez durante la exposición se inhibe el circuito de avance de papel, ver figura 3. El tiempo empleado en la exposición y en el avance de papel es de 800 milisegundos en promedio y tomando en cuenta el ajuste diario del balance, carga y descarga del papel y de cortos periodos de descanso del operador, la productividad alcanzada es de mil copias por hora.

2.3. NECESIDADES DE MEJORAMIENTO

La impresora descrita, si bien es cierto que resolvió problemas de tiempo en la exposición y cantidad de copias por hora, tambien es cierto que mantuvo problemas por resolver.

La productividad del sistema de impresión es dependiente de un operador mas que del sistema en si pero es en el mejor de los casos insuficiente para el creciente volumen de producción.

La decisión para seleccionar la corrección adecuada

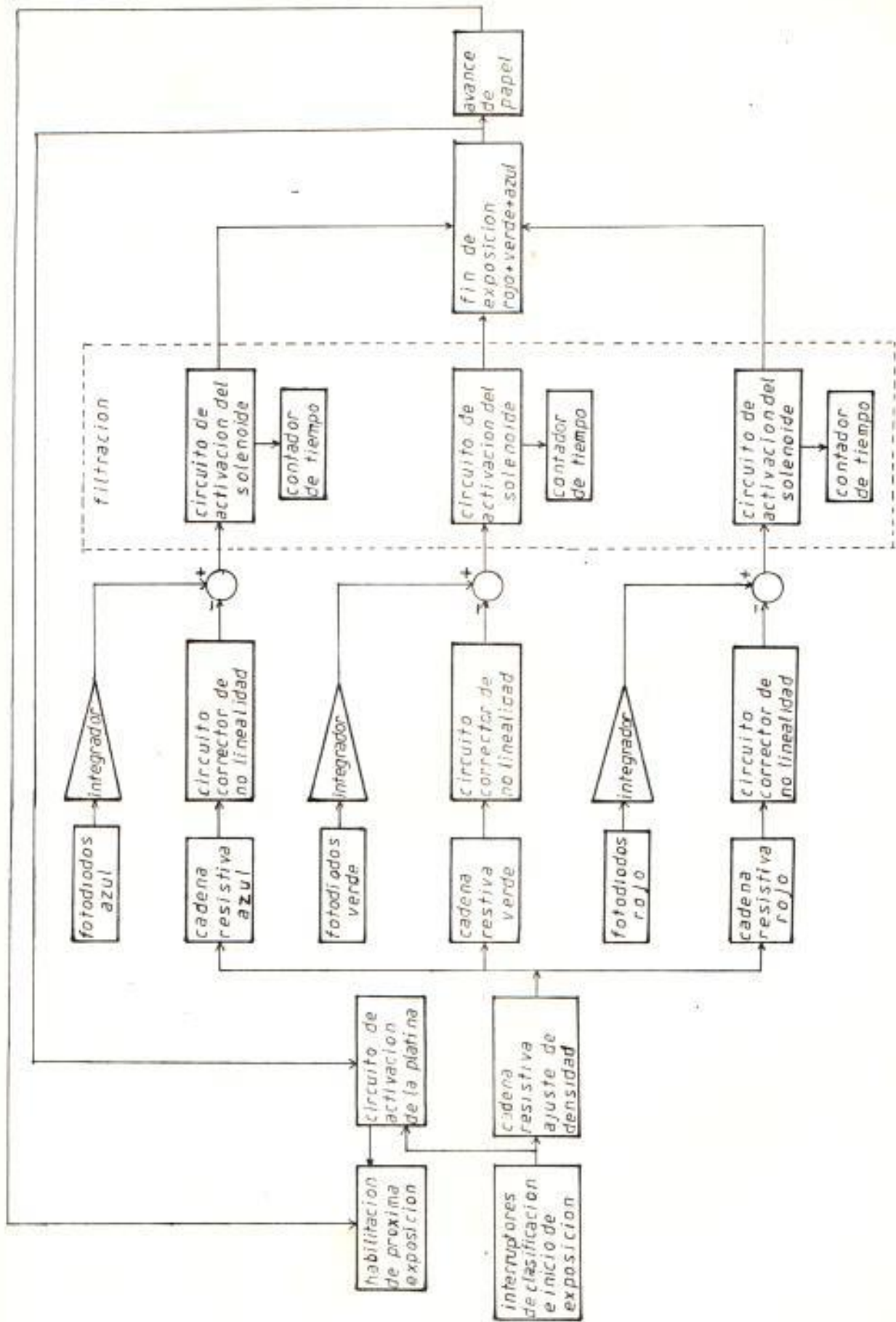


Figura 3

para un negativo queda supeditada a la subjetiva evaluación del ojo humano, carente de precisión.

El entrenamiento del operador, para alcanzar la experiencia necesaria y producir buenas impresiones, debe hacerse con material de elevado costo. A más de que el material se pierde, también se sacrifica la utilización de la máquina al desviarla de la línea de la producción mientras transcurre el entrenamiento.

Se depende en alto grado de la asistencia del operador y en ausencia de este, deben haber reemplazos igualmente entrenados, por lo que se incrementa el costo de la operación.

La falla de la ley de reciprocidad del papel fotográfico no es una constante predecible porque varía con la fabricación de cada lote de papel, así mismo no es tan cierto que la simetría inversa entre la densidad obtenida en la copia por aumento del tiempo de exposición que por la disminución de dicho tiempo, se cumpla. Es necesario entonces tener en la

impresora un control doble e independiente para la compensación de copias con negativos sobreexpuestos y subexpuestos.

Finalmente la productividad de la impresora debe ser incrementada a fin de satisfacer la competitividad de los laboratorios por ofrecer el servicio de fotoacabado en menor tiempo.

C A P I T U L O III

INCORPORACION DEL NUEVO SISTEMA

La factibilidad económica como producto de la creciente perspectiva comercial del fotoacabado y el avance tecnológico de la ingeniería electrónica, hicieron posible que las compañías fabricantes de maquinaria para fotoacabado, como Eastman Kodak, decidieran hacer cambios para automatizar las impresoras principalmente en lo que respecta a la evaluación colorimétrica del negativo.

Los cambios sustanciales incorporados a las impresoras descritas anteriormente consisten en proveer avance automático de película, aumentar la velocidad del avance de papel e incluir un computador que ejecute las funciones del operador.

Modificar la impresora convencional era factible, sin embargo los cambios a introducirse obligaban a desechar tantas partes del equipo que tan sólo se

hubiera podido aprovechar la estructura metálica, resultando insignificante el ahorro si se toma en cuenta el tiempo que se debía emplear para la modificación, permaneciendo fuera de servicio el equipo y perder el equipo mismo que aún podía aprovecharse como tal. Por consiguiente se construyó otro igual en sus partes básicas pero modificado en las que debían dar cabida al nuevo sistema.

