

ÍNDIX

1-INTRODUCCIÓ.....	1
1.1-Descripció de l'empresa	1
1.2-Descripció del procés productiu	2
1.3-Material aportat per l'empresa.....	4
1.4-Problema a resoldre	13
1.5-Solució inicial, primer prototipus	15
1.6-Solució proposada	17
1.7-Objectius del projecte	18
1.8-Estructura de la memòria.....	19
1.9-Planificació.....	20
2-EL COLOR.....	21
2.1-LA LLUM.....	21
2.2-Models de Color.....	24
2.2.1-Introducció als models de color	24
2.2.2-El model de color RGB	25
2.2.3-El model de color CMY	27
2.2.4-El model de color CIElab	29
2.2.5-El model de color HSV.....	31
3-ANÀLISI PER SEPARAT DE LES CAPES SOBRE PAPER BLANC	33
3.1-Mesures descriptives	34
3.1.1-La mitjana aritmètica.....	34
3.1.2-La mediana	35
3.1.3-La desviació estàndard.....	35
3.2-Diferències entre capes	37
3.2.1-Resta de components utilitzant diferents espais de color	42
3.2.2-Dades	43
3.2.3-Elecció del model de color emprat.....	47
3.2.4-Conclusions	47

3.3-Resolució sistema d'equacions	48
3.3.1-Dades	50
3.3.2-Conclusions	51
4-ANÀLISI DE LES CAPES SOBRE PAPER GRAVAT..	53
4.1-Alineació automàtica.....	54
4.1.1-Extracció de marges de la imatge.....	56
4.2-Dades.....	57
4.3-Conclusions	58
5-COMPARACIÓ FINAL ENTRE IMATGES.....	59
5.1-Metodologia	59
5.2-Criteri de selecció de capes.....	61
5.3-Procés de comparació de capes entre imatge patró i mostra	63
6-RESULTATS.....	64
6.1-Utilització d'imatges sintètiques	64
6.1.1-Calibració del llindar de tolerància.....	77
6.2-Utilització d'imatges extrems del procés de producció...	82
7-EL PROGRAMA	85
8-TÈCNIQUES I EINES	88
8.1-Obtenció de les imatges: l'escàner.....	88
8.2-Sotware utilitzat: el Matlab.....	89
9-CONCLUSIONS I LÍNIES DE TREBALLS FUTURS....	90
9.1-Conclusions	90
9.2-Línies de treballs futurs	91
BIBLIOGRAFIA	92

1-INTRODUCCIÓ

1.1-Descripció de l'empresa

El present projecte final de carrera es desenvolupa en el marc de col·laboració entre membres del Grup de Visió per Computador i Robòtica de la UDG i l'empresa Tintes S.A, que es dedica a la fabricació de paper imprès imitant productes naturals com la fusta i de creació artística.

Aquesta empresa disposa d'un procés productiu plenament operatiu. Per a elaborar el paper imprès utilitzen una màquina de gravat al buit, el funcionament de la qual i del procés de producció del tintat del paper queda detallat a l'apartat següent.

D'aquesta màquina en surt el paper tintat, el qual s'ha de verificar mitjançant un control de qualitat que duen a terme experts de l'empresa. Aquest control consisteix en comparar manualment la mostra (paper que s'extreu de la màquina) amb uns papers de referència o patró que prenen com a model per a fer la comparació, i analitzar si són iguals o per el contrari s'ha de fer alguna modificació de colors.

L'empresa està interessada a col·laborar per a disposar d'un software de control de qualitat de dos imatges per analitzar diferències de colors, que ajudi a fer més fàcil i precisa la feina dels experts.

1.2-Descripció del procés productiu

Per tal d'obtenir el producte final, es parteix d'un paper base, normalment d'una tonalitat clara, on es superposen 3 capes diferents de pintura. Cada capa de pintura sol estar composta principalment de 3 colors, tot i que poden arribar a utilitzar 4 o més.

Tenen molts tipus de disseny, però normalment la primera capa de pintura s'encarrega d'afegir la part més clara del producte final. Amb la segona capa s'afegeix una mica més de color i per finalitzar, l'última capa afegeix la part més fosca del producte final, per tal d'obtenir el disseny.

Els colors principals que es fan servir per a dur a terme els dissenys són el vermell, el groc, el blau i el marró. A part d'aquests colors també s'utilitza pintura negra per enfosquir i vernís per aclarir.

L'empresa disposa d'unes màquines formades per 3 cilindres encarregats d'afegir al paper les 3 capes de pintura amb l'objectiu d'obtenir el disseny desitjat. Els cilindres tenen el disseny gravat a la seva superfície, per tant cada conjunt de 3 cilindres serveix per a dur a terme un disseny determinat, de tal forma que quan el paper ha passat pels 3 cilindres, impregnats amb les barreges de tintes, queda dibuixat el disseny desitjat en el paper. Aquesta tècnica mitjançant la qual graven el dibuix dels cilindres en el paper s'anomena tècnica del gravat al buit.

El gravat al buit és un sistema d'impressió comercial i artístic que consisteix en gravar petits solcs en els cilindres, com el que es pot veure a la figura 1.1. Els cilindres amb el disseny gravat a la seva superfície es submergeixen en la pintura de forma que els solcs queden plens de tinta. El cilindre impregnat de tinta, es pressiona directament contra el paper per tal que rebi la tinta i quedi imprès el disseny. Prèviament al contacte entre els cilindres i el paper, una rasqueta s'encarrega de netejar la pintura sobrant dels cilindres.

El gravat al buit és un sistema car de posar en pràctica, pel cost que suposen els cilindres i els seus gravats, però molt efectiu i econòmic quan es tracta de produccions a gran escala, com és el cas.



Figura 1.1 Cilindre utilitzat en el sistema del gravat al buit

El paper inicialment està enrotllat en forma de bobina. La màquina agafa el paper i el fa passar pels 3 cilindres per tal que cada cilindre aporti la seva part del disseny, formant el producte final. La barreja dels colors es fa en uns recipients que s'encarreguen d'impregnar els cilindres amb la barreja de les tintes.

En la figura 1.2 es pot observar els diferents elements que formen el sistema del gravat al buit.

- 1-Cilindre amb el disseny gravat a la seva superfície.
- 2-Rasqueta que s'encarrega de netejar la pintura sobrant del cilindre.
- 3-Cilindre de contrapressió que premia el paper contra el cilindre de gravat.
- 4-Recipient que conté la barreja de tintes on es submergeix el cilindre gravat per omplir els solcs amb la pintura
- 5-Paper

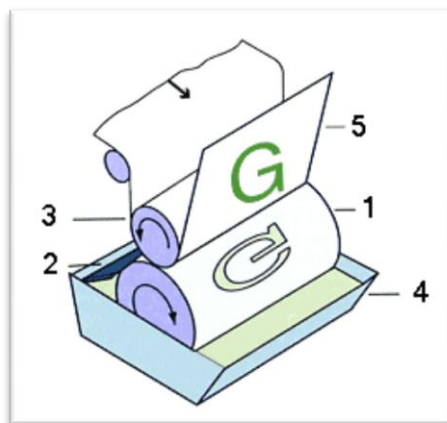


Figura 1.2 Representació del sistema de gravat al buit

En la figura 1.3 es mostra el paper que surt de cadascun dels cilindres per un determinat disseny. La figura 1.4 mostre el producte final obtingut amb la superposició de les 3 capes.

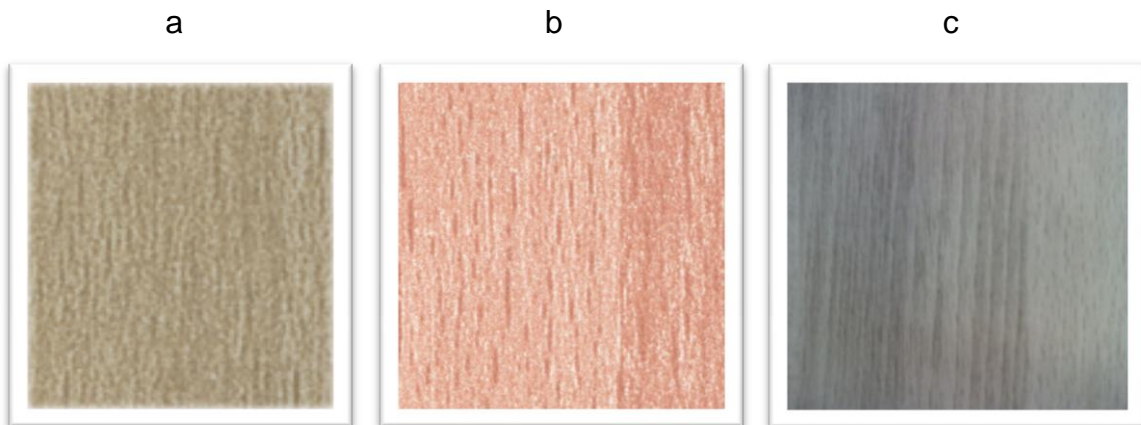


Figura 1.3 Mostra de a) capa 1 b) capa 2 c) capa 3



Figura 1.4 Mostra de producte final (barreja capa 1,2,3)

1.3-Material aportat per l'empresa

Degut a la falta d'informació que es va detectar en la realització del prototipus anterior, l'empresa ha creat unes proves específiques, que aporten informació sobre els elements que conformen el producte final (les capes i les seves tintes) i no només el producte final.

Per a poder fer proves l'empresa ha subministrat 2 tipus de papers per analitzar:

→Paper sense gravat, només hi ha pintat les tintes.

→Paper amb gravat, hi ha pintat les tintes i el disseny gravat.

Per a fer l'anàlisi de diferències entre les mostres, els experts de l'empresa han modificat la formulació de les tintes, creant a partir dels mateixos colors, però variant-ne les quantitats una mostra A1 i una altra B1.

És a dir al I color (capa1), se li ha incorporat un 40% de groc (tinta1, de les 3 que formen una capa) i un 40% de negre (tinta3). Al II color (capa 2) se li ha incorporat un 120% més de vermell (tinta1) i al III color (capa3) se li ha incorporat un 40% de negre (tinta3). Més endavant es veuran gràficament aquestes tintes.

Cal remarcar de nou que aquest material aportat per l'empresa ha estat en part generat fora del sistema productiu, en els laboratoris de I+D d'aquesta, com és veu a la figura 1.5, que per obtenir combinacions del tipus capa 1+3 o 2+3 s'ha de parar específicament la producció i fer les mostres, degut a què el paper ha de passar forçament pels cilindres 1, 2 i 3, en aquest ordre.

En més detall, el paper sense gravat són tot proves que no formen part del sistema de producció, són mostres de tinta sobre paper dels colors que barrejats amb una formulació específica conformen les capes 1,2,3 i que s'utilitzen per emplenar les cubetes dels cilindres en el sistema de producció, com s'observa a la figura 1.5.

En canvi, el paper amb gravat sí que és extret del sistema de producció. Però només el producte final (capa 1+2+3). Les altres combinacions entre capes queden excloses del sistema de producció, perquè el paper sempre segueix el mateix curs.

Per últim cal indicar que els empleats de l'empresa només disposaran del producte final per a fer l'anàlisi, per a no parar la producció. Això cal tenir-ho present per a dissenyar l'aplicació.

La figura 1.6 mostra un resum del conjunt de proves. S'indica a la primera columna de quin mostra es tracta (A1/B1), a la segona sobre quin paper s'apliquen les tintes (paper blanc), a la tercera les capes que preparen (la 1,2,3 combinacions entre elles, i el producte final combinació de les 3), i a l'última el material utilitzat per a fer la mostra (1 cilindre de gravat al buit , més 1 paper DIN A4). Per finalitzar ens indica quins canvis pel que fa a quantitats de color per a fer les capes s'han aplicat a la mostra B respecte a la A.

Disposar d'aquesta informació permet al prototipus a implementar comprovar si les dades que obté corresponen a les indicades per l'empresa per a la mostra A1 i B1.

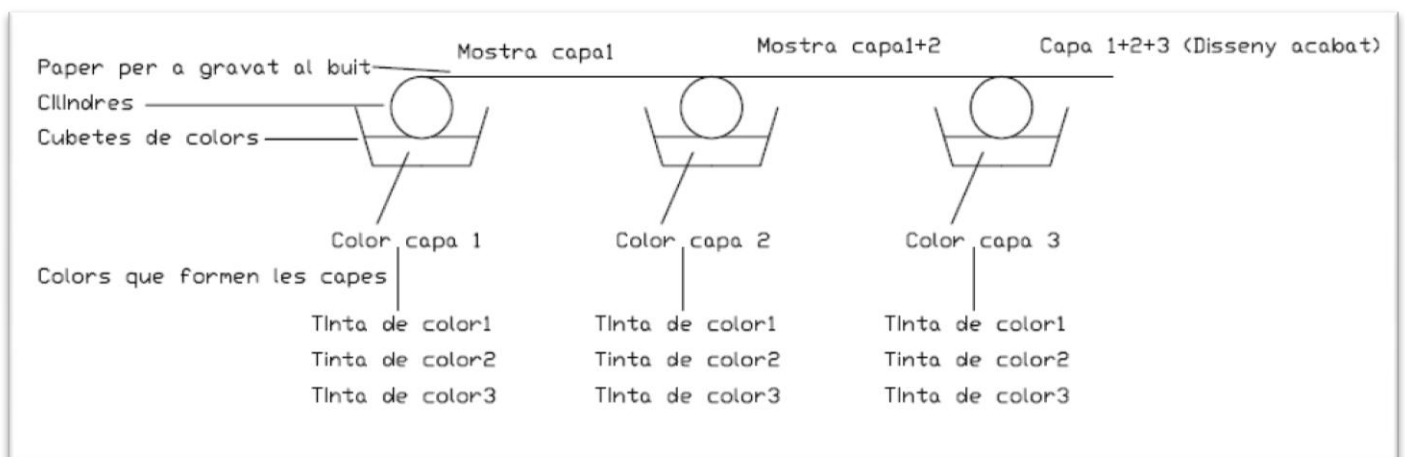


Figura 1.5 Esquema de producció i d'obtenció de les proves

A/1	LA 3007 Paper Blanc	I	color	1 Rotllet + 1 premsada DINA 4
A/1	LA 3007 Paper Blanc	II	color	1 Rotllet + 1 premsada DINA 4
A/1	LA 3007 Paper Blanc	III	color	1 Rotllet + 1 premsada DINA 4
A/1	LA 3007 Paper Blanc	I+II	colors	1 Rotllet + 1 premsada DINA 4
A/1	LA 3007 Paper Blanc	I+III	colors	1 Rotllet + 1 premsada DINA 4
A/1	LA 3007 Paper Blanc	II+III	colors	1 Rotllet + 1 premsada DINA 4
A/1	LA 3007 Paper Blanc	I+II+III	disseny acabat	1 Rotllet + 1 premsada DINA 4
B/1	LA 3007 Paper Blanc	I	color	1 Rotllet + 1 premsada DINA 4
B/1	LA 3007 Paper Blanc	II	color	1 Rotllet + 1 premsada DINA 4
B/1	LA 3007 Paper Blanc	III	color	1 Rotllet + 1 premsada DINA 4
B/1	LA 3007 Paper Blanc	I+II	colors	1 Rotllet + 1 premsada DINA 4
B/1	LA 3007 Paper Blanc	I+III	colors	1 Rotllet + 1 premsada DINA 4
B/1	LA 3007 Paper Blanc	II+III	colors	1 Rotllet + 1 premsada DINA 4
B/1	LA 3007 Paper Blanc	I+II+III	disseny acabat	1 Rotllet + 1 premsada DINA 4

De la prova A a la prova B s'han fet els canvis següents :

Al I color se li ha incorporat un 40 % de groc i un 40 % de negre.

Al II color se li ha incorporat un 120 % de vermell.

Al III color se li ha incorporat un 40 % de negre.

Figura 1.6 Informació que aporta l'empresa en referència a les mostres entregades per a fer proves

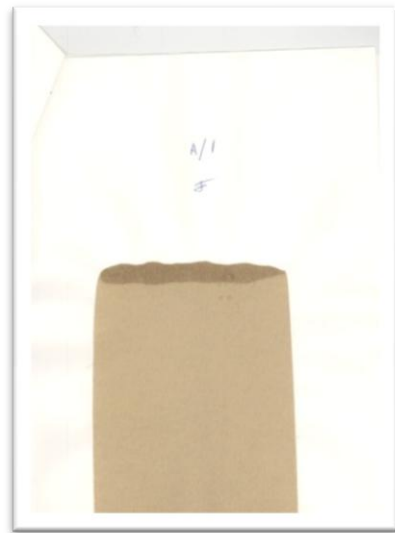
En les figures següents s'observa per a cada mostra A1 i B1, les 3 capes que les formen i quines tintes intervenen a cadascuna de les capes.