3.1. GENERALIDADES

La inclusión de una computadora en el sistema de impresión mejora la consistencia en la precisión de las exposiciones, sin embargo es necesario puntualizar que no es posible alcanzar resultados ampliamente satisfactorios.

El operador tiene la ventaja de poder reconocer al motivo principal de la escena en el negativo y dirigir la acción de la impresora para obtener una copia aceptable. La impresora por computador aunque no puede distinguir el motivo principal en el negativo,

minimiza los errores, que pudieran cometerse, apoyando los cálculos para las correcciones en el evento estadístico de que casi siempre lo importante del negativo es la parte mas densa. De esta manera los desajustes significativos no sobrepasan el 1% de toda la producción de copias.

Las exposiciones fallidas se repiten mediante otro equipo accesorio provisto para esos casos. En este los negativos son adheridos a una cinta de papel en la que, mediante perforaciones, se codifican las nuevas correcciones que serán obedecidas por el computador. Cuando la información es leída por la impresora, en los mecanismos de transporte de la cinta, se efectúan los cambios a las correcciones que normalmente decide el computador y que eran justamente las desviadas.

El nuevo sistema puede producir en promedio diez mil copias por hora y reemplazar a mas de cinco operadores especializados en impresoras convencionales, poniendo de manifiesto, aún mas, con el accesorio descrito, la

alta conveniencia del sistema que desde otro aspecto resulta mas económico que adquirir cinco impresoras con operador.

3.2. AUTOMATIZACION DEL PROCESO

La evaluación de las correcciones para un negativo en el computador se efectúa separadamente para densidad, color y compensación de la falla de reciprocidad. En la sección 3.3. se explican los mecanismos que permiten obtener la información correspondiente de cada negativo.

La decisión para las correcciones de densidad provienen de cálculos en función de la densidad de 121 pequeñas áreas o puntos en que se divide la imagen del negativo.

La división de la imagen se efectúa por barrido, con desplazamiento de 11 puntos verticales por 11 puntos horizontales, la figura 4 ilustra la sectorización efectuada por el programa del computador para proceder

1	12									111
2		AREA 1					AREA 2			
3										
4										
				AREA 5						
		AREA 3					AREA 4			
11	22									121

Figura 4

a los cálculos en función del área descrita por los 121 puntos.

El propósito inicial es clasificar al negativo dentro de un grupo entre los siguientes:

Grupo A de clasificación alta

Grupo B de clasificación intermedia alta

Grupo C de clasificación intermedia baja

Grupo D de clasificación baja

Para cualquier negativo la clasificación alta corresponde a tiempos prolongados de exposición y la clasificación baja a tiempos cortos de exposición. Consecuentemente el grupo "D" se identifica con escenas de nieve y playa y el grupo "A" con las escenas de acercamiento con lámparas de destello (flash). La evaluación está basada en las diferencias entre el máximo y el promedio de densidades de ciertas

areas escogidas de la sectorización y tambien en la relación de las densidades máxima y mínima con el promedio de densidades de los 121 puntos.

En la figura 5 se grafica la distribución de los grupos A, B, C y D de acuerdo al cálculo de ordenada y abscisa dados por:

$$X_{345A} = (X_3 + X_4 + X_5) / 3 - AVE$$

$$X_{NR} = [X + M - 2 (AVE)] / (X - M)$$

Donde:

M = densidad mínima de los 121 puntos

AVE = promedio de densidades de los 121 puntos

X = densidad máxima de los 121 puntos

X₃ = densidad máxima del area 3

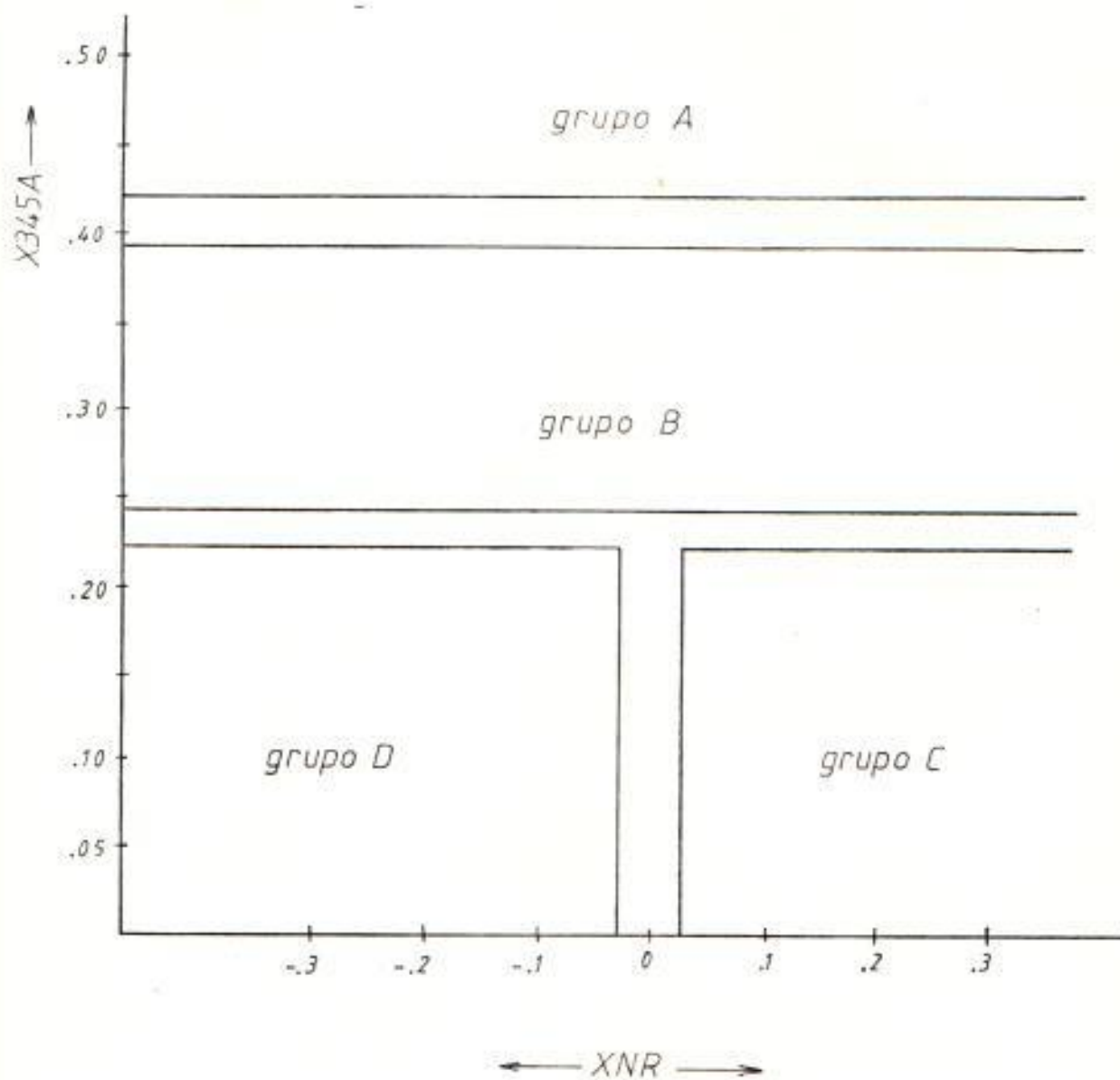


Figura 5

X4 = densidad máxima del area 4

X5 = densidad máxima del area 5

Los valores calculados son trasladados por el computador a tiempos de exposición que guardan relación con los interruptores que utiliza el operador en la impresora no modificada. Sin embargo en cada grupo, el nivel de intensidad de exposición puede ser modificado mediante cuatro comandos (CLA, CLB, CLC y CLD).

Para realizar el ajuste de los comandos es necesario monitorear las copias, para cuyo efecto se imprimen junto a cada una, puntos codificados de alta densidad que indican el grupo en el que el negativo fue clasificado por el computador. El programa base trae, para los comandos, valores iniciales que aproximan las densidades de las copias al resultado esperado en la

mayoría de laboratorios fotográficos.

El computador también debe determinar si es que los negativos no contienen imagen alguna (blancos) o que por el contrario han sido velados, ya sea por defecto de la cámara fotográfica o por error humano y que por supuesto no es conveniente imprimirlos. La determinación de imprimibilidad se obtiene comparando los niveles de los 121 puntos y sus áreas con valores preestablecidos en el programa o en comandos.

Para los negativos velados se compara primero el mínimo M de los 121 puntos con un valor límite almacenado en el comando FOG, si M es mayor que FOG el negativo se declara velado. Por otra parte si M es menor que FOG nuevas evaluaciones ocurren antes de determinar que el negativo sea o no imprimible. Si M , U (promedio de la suma de área 1 mas área 2) y L (promedio de la suma de área 3 mas área 4) son menores que .80, no es velado, pero si son mayores se compara el cociente de U para L con el valor del comando FLR, si es menor o igual, no es velado y si

ese mismo cociente es mayor o igual que el inverso de BUR, no es velado, en caso contrario se compara el cociente de M para X y si no es mayor o igual que el valor del comando FXR, no es velado, pero si es menor queda finalmente establecido como velado.

De igual manera si el valor de X es menor que el del comando BLK el negativo es declarado blanco. Pero si X es mayor que BLK, se compararán los valores de M, U, y L con -.20, si son menores se procede a la comparación del cociente de U para L, si este es mayor o igual al comando BUR o menor o igual al inverso de BUR, se compara finalmente el cociente de X para M y si este es mayor o igual al comando BXR entonces el negativo es definitivamente un blanco. Los valores que se seleccionen para los comandos indicados, tanto para velados como para blancos, permitirán rechazar negativos que no conviene imprimirlos.

Las decisiones para las correcciones de color son tomadas por el computador de acuerdo a la integración de la luz blanca por la suma de rojo, verde y azul en

proporciones iguales, pero como se indicara anteriormente el desbalance de uno de ellos puede ocurrir por afectación total del negativo en la que si es necesaria la integración para obtener una buena copia y que por el contrario, cuando la afectación es parcial, la integración perjudica a la copia.

Para distinguir los dos casos se determinó que las afectaciones totales provenían, en la práctica, de la alteración de los copuladores, en el negativo, por efecto del tiempo y de la temperatura ambiente; o de la utilización de luz diferente, que la del día, para iluminar el objeto fotografiado, y que en el segundo caso las afectaciones parciales comunes se reducen a la preferencia con que se usa como trasfondo decorativo el cielo o el pasto.

Ambos casos tienen colores característicos tales, que en las copias:

La luz doméstica de tungsteno es rojo-amarilla

La luz del cielo es cian azul ;

El reflejo del pasto es verde, y

El color de la afectación de los copuladores es magenta

Utilizando coordenadas polares se pueden representar estas condiciones de tal manera que el eje de las abscisas este formado: por los opuestos rojo-amarillo y cian-azul; el eje de las ordenadas por los opuestos verde y magenta; el tinte o color predominante por el ángulo γ ; la saturación o intensidad del tinte por el radio vector.

La condición final simplificada, tanto para el tratamiento por el computador como para los ajustes por comandos, queda indicada en la figura 6, donde se observa que los ángulos se toman cada tres grados, asignándoseles un número en correspondencia con un tinte; estos números en el comando SAT establecen cinco arcos entre cuyos límites se fija un valor para