→Mostra A1

-Capa1



a

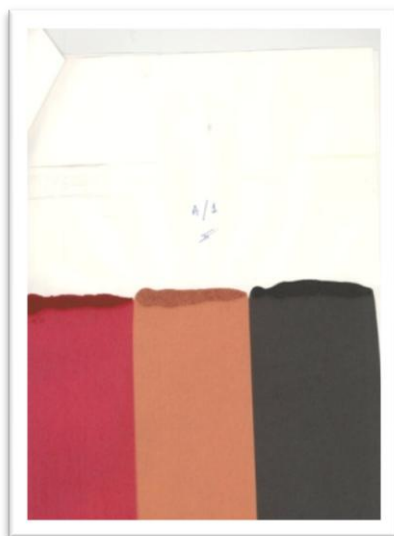


b

Figura 1.7 a) Colors que formen la capa 1

b) Colors barrejats capa 1

-Capa2



a



b

Figura 1.8 a) Colors que formen la capa 2

b) Colors barrejats capa 2

-Capa3



a



b

Figura 1.9 a) Colors que formen la capa 3 b) Colors barrejats capa 3

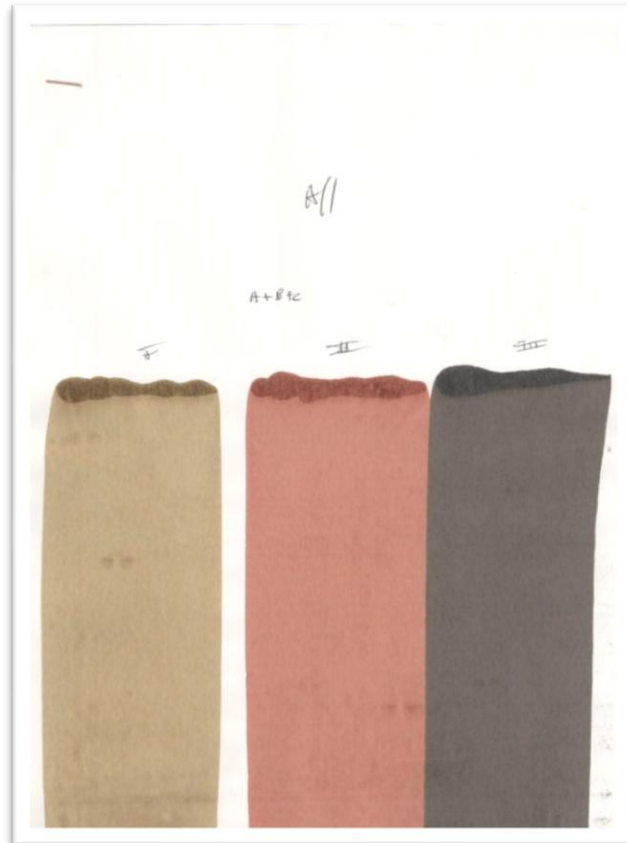


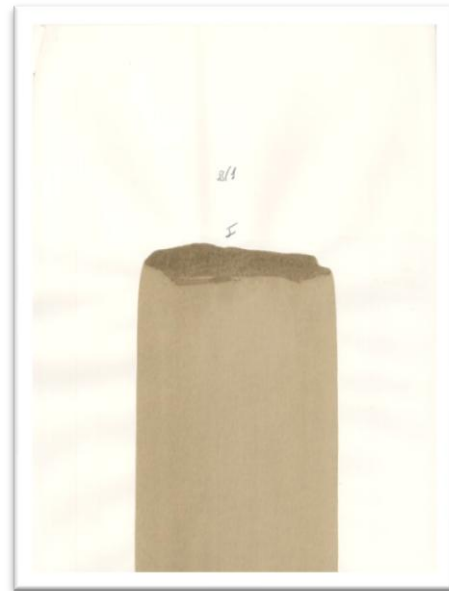
Figura 1.10 Tintes de les 3 capes que formen la mostra A1

→Mostra B1

-Capa1



a



b

Figura 1.11 a) Colors que formen la capa 1 b) Colors barrejats capa 1

-Capa2



a



b

Figura 1.12 a) Colors que formen la capa 2 b) Colors barrejats capa 2

-Capa3



a



b

Figura 1.13 a) Colors que formen la capa 3 b) Colors barrejats capa 3



Figura 1.14 Tintes de les 3 capes que formen la mostra B1

A les figures següents es mostra directament el paper que surt dels cilindres amb el seu disseny de gravat al buit.

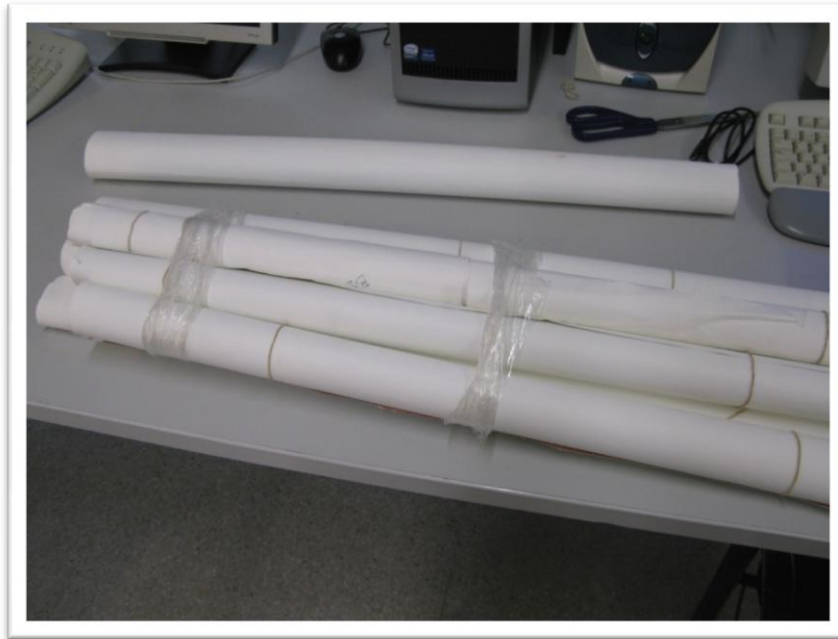


Figura 1.15 Conjunt de bobines de papers que formen les mostres



Figura 1.16 A cada bobina hi ha l' identificació de la mostra i capes que la conformen, en aquest cas mostra B1 formada per capes 1,2,3



Figura 1.17 Producte final de la mostra A1 i B1

1.4-Problema a resoldre

La barreja de les tintes de cada capa es fa mitjançant una formulació on s'indica la quantitat necessària de cada color. Teòricament, per un disseny concret, si s'utilitzen les mateixes fórmules per fer la barreja de tintes, s'hauria d'obtenir sempre el mateix resultat. El problema és que a la pràctica això no es compleix degut a diversos factors, com el tipus de paper, l'estat dels cilindres, la barreja de tintes,...etc.

El paper i la pintura varien depenent del clima i el proveïdor. Tot i utilitzar les mateixes fórmules per fer la barreja de tintes, no s'obté el mateix resultat si el clima és diferent o si el paper és de diversos proveïdors.

Els cilindres a mesura que s'utilitzen pateixen un desgast i la profunditat dels solcs disminueix, influint en la quantitat de tinta que s'insereix sobre el paper. El producte final, utilitzant sempre les mateixes fórmules i tintes, serà diferent depenent de la profunditat dels solcs.

Les barreges de tintes sobrants després de la producció d'un disseny es reutilitzen més endavant. Això es fa així perquè sinó es desaprofitarien molts litres de pintura al dia i no seria gens viable econòmicament. El problema d'aquesta reutilització, és que, amb el pas del temps es produeixen canvis en les propietats de les tintes, i per tant cal modificar la formulació d'aquestes amb l'objectiu d'obtenir el mateix resultat que en la seva primera utilització.

Encara que l'empresa intenta reduir tots aquest factors al màxim possible, no és suficient per no veure el producte final modificat. Per tant s'ha de recórrer a la modificació de les fórmules de les barreges de tintes per a obtenir els resultats desitjats. De fet és l'únic paràmetre que es pot ajustar.

La solució actual de l'empresa consisteix en partir d'una mostra de referència o patró d'un disseny específic, per tal d'anar ajustant les diferents proves de producció a aquesta. Un conjunt d'experts, amb molta experiència, s'encarreguen de comparar la mostra de producció amb la mostra patró de forma visual i de fer les variacions necessàries a les fórmules de cada capa, amb l'ajut solament de sistemes de mesura que es troben fora de la línia de producció, que obtenen les dades de forma lenta (com l'espectrofotòmetre que és una eina per mesurar el color d'una superfície). Amb les noves fórmules realitzen una altre mostra de producció i repeteixen el procés fins a obtenir uns resultats que els experts consideren dins de marges.

El problema és que aquest procés és molt subjectiu, ja que no sempre els especialistes concorden en els canvis que s'haurien de fer a les fórmules, i molt lent ja que requereix anar fent proves fins aproximar-se als valors tolerables.

El problema a resoldre en aquest projecte final de carrera és dissenyar un sistema basat en visió per computador que permeti establir de forma no subjectiva les diferències de colors entre capes del producte que s'està fabricant amb les mostres de referència del catàleg.

1.5-Solució inicial, primer prototipus

El present projecte parteix d'un prototipus inicial desenvolupant en un PFC anterior [1]. El que es detalla a continuació és un resum d'aquell projecte, per a tenir una base, a partir de la qual es desenvoluparà aquest projecte.

El primer que es va pensar va ser crear 3 matrius per cada imatge. Aquestes matrius guardaven els píxels clars, fosc, i mitjans de cada imatge. Finalment es feia la mediana de cada matriu de la imatge ideal i es comparava amb la matriu corresponent de la mostra.

Per decidir si un píxel era fosc, clar o mig, prèviament s'ordenaven tots els píxels de la imatge en un vector i es dividia el vector en 3 parts. Cada part marcava un dels tres tipus de zones. Llavors depenent del valor de cada píxel es podia mirar de quin tipus de píxel es tractava.