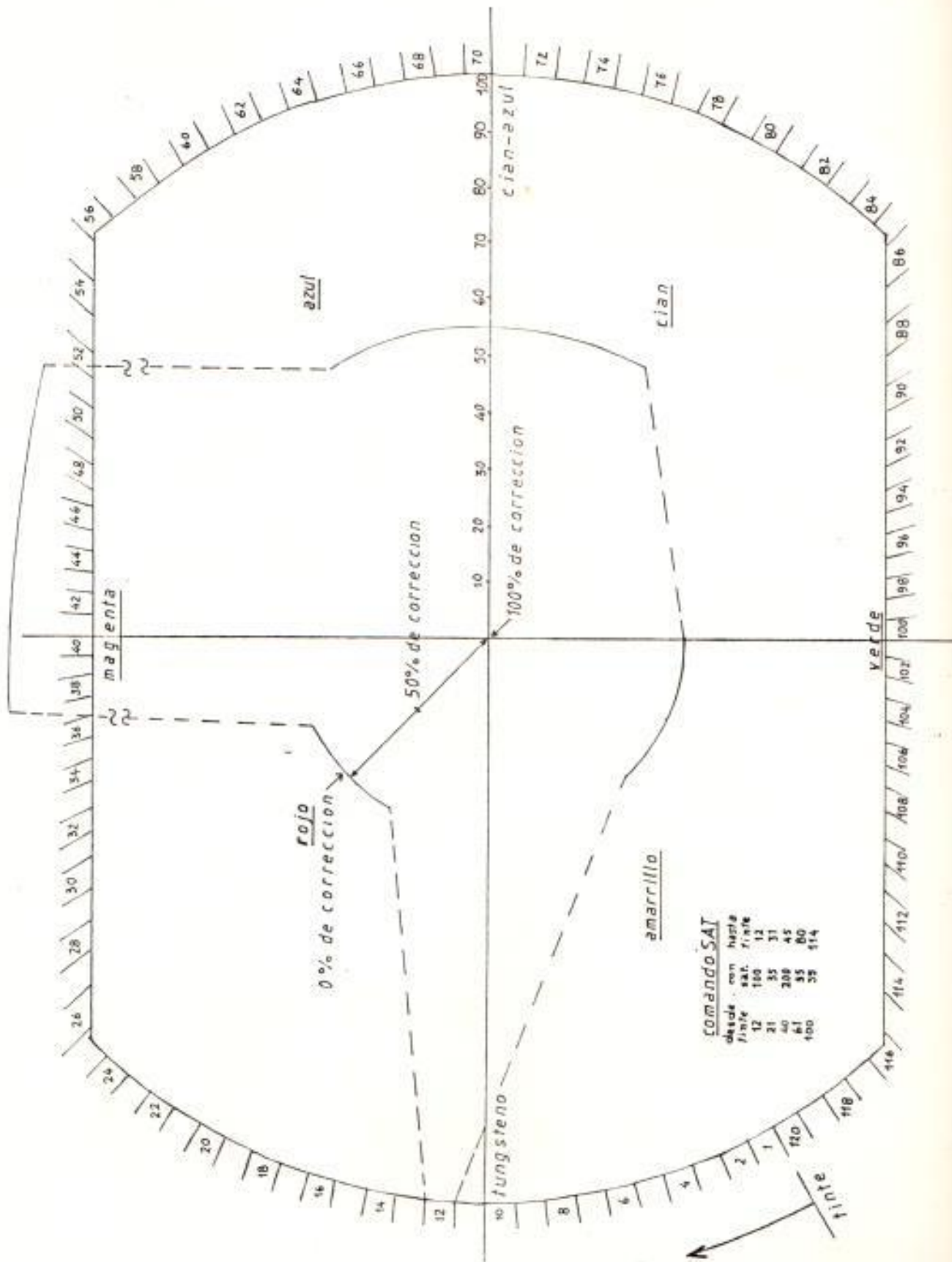


Figura 6

el nivel de saturación y contra esta disposición son comparados el tinte y la saturación de cada negativo.

Si el promedio de la suma de rojo, verde y azul es igual a cada uno de ellos, entonces es evidente que, la corrección seleccionada para la exposición corresponderá a la integración de la luz blanca; el lugar geométrico en este caso es el cero de las coordenadas y equivale al 100% de la corrección.

Cuando la saturación de uno de los colores predominantes en el negativo o cualquiera de sus combinaciones es mayor que el promedio de su suma, el tinte resultante será ubicado en el gráfico y su saturación comparada con la saturación preestablecida en el comando SAT, para ese tinte, determinándose así un porcentaje de corrección que tenderá a cero a medida que la saturación del negativo alcance la del comando. Se han fijado valores de saturación altos en el eje del magenta y del tungsteno, para que en estos casos la corrección resulte con porcentajes altos también; mientras que en el eje del verde y el azul

son bajos para efectos contrarios. De esta manera se cumple con la necesidad de aplicar correctivos diferentes, según la condición del negativo, tal como lo haría un operador.

Para los casos de densidades extremas, como los casos de negativos sobreexpuestos y subexpuestos, se establecen correcciones independientes que compensen la falla de la Ley de Reciprocidad. Para la compensación el comando CHE, habilita en el computador, la rutina que dispone con clasificación forzada en 6 (promedio de clasificaciones) la exposición de cinco negativos suministrados especialmente por la compañía Kodak. Para las primeras exposiciones de prueba se usarán valores iniciales, para los comandos NEO y NEU, que como recomendación se reciben junto con los negativos indicados.

El primer negativo Uu, en imprimirse, es un subexpuesto y su positivo resultará obscuro por la clasificación forzada y la correspondencia con los

valores en el comando NEU.

El segundo negativo Uu es también subexpuesto y su positivo así mismo obscuro, pero en correspondencia con los valores de NEO.

El tercer negativo N tiene densidad intermedia y se utilizará como referencia; se imprime con clasificación forzada sin acción de los otros comandos. Se asume que la condición de este negativo corresponde al del centro de población, por lo que con respecto a él se efectuarán los ajustes finales de balance de color y densidad, así como de el tiempo promedio de impresión recomendable para la máxima productividad de la impresora.

El cuarto negativo Oo es sobreexpuesto y su positivo claro, pero en correspondencia con los valores de NEU.

Los cinco positivos serán medidos por un densitómetro y las medidas obtenidas comparadas con las medidas de

las impresiones de referencia que acompañan a los negativos.

El valor final que se asigne a NEO y NEU será dependiente de la emulsión del papel en uso. En la figura 7 se ilustra, para una emulsión dada, las pendientes individuales con que se imprimirán los negativos sobreexpuestos y subexpuestos cuando la impresora este en producción. El comando NEO controlará la pendiente definida por el trazo continuo entre U_u y el centro de población, y el comando NEU la línea entre O_o y el centro de población.

Con el procedimiento seguido se completa el reemplazo del operador, en cuanto a la evaluación visual del negativo se refiere, pero es obvio que el ajuste de los parámetros para el balance de la impresora debe llevarse a cabo por una persona especializada, sin embargo en todo laboratorio fotográfico es imprescindible contar con dicho elemento, incluso para el balance de la impresora con operador, por tanto el manejo del computador puede considerarse como una