Per tal que aquest mesura fos més fiable el vector es va provar de dividir en 5 parts en comptes de 3. La part més propera a zero era la fosca. La segona part es deixava com part de separació de seguretat per tal de no barrejar píxels de zones diferents i agafar únicament els píxels més representatius de cada zona. La tercera part representava els píxels mitjans, la quarta era de separació de seguretat i la última part representava la dels píxels clars. Tot i així, el sistema no va funcionar, es va buscar una nova solució. Va ser decidir canviar el sistema de classificació dels tipus de zones. Amb les imatges alineades es dividien les dues en regions d'una grandària concreta, introduïda per l'usuari. D'aquesta manera sí es podia assegurar que s'analitzaven regions concretes dintre de les imatges, i es podia saber realment que s'estava comparant.

Es va decidir utilitzar la mitjana aritmètica per a representar el valor d'una determinada regió i amb la desviació estàndard es podia apreciar fins a quin punt la mitjana era representativa de la regió.

El procediment que s'utilitzava per a validar les mitjanes de cada regió i determinar si una regió concreta de la imatge de referència havia de ser, o no, comparada amb la seva corresponent a la imatge de prova era el següent:

Primer s'analitzava la desviació estàndard de tots els píxels d'una regió determinada. Si era suficientment petita indicava que aquella regió era suficientment uniforme per pertànyer només a un tipus determinat de zona del paper (clara, fosca o mitja). Així, la zona s'associava respectivament a la 1a capa, a la superposició de la 1a i 2a capes, o bé a totes tres capes.

Finalment es va decidir fer la diferència regió a regió entre les regions de la imatge ideal i les seves corresponents a la imatge mostra, per tal de poder retornar la mitjana, mediana i desviació tipus del conjunt de totes les diferències regió a regió obtingudes per a cada tipus de zona.

Per últim, tenint les diferències entre regions de les mitjanes, medianes i desviació estàndards de cada tipus de zona (fosca, mitja, clara), i utilitzant el model de color CIElab que s'explica al capítol 2.2.4. Segons els valor de les diferències s'arriba a la conclusió que si un tipus de zona per exemple les fosques, la mostra era més clara o més fosca, més vermella o verda o més groga o blava que la referència, mitjançant les components del CIElab.

Exemple de l'aplicació:

	Zones Fosques					Zones Mitjanes					Zones Clares				
	Mostra	Ideal	Diferencia			Mostra	Ideal	Diferencia			Mostra	Ideal	Diferencia		
			Mediana	Mitjana	Desviació			Mediana	Mitjana	Desviació			Mediana	Mitjana	Desviació
+ L - [Grayscale bar]	77.375	76.045	1.32	1.386	+ 0.334	81.133	79.605	1.557	1.603	+ 0.335	84.094	82.603	1.536	1.528	+ 0.175
+ a - [Red-Green bar]	6.853	6.855	-0.007	-0.016	+ 0.134	5.682	5.857	-0.191	-0.193	+ 0.127	4.55	4.823	-0.293	-0.28	+ 0.112
+ b - [Yellow-Blue bar]	17.598	14.987	2.628	2.561	+ 0.629	16.387	14.15	2.068	1.987	+ 0.508	15.771	13.515	1.799	1.915	+ 0.435
Conclusions	La mostra és més clara La mostra és menys vermella La mostra és més groga					La mostra és més clara La mostra és menys vermella La mostra és més groga					La mostra és més clara La mostra és menys vermella La mostra és més groga				

Figura 1.18 Resultats retornats per l'aplicació

El principal problema del prototipus anterior i que s'intenta corregir donant una altra solució en el present projecte, és la selecció de capes en el producte final.

El fet de separar en zones fosques, clares i mitges les regions comporta molts problemes, deguat a què no es pot saber al 100% si aquella zona prové d'una capa o es superposició de varies. Un altre problema era agafar molts píxels alhora per classificar-los. En una imatge on hi ha 3 capes superposades és

molt complicat, per petita que sigui la zona, que tots pertanyin a una mateixa capa, per tant, els píxels pertanyents a una altra zona falsejaven els resultats.

1.6-Solució proposada

La solució adoptada en aquest projecte és descompondre el producte final en capa1, capa2 i capa3, per a poder comparar amb les respectives capes de l'altra mostra. Un cop feta aquesta separació s'haurà de mirar exactament quina variació s'ha d'aplicar a les fórmules de cada capa, afegint o disminuint la quantitat dels 3 colors que conformen cada capa, per tal d'aconseguir que la mostra que s'està modificant s'assembli el màxim possible a la mostra patró o de referència.

Per aconseguir el màxim de exactitud són claus dos conceptes. El primer és el de selecció en capa 1,2,3 cadascuna de les zones del producte final, que és superposició de les 3 capes, i el segon és que les zones que s'està comparant pertanyin a la mateixa regió de la imatge en les dues mostres, la patró i la que surt de producció.

La solució adoptada, consisteix en classificar píxel a píxel de la imatge, a partir de les components RGB que s'han obtingut de l'anàlisi de les capes per separat. Aquest és un problema que impossibilita d'atacar en l'anterior prototipus, ja que no disposava de les capes per separat. A partir de la imatge final, no es podia deduir quines capes la composaven.

Un altre aspecte important que s'ha modificat respecte l'anterior prototipus ha sigut l'espai de color i per conseqüència el mètode de comparació de zones.

S'ha decidit fer servir l'espai de color RGB molt més intuïtiu i amb més possibilitats que l'espai de color CIElab, que és molt sensible als petits canvis i difícil de calibrar, degut a que els rangs no són iguals per a cadascuna de les seves components i no és lineal, la qual cosa es totalment incompatible amb el nou sistema de comparació de capes utilitzat, que ja no fa la diferència entre components de l'espai de color, sinó que fa servir un sistema d'equacions lineals amb 3 incògnites.

Amb aquest nou sistema s'intenta anar un pas més enllà respecte el seu antecessor, i no només diu si una imatge és, per exemple més vermella o groga. Aquesta nova solució permet donar una idea al experts del color que s'ha de modificar , a més a més de la quantitat de color que s'ha de modificar.

1.7-Objectius del projecte

L'objectiu d'aquest projecte és realitzar l'anàlisi, disseny i implementació de la nova eina per analitzar les diferències entre el paper que s'està produint i les mostres de referència, que millori els resultats obtinguts pel prototipus anterior i faciliti la interpretació dels resultats obtinguts, per part dels operaris de l'empresa.

Aquesta aplicació hauria de ser capaç de, partint de dos imatges escanejades que anomenem patró i mostra (corresponent respectivament a les imatges de referència i de la mostra de producció):

a) Classificar adequadament els píxels a la capa corresponent, o en el seu defecte no classificar-los, si no es pot decidir que pertanyen a cap capa o és superposició de més d'una.

b) Fer la comparació entre les imatges, i retornar un resultat quantitatiu que indiquin les modificacions necessàries a fer per a cada capa de la mostra de producció, per tal de que s'ajusti al màxim a la imatge de referència.

Estudi de casos reals i validació dels resultats.

1.8-Estructura de la memòria

Aquesta memòria està estructurada principalment en 9 capítols:

En el primer i el segon capítol s'expliquen alguns conceptes teòrics directament relacionats amb el projecte. Aquesta part està formada per explicacions sobre la llum i els models de colors.

En el tercer capítol s'explica la primera fase del projecte, on es duu a terme la comparació de imatges sense gravat, només les tintes, utilitzant la resta de components com en el prototipus anterior, per finalment utilitzar un nou sistema de resolució d'equacions lineals, que proporciona informació sobre els colors i quantitats d'uns respecte els altre per a modificar-los si s'escau convenient. Finalment es mostren proves amb diversos espais de colors i s'extreu una conclusió del perquè s'ha triat el model de color RGB per a dur a terme aquest projecte i no un altre.

En el quart capítol es repeteix el procediment del segon, però les imatges estan gravades al buit, per a comparar resultats i veure si són iguals, primerament explicant el procés d'alineació de imatges.

En el cinquè capítol s'explica la metodologia que s'ha de seguir per comparar les capes de dos imatges, que tenen les capes superposades, la comparació dels píxels entre capes, passant pel criteri de selecció de píxels pertanyents a una capa determinada.

En el sisè capítol s'explica els resultats d'aplicar la metodologia explicada en el capítol anterior, en imatges sintètiques creades per a comprovar resultats, i en imatges reals del procés de producció.

En el setè capítol s'explica com s'ha creat el programa seguint les pautes marcades al capítol 5, i com s'ha d'utilitzar.

En el vuitè capítol s'explica les eines que s'ha utilitzat per realitzar aquest sistema de Visió per Computador. El sistema d'adquisició d'imatges (Escàner) i el sistema de processat d'imatges (Matlab).

El novè capítol, està format per les conclusions obtingudes en la realització del projecte, i les línies de treballs futurs que s'haurien de seguir per a fer-lo més complet.

1.9-Planificació

La planificació per dur a terme el projecte consta dels següents punts:

- 1.-Estudi del projecte antecessor. Disseny i implementació d'un prototipus de control de qualitat mitjançant visió per computador.
- 2.-Estudi del software a utilitzar, Matlab i programa d'alineació del departament de Visió per Computador i Robòtica
- 3-Configuració escàner i escanejar imatges per començar les proves
- 4-Anàlisi de capes separades sense gravat
- 5-Canvis en el que es proposa del sistema de comparació d'imatges
- 6-Anàlisi de capes per separat amb el sistema
- 7-Anàlisi de capes per separat amb gravat
- 8-Anàlisi del producte final
- 9-Disseny i implementació de l'aplicació
- 10-Estudi dels Resultats
- 11-Conclusions

Apart després de cada punt correspon documentar els passos per tal d'anar de mica en mica. Òbviament al final s'haurà de dedicar més temps per a unir-ho.

	2008		2009					
	Novembre	Desembre	Gener	febrer	Març	Abril	maig	Juny
1.-Estudi del projecte antecessor	3--21							
2.-Estudi del software a utilitzar, Matlab i programa d'alineació del departament de Visió per Computador i Robòtica	24--28	1--19						
3-Configuració escàner i escanejar imatges per començar les proves			1--15					
4-Anàlisi de capes separades sense gravat			19--25	1--8				
5-Canvi del sistema de comparació d'imatges				13--22				
6-Anàlisi de capes per separat amb el nou sistema					4--19			
7-Anàlisi de capes per separat amb gravat						2--8		
8-Anàlisi del producte final, imatge amb les 3 capes barrejades						10--22		
9-Disseny e implementació de l'aplicació						23--28	3--18	
10-Estudi dels Resultats							18--30	
11-Conclusions								2--10
12-Redactar memòria del projecte		29--31	26-30	23--27	23--27	27--30	11--31	1--12

Figura 1.19 Diagrama de planificació de tasques

2-EL COLOR

En aquest capítol s'expliquen alguns conceptes teòrics relacionats amb el projecte, que són una base per a entendre millor com l'esser humà capta els colors i com els representa per a poder treballar-hi còmodament, en la recerca de solucions a problemes relacionats amb aplicacions que treballen amb colors.

2.1-LA LLUM

La llum és la porció de l'espectre electromagnètic visible per l'ull humà, però també pot incloure altres formes de radiació electromagnètica. La llum visible és aquella porció de l'espectre electromagnètic amb longituds d'ona entre aproximadament 350 nm i 750 nm (a l'aire).

Fora de l'abast de la visió humana existeixen altres radiacions amb longitud d'ona diferent que formen l'espectre complet. Poden tenir longituds d'ona inferiors a la mínima de l'espectre visible (raig gamma, raig X, ultraviolats..) o superiors (infraroig, microones, radio). L'espectre complet es pot veure de forma gràfica a la figura 2.1.

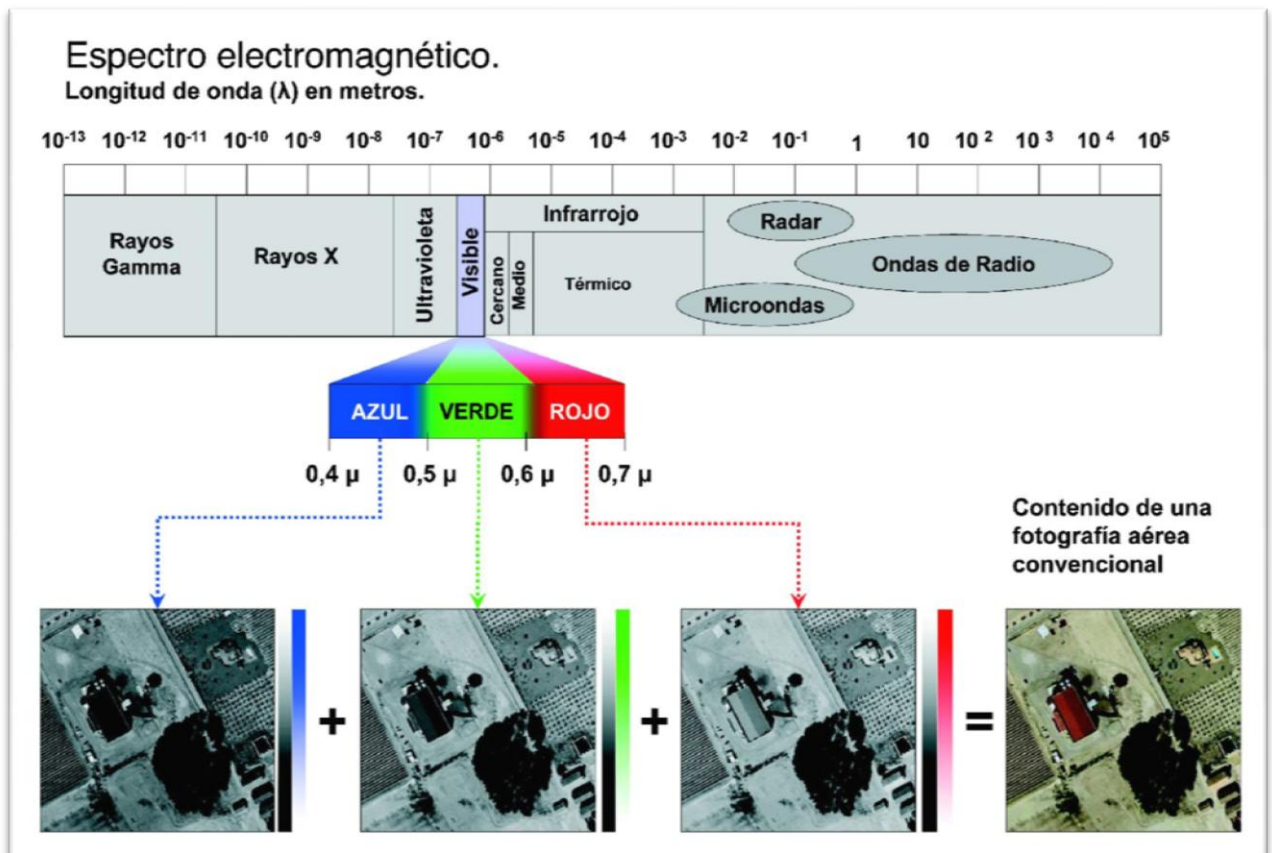


Figura 2.1 Espectre complet d'ones electromagnètiques.

En tota radiació lluminosa es pot distingir dos aspectes: un quantitatiu, la seva intensitat, i un altre qualitatiu, la seva cromaticitat. Aquesta última està determinada per dos sensacions que aprecia l'ull humà: la tonalitat i la saturació. Una llum composta per ones electromagnètiques d'una única longitud d'ona de l'espectre visible és qualitativament diferent d'una llum d'una altra longitud d'ona. Aquesta diferència qualitativa es percep subjectivament per l'ull humà com a tonalitat. Per exemple la llum amb longitud d'ona de 750 nanòmetres es percep com a llum vermella, i la llum amb longitud d'ona de 350 nanòmetres com a violeta.

Color	Interval de longitud d'ona	Interval de freqüència
violat	~ 380 a 430 nm	~ 790 a 700 THz
blau	~ 430 a 500 nm	~ 700 a 600 THz
cian	~ 500 a 520 nm	~ 600 a 580 THz
verd	~ 520 a 565 nm	~ 580 a 530 THz
groc	~ 565 a 590 nm	~ 530 a 510 THz
taronja	~ 590 a 625 nm	~ 510 a 480 THz
vermell	~ 625 a 740 nm	~ 480 a 405 THz

Figura 2.2 Taula amb les longituds d'ona de cada radiació de l'espectre visible.

La llum blanca és la suma de totes les ones electromagnètiques quan les seves intensitats són aproximadament iguals. La llum blanca composta per varis colors, influeix sobre cada objecte i en funció de les seves propietats de reflexió alguns colors són absorbits i altres es reflecteixen (als que percep l'ull).

Amb això es pretén dir que, que el color per si sol no existeix, sinó que depèn de la llum, i de les propietats de reflexió dels objectes per tal que l'ull pugui percebre'l. En l'obscuritat l'ull humà no pot percebre els colors i a mesura que la intensitat de la llum va augmentant, l'ull comença a percebre els colors cada cop amb més intensitat.

A la figura 2.3 es pot observar que per tal que l'ull humà percebi el color d'un objecte s'ha d'il·luminar amb llum blanca. En aquest exemple es veu com els materials de color absorbeixen les longituds d'ona de llum blanca de forma selectiva i solament reflecteixen les del seu propi color, la resta les absorbeixen, i aquestes ones electromagnètiques reflectides són captades per l'ull humà.

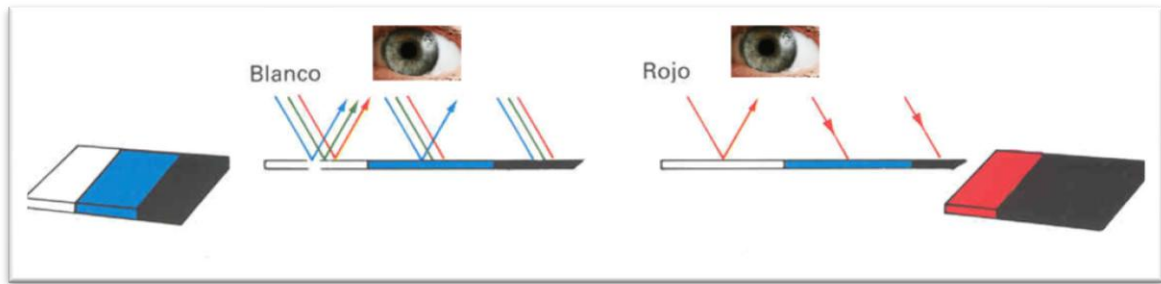


Figura 2.3 Exemple de l'absorció i reflexió de la llum

La llum, com tot element físic, té un comportament estable, d'acord amb els següents paràmetres.