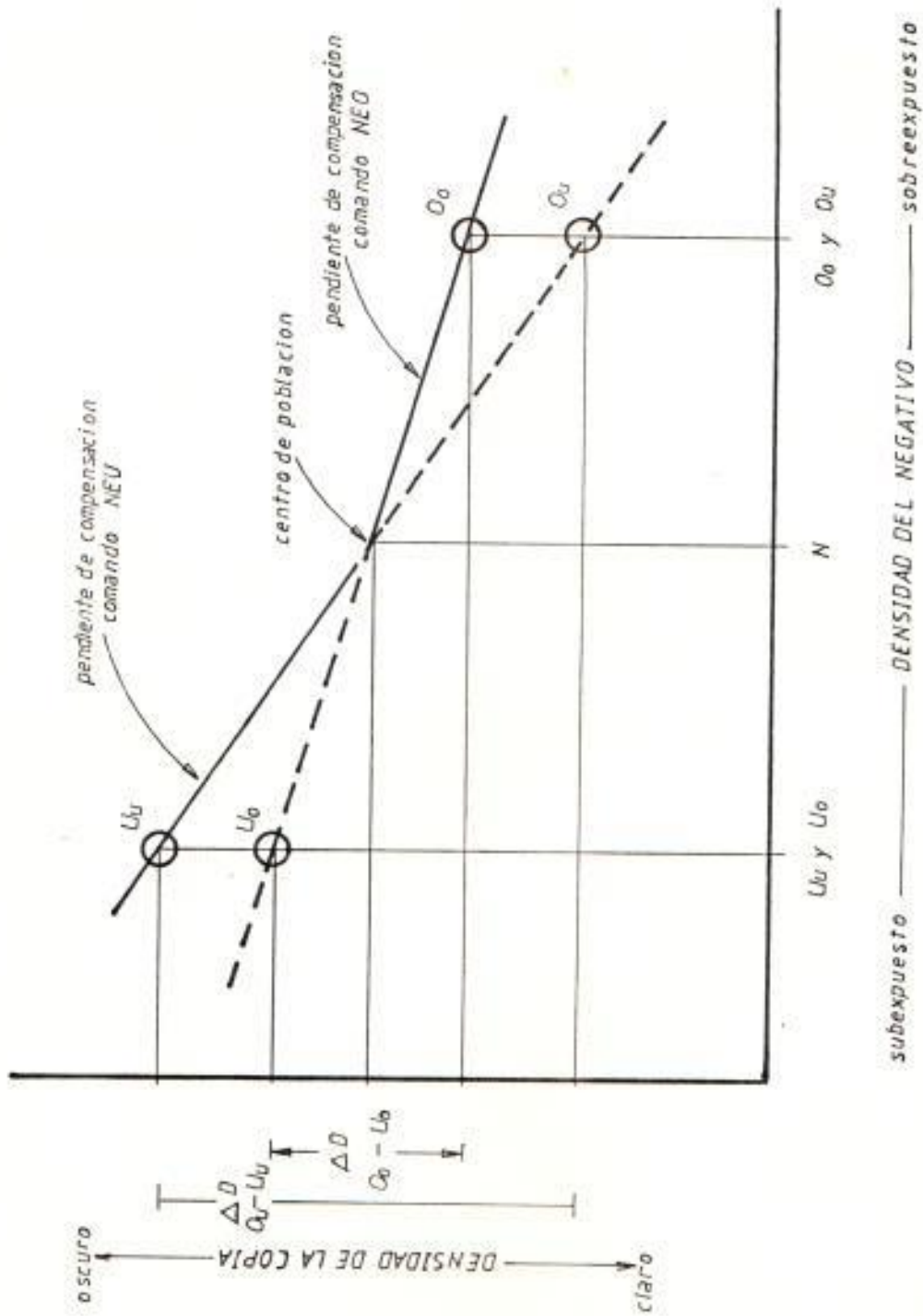


Figura 7

extensión de las funciones de esta persona sin necesidad de incremento en la nómina de la empresa.

3.3. DESCRIPCIÓN DE LA IMPRESORA FOTOGRAFICA

La información de color y densidad, para cada negativo, es obtenida de la combinación de una fuente de luz independiente de la de exposición, un fotomultiplicador y un mecanismo de exploración que entregan señales analógicas al computador.

El mecanismo de exploración esta formado por un disco de la dimensión mostrada en la figura 8, opaco a la luz excepto en las áreas que tienen denominación. El disco gira por medio de un motor, en sentido horario, a mil docientas revoluciones por minuto; un fototransistor se encarga de formar el pulso de referencia S (sincronismo) que habilita al conversor analógico-digital, en el computador, para el ingreso ordenado de señales.

Sucesivamente y en correspondencia con los pulsos de

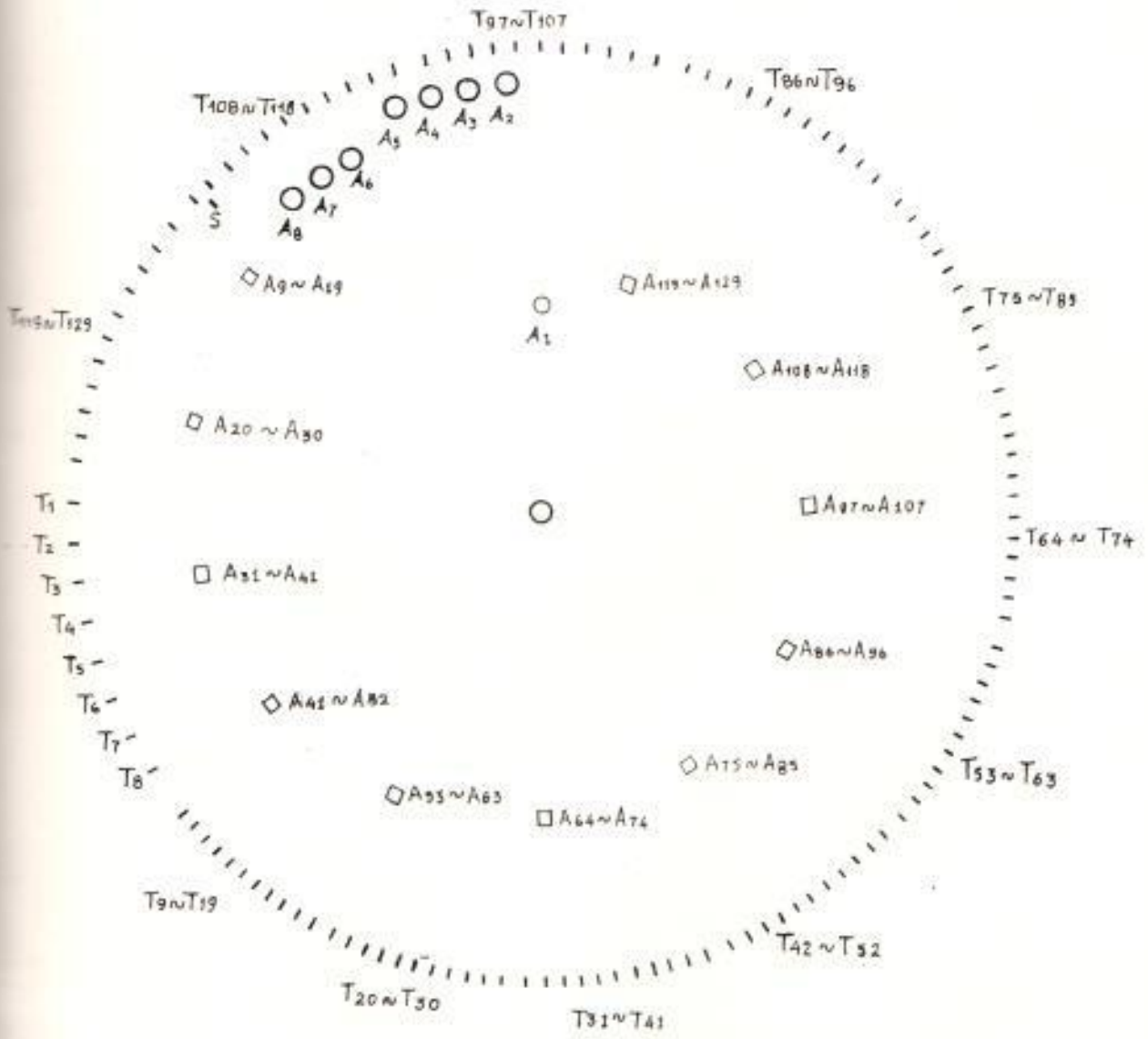


Figura 8

tiempo T1 al T129, formados por otro fototransistor, se presentarán en el conversor: un pulso de la lámpara de exposición, cuatro pulsos de la lámpara de exploración, tres pulsos de saturación promedio de rojo, verde y azul del negativo y 121 pulsos de densidad del área total del negativo, formando todos ellos la señal analógica.

Las señales luminosas de la lámpara de exposición, de la lámpara de exploración y de la saturación del negativo arriban al disco por fibras ópticas independientes y los 121 puntos se toman directamente del área del negativo, por proyección sobre el disco, en el espacio formado por el muestreo de las 11 áreas cuadradas en sincronismo con los pulsos de tiempo T9 a T129.