1. Es propaga a partir de la font emissora en totes les direccions possibles i en forma d'ones perpendiculars a la direcció del desplaçament. Diferents longituds d'ona proporcionen als nostres ulls diferents sensacions de color.

2. La llum viatja en línia recta dintre d'una substància de composició uniforme mentre no hagi res que la desviï i mentre no canviï el mitjà a través del qual s'està propagant. La propagació en línia recta es pot apreciar en els raigs de sol quan travessen una atmosfera tèrbola, per exemple sobre boira en un bosc o en els raigs produïts per il·luminació d'espectacles en escenaris amb fum artificial.

3. La llum es desplaça a la velocitat de 300.000 km/s en el buit. En l'aire es mou lleugerament més lentament, i encara més a través de substàncies més denses com l'aigua o el vidre.

4. La llum està composta per partícules d'energia – anomenats fotons – que originen canvis químics i reaccions elèctriques. Òbviament, com més intensa és la llum, més fotons conté. Aquestes partícules d'energia són les que fan possible l'enregistrament d'imatges en suports fotosensibles.

2.2-Models de Color

En aquest capítol s'expliquen els principals models de color que hi ha i les seves característiques. D'aquesta manera es pot analitzar quin model de color s'adequa més al problema que s'intenta resoldre.

Els models de color estudiats són RGB (el més utilitzat), CMY que és el que utilitzen moltes impressores en les seves tintes, CIElab que és l'utilitzat per el prototipus antecessor a aquest projecte, i per finalitzar l'HSV que calcula valors de lluminància, to i saturació.

2.2.1-Introducció als models de color

Es necessita un mètode precís per a definir els colors. Els models de color proporcionen diversos mètodes per a definir-los, i cada model defineix els colors mitjançant components de color específics.

Els colors mai es veuen iguals, des de que es capten amb una càmera digital o un escàner, fins que s'imprimeixen en un paper fotogràfic, en impremta o fins i tot quan es veuen a través de diferents monitors.

Això es degut en part a què els diferents dispositius (monitors, impressores, escàners, càmeres digitals...) funcionen amb un espai de color diferent (veure figura 2.4). Una incorrecta transformació del color, o l'absència d'aquesta, genera incoherències de color. En canvi la transformació correcte dels valors de color produeix la coherència de color.

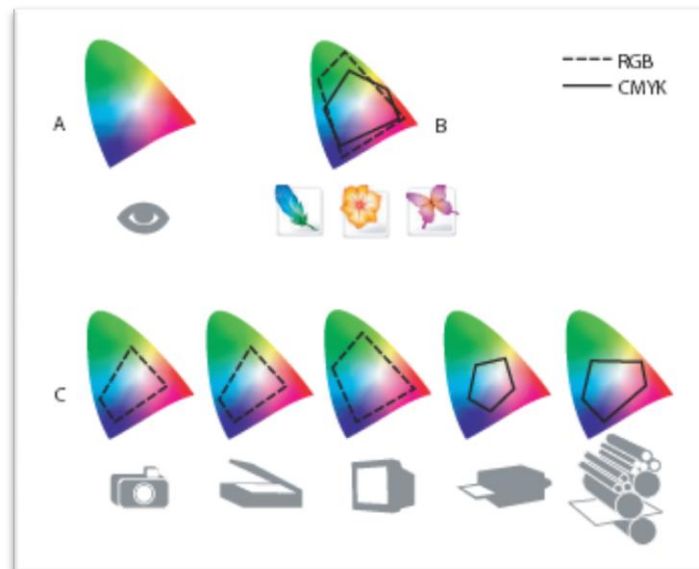


Figura 2.4 Espais de color de diversos dispositius

Els models de color són els que descriuen numèricament i classifiquen d'una forma organitzada un color. Per altra banda la gamma de colors que es poden produir utilitzant cada model, es denomina espai de color. D'aquesta manera, els models de color determinen la relació de valors numèrics i l'espai de color defineix el significat d'aquests valors com a colors.

Per exemple, un monitor CRT i un monitor LCD utilitzen el model RGB per a produir colors, però com que utilitzen diferents medis per a visualitzar-los, la gamma (espai) de color d'ambdós serà diferent.

2.2.2-El model de color RGB

És el model per defecte en imatge digital. És el que respon als colors vermell (R), verd (G) i blau (B), i és el mateix que s'utilitza en càmeres digitals, monitors de televisió i de computadors, escàners i sistemes d'impressió. Aquest model de colors és l'adequat per representar imatges que seran mostrades en monitors o que seran impreses sobre paper fotogràfic.

La descripció RGB (de l'anglès Red, Green, Blue; "vermell, verd, blau") d'un color fa referència a la composició del color en termes de la intensitat dels colors primaris amb què es forma: el vermell, el verd i el blau.

És un model de color basat en la síntesi additiva, amb el qual és possible representar un color mitjançant la barreja per addició dels tres colors de llum primaris. Indicar que el model de color RGB no defineix per si mateix el que significa exactament vermell, verd o blau, raó per la qual els mateixos valors RGB poden mostrar colors notablement diferents en diferents dispositius que puguin utilitzar aquest model de color.

També cal tenir present que cada model de color pot produir diferents espais de color, exemple, Adobe RGB (photoshop), sRGB (càmeres digitals), Apple RGB (monitors),...etc.

Per a indicar amb quina proporció es barregen cada color, s'assigna un valor a cadascun dels colors primaris, de manera, per exemple, que el valor 0 significa que no intervé en la barreja i, a mesura que aquest valor augmenta, s'entén que aporta més intensitat a la barreja. Encara que l'interval de valors podria ser qualsevol (valors reals entre 0 i 1, valors sencers entre 0 i 37, etc.), és freqüent que cada color primari es codifiqui amb un byte (8 bits). Així, de manera usual, la intensitat de cadascuna de les components s'amida segons una escala que va del 0 al 255 . Així doncs, el vermell s'obté amb (255,0,0), el verd amb (0,255,0) i el blau amb (0,0,255), obtenint en cada cas un color resultant monocromàtic.

L'absència de color —el que nosaltres coneixem com color negre— s'obté quan les tres components són 0, (0,0,0). La combinació de dos colors a nivell 255 amb un tercer en nivell 0 dóna lloc a tres colors intermedis. D'aquesta forma el groc és (255,255,0), el cyan (0,255,255) i el magenta (255,0,255). Òbviament, el color blanc es forma amb els tres colors primaris al seu valor màxim (255,255,255). Quan els valors dels tres components son idèntics, s'obté una tonalitat de color gris.

A la figura 2.5 es pot observar la codificació dels valor RGB dels principals colors que es poden fer amb aquest model de color els color additius i substractius, més el blanc i negre. I a la figura 2.6 la seva representació gràfica en un cub.

RGB	R	G	B
Vermell pur	255	0	0
Verd pur	0	255	0
Blau pur	0	0	255
Negre pur	0	0	0
Blanc pur	255	255	255
Combinació			
groc	255	255	0
cyan	0	255	255
magenta	255	0	255

Figura 2.5 Taula de rangs RGB per a colors codificats amb 8 bits

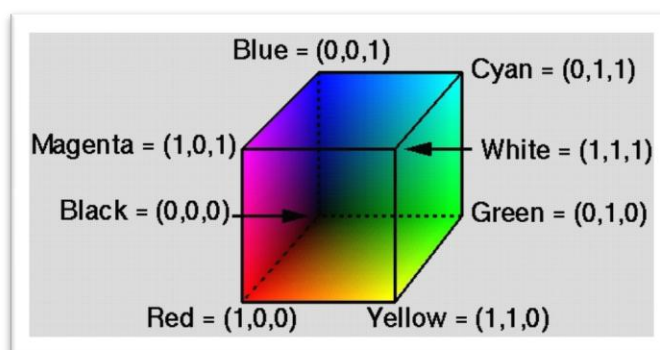


Figura 2.6 Representació gràfica del model RGB

A la figura 2.7, es mostra com es codifica una imatge amb 3 matrius. Cada component RGB té una matriu que guarda el valor de cadascun dels píxels. Com s'observa el píxel de la figura 2.7 té la mateixa posició a cada matriu.

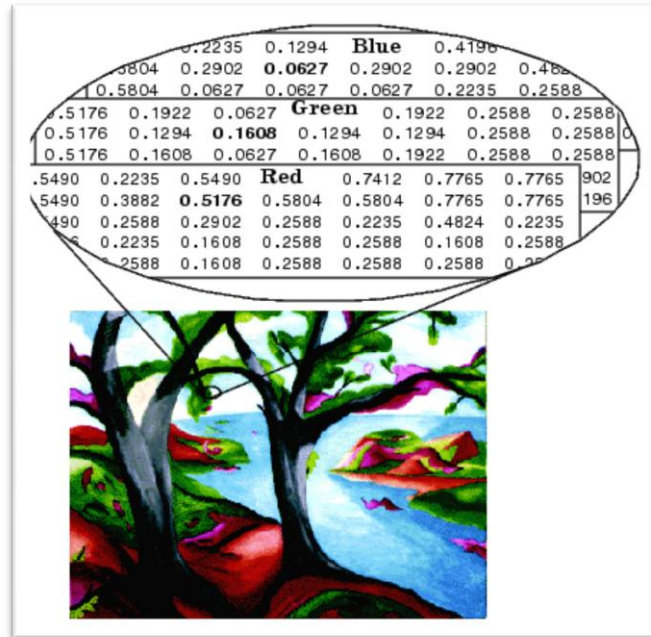


Figura 2.7 Codificació d'una imatge RGB en matrius tridimensionals

2.2.3-El model de color CMY

És el model per defecte en sistemes d'impressió fotomecànica. Aquest sistema respon a una idea totalment oposada a l'anterior, ja que, en comptes de basar-se en una font de llum per generar barreges de colors primaris, es basa en la propietat de la tinta impresa en paper d'absorbir o rebutjar la llum que rep.

És basa en els colors cian (C), magenta (M) i groc(Y). També és anomenat substractiu o de pigment, ja que a l'anar restant diferents quantitats de color de la barreja dels seus components s'obté el blanc. És el més utilitzat en sistemes làser, impremta,...etc.

Els colors substractius (CMY) i els additius (RGB) són complementaris. Cada parell de colors substractius crea un color additiu i viceversa. Això es pot veure a la figura 2.8, que representa la barreja de colors substractius i additius respectivament.

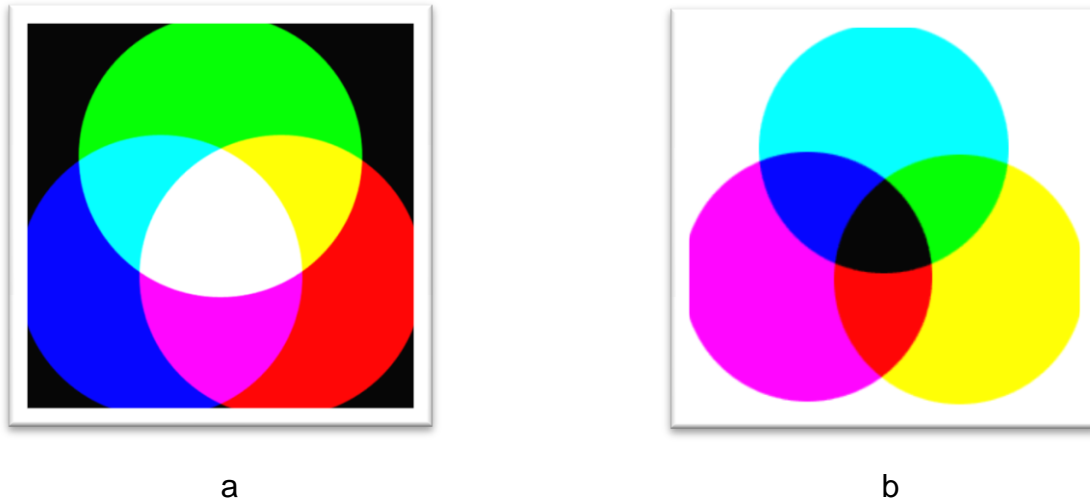


Figura 2.8 a) Representació del model RGB i b) Representació del model CMY

A l'espai RGB la combinació dels colors primaris s'obté el blanc pur. En canvi, la combinació de cian, magenta i groc s'aconsegueix un gris fosc "brut", que no arriba a ser negre. Per això es necessita combinar aquest tres colors complementaris amb un quart, que és el negre, i d'aquesta manera s'obté el negre pur. Aquest model es anomenat CMYK, K es l'última lletra de black "negre", per a no confondre-ho amb B blue "blau".

A la figura 2.9 es pot observar la codificació dels valor CMY (ideal) dels principals colors que es poden fer amb aquest model de color els color additiu i substractiu, més el blanc i negre. I a la figura 2.10 la seva representació gràfica en un cub.

CMY	C	M	Y
vermell	0	255	255
verd	255	0	255
blau	255	255	0
Negre pur	255	255	255
Blanc pur	0	0	0
Combinació			
groc pur	0	0	255
cyan pur	255	0	0
magenta pur	0	255	0

Figura 2.9 Taula de rangs CMY per a colors codificats amb 8 bits

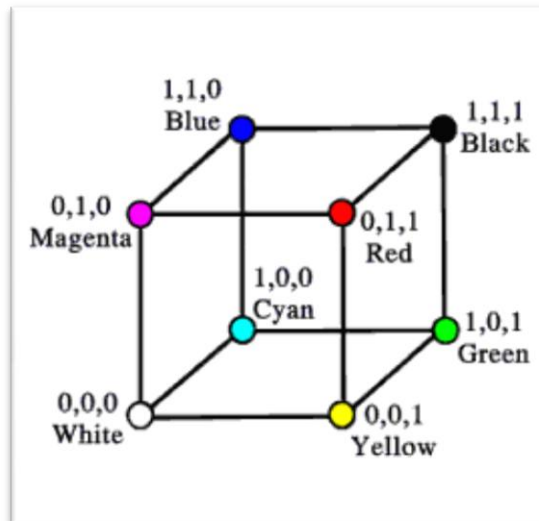


Figura 2.10 Representació gràfica del model CMY

2.2.4-El model de color CIElab

Aquest model existeix des de l'any 1976 que va ser definit per la CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*) i va ser establert com un estàndard internacional de manipulació de color. És anomenat Lab, perquè té 3 canals.

-L: Indica un valor de Luminositat

El component de Luminositat (L) oscil·la entre 0 i 100, el component A (eix verd-vermell) i el component B (eix blau-groc) poden estar compresos entre -120 i +120.

Amb el component L s'indica la Luminositat de forma que com més s'apropi el valor que representa el component L a 0 més fosc serà el píxel

-A: representa valors cromàtics verd/vermell

Amb el component A s'indica fins a quin punt el píxel és vermell o verd. Per valors positius el píxel contindrà més quantitat de vermell que de verd, per contra per valors negatius, el píxel serà més verd que vermell.

-B: representa valors cromàtics blau/groc

Amb el component B s'indica fins a quin punt el píxel és groc o blau. Per valors positius el píxel contindrà més quantitat de groc que de blau, per contra per valors negatius, el píxel serà més blau que groc.

Per tant, qualsevol píxel representat amb el model de color CIELAB estarà format per 3 components.

A la figura 2.11 es pot observar la codificació dels valor LAB dels principals colors que es poden fer amb aquest model de color. I a la figura 2.12 la seva representació gràfica en una esfera.

LAB	L	A	B
Vermell pur	53,2406	80,0942	67,2015
Verd pur	87,7351	-86,1813	83,1775
Blau pur	32,2957	79,187	-107,8617
Negre pur	0	0	0
Blanc pur	100	0	0
Combinació			
groc	97,1395	-21,5524	94,4758
cyan	91,1133	-48,0886	-14,131
magenta	60,3235	98,2352	-60,8255

Figura 2.11 Taula de rangs CIElab respecte valors RGB

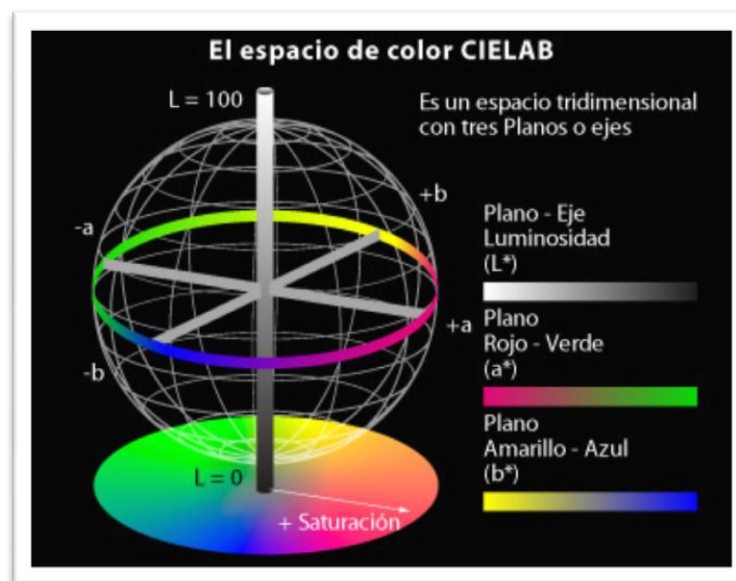


Figura 2.12 Representació gràfica del model CIElab

2.2.5-El model de color HSV

El model HSV va ser creat el 1978 per Alvy Ray Smith. Es tracta d'una transformació no lineal de l'espai de color RGB, i es pot usar en progressions de color.