La parte superior del disco queda intercalada entre las terminaciones de las fibras ópticas, por un lado, y una lente y el fotomultiplicador, por el otro lado; la lente convergerá hacia el cátodo del fotomultiplicador todas las señales luminosas que

atraviesan el disco por las áreas A1 hasta A19.

Las siguientes mediciones, tomadas en un osciloscopio de doble trazo, son necesarias para que la señal analógica ingrese al conversor analógico-digital con sus niveles máximos de voltaje:

Diferencia de tiempo entre dos pulsos S = 50 milisegundos

Diferencia de tiempo entre T8 y A8 = 0

Diferencia de tiempo entre S y T1 = 600 microsegundos

Ancho del pulso S = 125 microsegundos

Ancho de los pulsos de tiempo T1 al T129 = 60 microsegundos

Voltaje del pulso S = 4 voltios

Voltaje de los pulsos de tiempo = 5 voltios

Voltaje de la señal analógica = 8.5 voltios

La diferencia de tiempo entre dos pulsos S sucesivos depende de la velocidad del motor que hace girar al disco; esta medición comprueba el correcto funcionamiento del motor.

El pulso $T8$ y el máximo nivel de $A8$ deben coincidir o lo que es lo mismo no tener diferencia de tiempo; con esta relación se garantiza que todos los pulsos $T1$ al $T129$ coinciden con todos los máximos niveles de voltaje de la señal analógica. Si se presenta alguna diferencia, se corrige con el desplazamiento del fototransistor que forma los pulsos de tiempo.

El ancho y voltaje de los pulsos de tiempo y de sincronismo se ajustan con potenciómetros en sus respectivos circuitos amplificadores.

El voltaje de la señal analógica es dependiente del

voltaje de alimentación a los diodos del fotomultiplicador, sin embargo, cuando el voltaje de alimentación debe hacerse mas negativo que -800 voltios es indicio de que el fotomultiplicador está operando en la zona no lineal de su característica y debe ser cambiado.

Como se indicara anteriormente la mayor parte de la señal analógica se obtiene por acción de la luz de la lámpara de exploración, por lo que es evidente que la precisión en la evaluación del negativo depende de la estabilidad emisiva de esta lámpara, por tanto se han previsto precauciones en la alimentación de voltaje que se lo toma de un segundo estabilizador que a su vez se alimenta del voltaje estabilizado para la lámpara de exposición. Además en cada exploración se monitorean cuatro pulsos contenidos en la señal analógica (A2, A3, A4, A5) que informan de la intensidad luminosa y de la intensidad de rojo, verde y azul de la lámpara; cualquier cambio, dentro de ciertos parámetros, ocasionará la acción de una alarma y la paralización de las exposiciones. Así mismo es

revisada la intensidad de la lámpara de exposición a través del pulso A1 con la consiguiente alarma en caso de variación.

Los pulsos A6, A7 y A8 corresponden a la intensidad promedio de los colores rojo, verde y azul del negativo y darán la información de saturación y tinte para los cálculos de corrección de color en el computador.

Los pulsos A9 hasta A129 representan la información sectorizada en 121 puntos de la densidad de toda el área del negativo, esta información será usada por el computador para los cálculos de tiempo de exposición al efectuar la copia.

Junto con los cinco negativos suministrados para la compensación de reciprocidad del papel, se encuentra un sexto negativo destinado exclusivamente para establecer los parámetros referenciales de la señal analógica.

El comando CAL dispondrá, en la memoria del computador, el registro de la intensidad luminosa de los 129 valores de la señal analógica obtenidos por medio del sexto negativo; y este registro, expresado en voltios, será observable, para su análisis, en un terminal de impresión del computador, cuando sea solicitado por el comando LCV.

Las cifras así obtenidas indicarán en que porción de la curva de respuestas del fotomultiplicador se están considerando cada uno de los valores de la señal analógica y se ha determinado que, para los mejores resultados, el nivel se sitúe en cuatro voltios.

Intercalando filtros de color o de densidades neutras, en las terminaciones de las fibras ópticas, se buscará obtener cuatro voltios para los puntos A1 hasta A8. Debido a que, ni la distribución luminosa de la lámpara de exposición, ni los colorantes del sexto negativo de calibración son perfectamente homogéneos, los 121 puntos restantes presentarán máximos y mínimos valores de voltaje, por lo tanto se tomará en cuenta

el promedio que ya está calculado e impreso en el comando LCV, este promedio se llevará hasta cuatro voltios con densidades neutras intercaladas en el área de proyección correspondiente.

Cuando no sea posible reducir a cuatro voltios uno o más puntos de la señal, se incrementará el voltaje en el fotomultiplicador y se repetirá todo el procedimiento de calibración.

En la rutina del comando CAL se incluye un cálculo para normalizar los niveles de referencia de todos los 121 puntos, así la diferencia de los máximos y mínimos con respecto a su promedio serán sumados algebraicamente a los 121 puntos que se obtengan en la exploración de cada negativo; de esta manera la lámpara de exploración se convierte, para los cálculos de exposición, en una fuente luminosa virtualmente uniforme.

Una vez ajustados todos los valores referenciales, el comando CAL los almacena en la memoria para ser

utilizados y revisados en todas y cada una de las exploraciones que se efectúen con la impresora durante la producción de copias.

La presentación comercial de las películas negativas tiene diferentes dimensiones y de estas las más utilizadas son las denominadas 135 y 110; en la primera las imágenes ocupan un área de 24 por 36 milímetros y en la segunda de 13 por 17 milímetros.

La película de 135 se fabricó para utilizarla en cinematografía exclusivamente y dió lugar a la aplicación en tomas fijas por cámaras pequeñas, de hasta 36 cuadros, que se vienen utilizando hasta la fecha. Esta película trae perforaciones laterales acondicionadas para transporte rápido por rodillos dentados en los proyectores de cine, pero este sistema, que también se adaptó en las cámaras de toma fija, presenta el inconveniente de que la posición de las imágenes no guarda relación precisa con la posición de las perforaciones, por lo que se han tenido que implementar máquinas para hacer una

perforación de referencia en el borde de la película junto a cada imagen, que sirva en la impresora, para ubicarla en el sitio exacto, tanto de exploración, como de exposición.

La película 110, de fabricación mas reciente, ingresa directamente a la impresora porque fue prevista con perforaciones en cada imagen para su posición precisa en la cámara y en la impresora.

Las perforaciones de 135 y 110 serán vistas por sensores situados en la abertura de exploración y en la abertura de exposición.

Se cuenta con dos mecanismos de aberturas para manejar apropiadamente cada tamaño de película y en cada uno existen fibras ópticas para la señal analógica, sensores para las perforaciones, lente para la proyección de la imagen sobre el papel, circuitos de ajuste de la sensibilidad de los sensores y un motor de pasos para el transporte de la película. (figura 9)

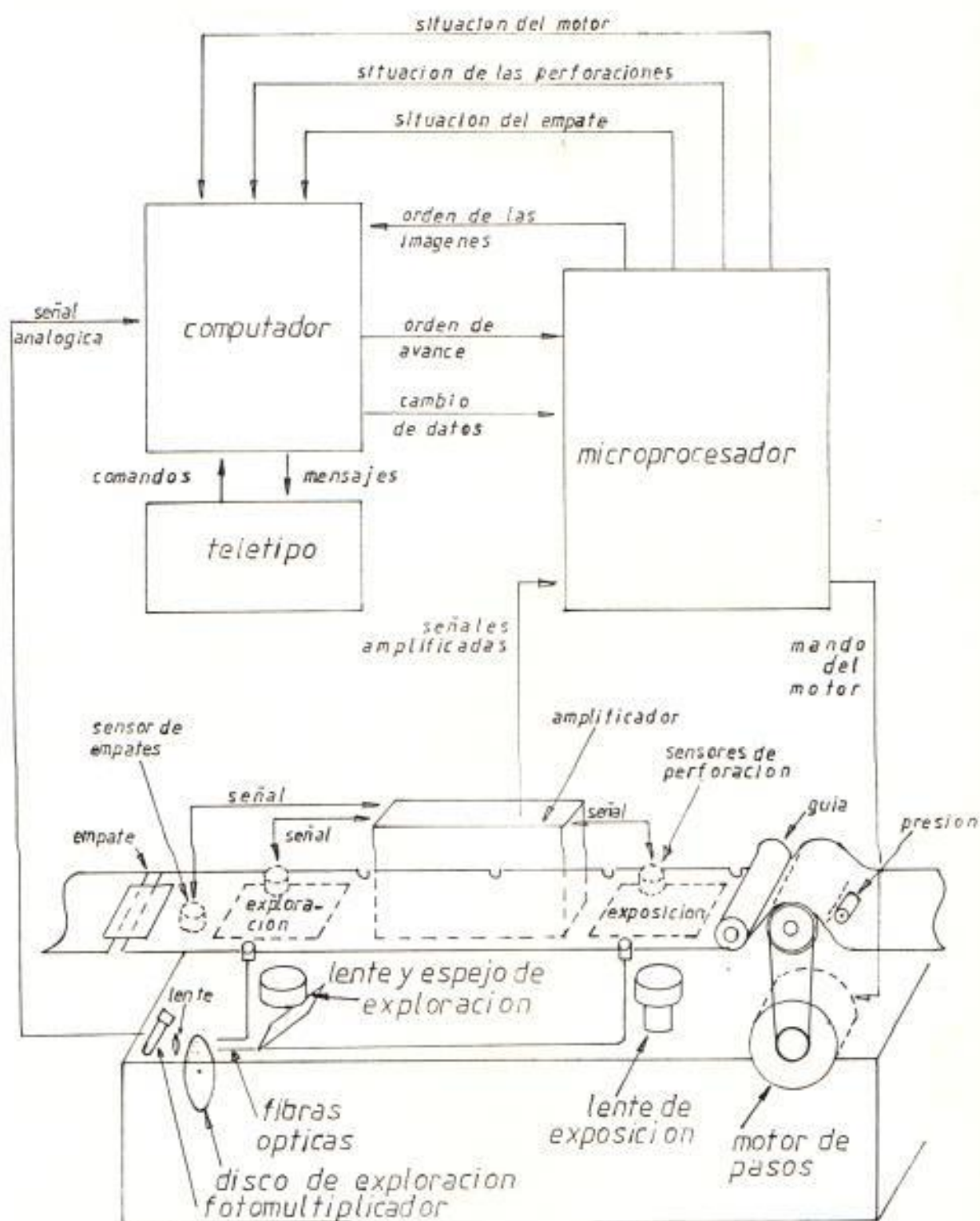


Figura 9

Un microprocesador, que gobierna al motor de pasos, se encarga de situar las imágenes en la abertura de exploración y comunicar la acción ejecutada al computador, para que explore y almacene la información de esa imagen; luego recibe la orden de avance desde el computador para situar el siguiente negativo en la abertura de exploración; al momento que arriba el cuarto negativo a la abertura de exploración es tiempo de que el primero explorado este arribando a la abertura de exposición, el que llegue primero será explorado o expuesto y si los dos eventos son simultáneos se producirá la exposición del primero y la exploración del cuarto al mismo tiempo.

El programa del microprocesador contempla la detección de fallas en los sensores, comparando el número de pasos empleados en trasladar cada perforación, de una abertura a otra, con la cifra almacenada, en su memoria, correspondiente al número de pasos que deben darse para esa distancia fija; por ejemplo, si la perforación transitó sin ser vista por el sensor de exploración pero si por el de exposición, el

microprocesador comunicará al computador el error y aparecerá la alarma escrita indicando falla en el sensor de exploración y la impresora se detendrá.

Para que sea posible exponer continuamente es necesario que un grupo de ordenes de clientes se empate sucesivamente con cinta trmica, formando un rollo que generalmente resulta mayor de 1.500 imágenes. La cinta trmica es opaca a las radiaciones infrarrojas que se utilizan para detectar cada empate, en la impresora, y emplear la señal generada para ordenar a un perforador neumático que sitúe un agujero en el papel fotográfico, justo entre las exposiciones de principio y fin entre dos órdenes de clientes; este agujero será el indicativo de parada en las máquinas que cortan el papel para separar las órdenes ya procesadas y proceder a su facturación. Así mismo, por el otro borde del papel, se practica un agujero entre cada imagen expuesta para que la misma máquina efectúe los cortes de separación de cada fotografía.

Los elementos y mecanismos de exposición son similares a los descritos anteriormente para las impresoras convencionales, es decir que, la fuente de luz está constituida por una lámpara halógena montada en un paraboloide con sus respectivo espejo frío y extractor de calor; el acondicionamiento colorimétrico de la fuente de luz es también realizado por filtros dicróicos, pero en este caso su desplazamiento manual cuenta con un dial acoplado a un tornillo micrométrico para aumentar o disminuir la interferencia de los filtros, en cantidades precisas, con la finalidad de ayudar a mantener alta la productividad para el centro de población porque permiten sostener al mínimo las diferencias entre rojo, verde y azul en las correcciones calculadas por el computador, para cuando se alternan diferentes tipos y lotes de papel fotográfico.

Las correcciones calculadas por el computador se aplican en las exposiciones, igualmente, por cuatro solenoides que desplazan, por giro, tres filtros sustractivos de gelatina y una platina para bloqueo y

paso de luz hasta el papel.

Por interruptores el computador se entera de la condición mecánica de cada solenoide, tanto para la velocidad de giro, como para las posiciones de los filtros y la platina dentro y fuera del haz de luz; revisión que se efectúa en todas las exposiciones con alarma indicativa y paralización de la impresora en caso de falla.

El rollo de papel fotográfico es llevado a la impresora protegido por una maleta hermetica a la luz, incluso por la ranura que se acopla a la impresora para que sus mecanismos automáticos, de transporte de papel, tomen las cantidades necesarias para las exposiciones.

Las dimensiones en cada avance son medidas en un disco ranurado que gira en el mismo eje del rodillo que ejerce tracción al papel. Cada ranura equivale a media pulgada en la circunferencia del rodillo. Cuando la orden de avance es dada por el computador,

se energiza una bobina cuyo campo magnético orienta fuertemente el polvo de hierro que rodea al acoplamiento con el eje del rodillo comunicándole la rotación que por banda imprime constantemente un motor.

En cada media pulgada de avance el sensor de la ranura envía al computador un pulso, que se va acumulando hasta que la suma alcance la cifra programada de acuerdo al formato de la película que se proyecta en el papel. El movimiento del rodillo será frenado por otra bobina con el mismo sistema de acoplamiento al eje que la bobina de avance. El pulso que activa el freno desactiva el avance por cambio de nivel lógico. Si el papel se traba o avanza en exceso, la cuenta de pulsos no igualará a la programada y se detendrá la impresora y la alarma escrita indicará la naturaleza del fallo.

El papel expuesto se va acumulando en otra maleta, también hermética a la luz, que permite trasladarlo protegido hasta la procesadora.

Los mecanismos que se han descrito constituyen la base de la eficiencia del sistema, principalmente la velocidad del disco de exploración que facilita al computador la información para el proceso digital que determinan las correcciones que se van a utilizar en las exposiciones, así el tiempo de exposición para el negativo de referencia es de 100 milisegundos o sea el 50% menos del tiempo que en la impresora con operador.

El transporte de película alcanza 44 centímetros por segundo, por lo que cada imagen, en una película 135, se desplaza cada 100 milisegundos aproximadamente; el avance de papel se efectúa a razón de 40 centímetros por segundo, necesitándose 290 milisegundos para cada copia de cinco pulgadas que es el tamaño comercial. Calculando la productividad con estos datos deberían sobrepasarse 13.000 copias por hora, pero este cálculo se reduce, en promedio, a 8.000 copias por hora debido a la necesidad de prolongar los tiempos de exposición para compensar la densidad excesiva que presentan los negativos, en nuestro medio, a causa de la tendencia generalizada a la sobreexposición, en unos casos por

mal manejo de las cámaras fotográficas y en muchos deliberadamente por falta de conocimientos adecuados acerca del material fotosensible. Esta práctica tiene consecuencias aun mas perjudiciales, para los laboratorios de fotoacabado, porque los niveles de densidad llegan a ser tan altos que no es posible obtener copias aceptables, ni aun en las repeticiones con correcciones forzadas.

3.4. SUGERENCIAS TECNICAS

El computador empleado en la impresora es el modelo Nova 1220, fabricado por Data General para la compañía Kodak, pero que lamentablemente su diseño no ha sido actualizado, no obstante, su funcionamiento está garantizado por la suficiente cantidad de repuestos existentes en la fábrica.

Es sugerible, sin embargo, que se modifique el computador en su totalidad o como mínimo, parcialmente, en lo que respecta a las memorias y a la unidad central de procesos.

Las actuales memorias son del tipo de núcleo magnetico, muy susceptibles de perder información por corrientes estáticas sin que sea detectable, inmediatamente, el area afectada en el programa, dando lugar a confusiones en la apreciación del resultado de las copias, llegándose a pensar en sutiles fallas mecánicas o errores en el ajuste de los parámetros para los comandos de balance.

El programa necesita 32K de memoria, utilizándose dos circuitos impresos de igual configuración, direccionables de 0 a 16K y de 16 a 32K, este tipo de memorias resulta considerablemente costoso comparadas con las memorias de circuitos integrados que deberían reemplazarlas.

La unidad central de procesos, compuesta por 123 circuitos integrados, en un solo circuito impreso, a un costo tambien elevado puede reemplazarse por un microprocesador.

Se sugiere tambien incluir, en el disco de

exploración, las áreas de evaluación colorimétricas para la lámpara de exposición. En esta sección el olvido del cambio de filtración, de los diópticos de igualación de tiempo, no es detectable y se pueden malograr grandes cantidades de papel con la consiguiente pérdida de tiempo.

Así mismo es necesario modificar el programa para dar mas flexibilidad a las correcciones de densidad, con el objeto de cubrir el exceso de densidad con que llegan las películas al laboratorio en nuestro medio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los tópicos tratados en este informe revelan, concretamente, las teorías seguidas para el diseño de una parte constitutiva del proceso que abarca todo el desarrollo concerniente a obtener un positivo en papel fotográfico, específicamente el equipo de impresión.

Se ha seleccionado esta área del proceso, por que la aplicación de la ingeniería electrónica es imprescindible para su automatización que permite industrializar el sistema.

En general, todo el proceso es dependiente de la tecnología, pero en el sistema de impresión es posible analizar mas claramente la evolución de los pasos que se han seguido tecnológicamente, para llegar a crear el sistema que reemplaza al hombre en tomar una decisión, que debe ser rápida, principalmente, pero acertada para coincidir con la apreciación estética de un conglomerado humano.

Debo dejar constancia que en el Ecuador existe escasez de personal preparado en el campo de la fotografía industrial. Es recomendable que a mas de los altos conocimientos que en el campo de la ingeniería en electrónica imparten las Escuelas Politecnicas, se cuente con la orientación didáctica dirigida a esta area que tiene potencial de aplicación para ingenieros de recientes o anteriores promociones, habida cuenta de la gran cantidad de sistemas completos de proceso fotográfico, ya instalados en el país y del futuro de nuevas formas técnicas de crear fotografías.

B I B L I O G R A F I A

1. RICARDO FOTCHMAN, El ABC de la fotografía en color.
2. SALVAT EDITORES, Enciclopedia Práctica de la Fotografía.
3. EASTMAN KODAK COMPANY, Publication TG 2265-1 Enlargement Center.
4. EASTMAN KODAK COMPANY, Publication 628932 Set up and balancing the Kodak 2610 Color Printer.
5. EASTMAN KODAK COMPANY, Publication 638954 Command Chart; Using the Kodak 2610 Program Serie
6. EASTMAN KODAK COMPANY, Publication 667372 Kodak 2610 Computer, Theory Guide.
7. EASTMAN KODAK COMPANY, Publication TG2212-1 Service Manual Theory Guide 5S-5 Printer.
8. EASTMAN KODAK COMPANY, Publication R-19 Kodak Color Darkroom.
9. EASTMAN KODAK COMPANY, Publication R-20 Kodak Black and White Darkroom.
10. EASTMAN KODAK COMPANY, Publication XP2250-4 Kodak 11-11 Scandisk 2610.
11. EASTMAN KODAK COMPANY, Publication WD 2249-1 Kodak Negative Handling Equipment 2610.
12. EASTMAN KODAK COMPANY, Publication 667405 2620 Color Printer.