El model HSV (de l'anglès Hue, Saturation, Value – Tonalitat, Saturació, Valor), defineix un model de color en termes dels seus components constituents en coordenades cilíndriques:

- Tonalitat, el tipus de color (com vermell, blau o groc). Es representa com un angle. Els valors possibles del qual van de 0 a 360° (encara que per a algunes aplicacions es normalitzen del 0 al 100%). Cada valor correspon a un color. Exemples: 0 és vermell, 60 és groc i 120 és verd.
- Saturació. Es representa com la distància a l'eix de lluminància negre-blanc. Els valors possibles van del 0 al 100%.
- Valor del color, la lluminància del color. Representa l'alçada en l'eix blanc-negre. Els valors possibles van del 0 al 100%. 0 sempre és negre. Depenent de la saturació, 100 podria ser blanc o un color més o menys saturat.

A la figura 2.13 es pot observar la codificació dels valors RGB dels principals colors que es poden fer amb aquest model de color els colors additius i substractius, més el blanc i negre. I a la figura 2.14 la seva representació gràfica en un con invertit.

HSV	H	S	V
vermell	0	1	1
verd	0.3333	1	1
blau	0.6667	1	1
Negre	0	0	0
Blanc	0	0	1
groc	0.1667	1	1
cyan	0.5000	1	1
magenta	0.8333	1	1

Figura 2.13 Taula de rangs HSV respecte valors RGB

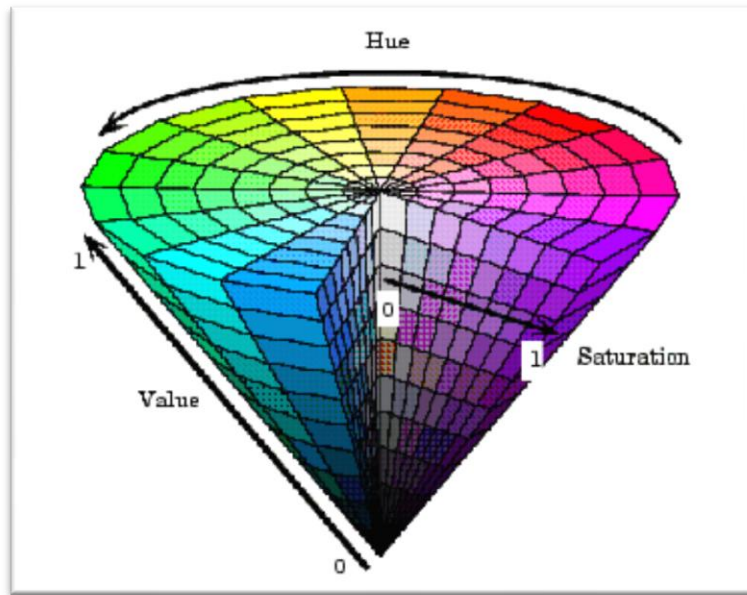


Figura 2.14 Representació gràfica del model HSV

3-ANÀLISI PER SEPARAT DE LES CAPES SOBRE PAPER BLANC

Un cop assentades les bases tècniques, en aquest capítol el que s'intenta és veure capa a capa, si es compleixen les diferències de quantitats que els experts de l'empresa han aplicat a les mostres proporcionades.

Les imatges proporcionades són paper blanc sense gravat, tal com s'ha mostrat a l'apartat 1.3.

En aquestes imatges només hi ha les tintes dels colors que s'utilitzen en la formulació per a crear les capes del producte final.

El que volem extreure d'aquestes imatges és el valor R,G,B dels colors de cada capa de la mostra A1, i comparar-lo amb els colors R,G,B de cada capa de la mostra B1.

Per a conèixer les components RGB dels colors s'utilitzen mesures descriptives sobre els píxels de les imatges. Aquestes imatges són digitalitzades amb un escàner, com s'explica al capítol 8.

Un cop conegut els valors dels colors de cada capa de la mostra A1 i B1, s'ha de procedir a la comparació. En primer lloc s'utilitza la resta de components directament (apartat 3.2), sense bons resultats, per a després utilitzar un nou mètode basat en la resolució d'equacions lineals (apartat 3.3).

Per a cada sistema, s'anoten els resultats, i s'extreuen les conclusions.

3.1-Mesures descriptives

L'objectiu bàsic de les mesures descriptives és presentar d'una manera resumida la informació continguda en un conjunt de dades.

Hi ha diferents tipus de mesures descriptives, però aquest projecte utilitza especialment dos tipus, per a dur a terme els càlculs: les mesures descriptives de centralització i les de dispersió.

Dins de les de centralització tenim la mitjana i la mediana. Aquestes mesures tenen com a objectiu sintetitzar les dades en un únic valor representatiu, ja que tendeixen a localitzar la part central d'una determinada mostra.

En canvi les mesures de dispersió, com la desviació estàndard representen fins a quin punt aquestes mesures de tendència central son representatives com a síntesi de la informació. Les mesures de dispersió quantifiquen la separació o variabilitat dels valors de la distribució respecte el valor central.

Pel que respecte al projecte, és necessari etiquetar cada color de les capes, amb unes components R G B que són les del color amb que s'impregnen els cilindres, per a poder fer comparacions amb altres colors també etiquetats.

Per exemple: Mostra A1 Capa1 Color1 R(205)G(140)B(120)
Mostra B1 Capa1 Color1 R(190)G(130)B(110)

Per a extreure els valors RGB globals dels píxels d'una imatge, es poden utilitzar varies mesures descriptives, les característiques d'aquestes s'especifiquen a continuació.

3.1.1-La mitjana aritmètica

La mitjana aritmètica és el terme mitjà aritmètic de la mostra, és a dir, el quocient entre la suma de totes les dades i el número de dades.

La mitjana aritmètica pot ser denominada com el centre de gravetat d'una distribució, el qual no es necessàriament la meitat.

Donats els valors a_1, a_2, \dots, a_n , on "n" és el número total de valors que hi ha a la distribució, la mitjana aritmètica seria igual a:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i = (a_1 + \dots + a_n)/n$$

Figura 3.1 Fórmula de la mitjana aritmètica

3.1.2-La mediana

La mediana és el valor que separa per la meitat els valors de la mostra ordenats de menor a major, o viceversa, de tal forma que el 50% dels valors de la mostra són menors a la mediana i l'altre 50% són majors. Si el número de dades és imparell, la mediana serà el valor central. Si pel contrari, el número de dades és parell la mediana equivaldrà a la mitjana aritmètica dels dos valors centrals.

Entre les propietats de la mediana, es poden destacar les següents:

-Com a mesura descriptiva, té l'avantatge de no estar afectada per les dades extremes, ja que no depèn dels valors que pugui contenir una mostra determinada, sinó de l'ordre d'aquests.

-Com a conseqüència d'aquesta primera propietat, la seva utilització és adequada en distribucions asimètriques.

3.1.3-La desviació estàndard

Es pot pensar amb la dispersió de les observacions com el desviament de cadascuna d'elles respecte a la mitjana de la distribució.

Està clar, que si es tenen tants desviaments com observacions per mesura la dispersió total necessita d'un terme mitjà que indiqui quant es desvia cada observació de la mitjana. No obstant això, degut al què representa la pròpia definició de mitjana aritmètica, no es pot fer un terme mitjà dels desviaments respecte la mitjana, ja que la seva suma és zero.

Per tant, una possibilitat és prendre una mesura de dispersió que trobi el terme mitjà dels desviaments elevats al quadrat. Sota aquesta idea es va definir el concepte de desviació estàndard d'una mostra d'observacions com l'arrel quadrada de la suma dels desviaments al quadrat dividit per el número de valor observats menys 1, o expressat de forma més matemàtica:

$$SD = \sqrt{\frac{\text{sumadeldesviosalcuadrado}}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (X_{abs.} - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Figura 3.2 Expressió de la desviació estàndard

Cal destacar que la desviació estàndard és una mesura de variabilitat de les observacions respecte a la mitjana aritmètica, d'aquesta manera, una gran desviació estàndard mostra que la distribució de dades està àmpliament extensa al voltant de la mitjana, mentre que una desviació estàndard petita

indica que la distribució de les dades està molt concentrada al voltant de la mitjana amb poca variabilitat entre les diferents observacions.

Algunes característiques de la desviació estàndard són les següents:

- Descriu la variabilitat o dispersió, i per tant, quan les dades estan allunyades de la mitjana aritmètica, el numerador de la fórmula de la desviació estàndard serà gran i a causa d'això el valor de la desviació estàndard també ho serà.
- Quan totes les dades de la distribució són iguals, el valor de la desviació estàndard és igual a 0.
- Per calcular el valor de la desviació estàndard s'utilitzen totes les dades de la distribució, i per tant qualsevol canvi de valor serà detectat.

3.2-Diferències entre capes

Per a fer l'anàlisi de les capes s'utilitzen les imatges següents, que són mostres o fragments extrets de les imatges sense gravat de l'apartat 1.3. La finalitat d'extreure diferents fragments d'una mateixa imatge és fer el sistema robust al soroll, ja que aquest pot provocar errors en les mesures descriptives com la mitjana.

A1

-Capa1



Figura 3.3 Mostres extretes de la imatge capa1 (color 1+2+3)

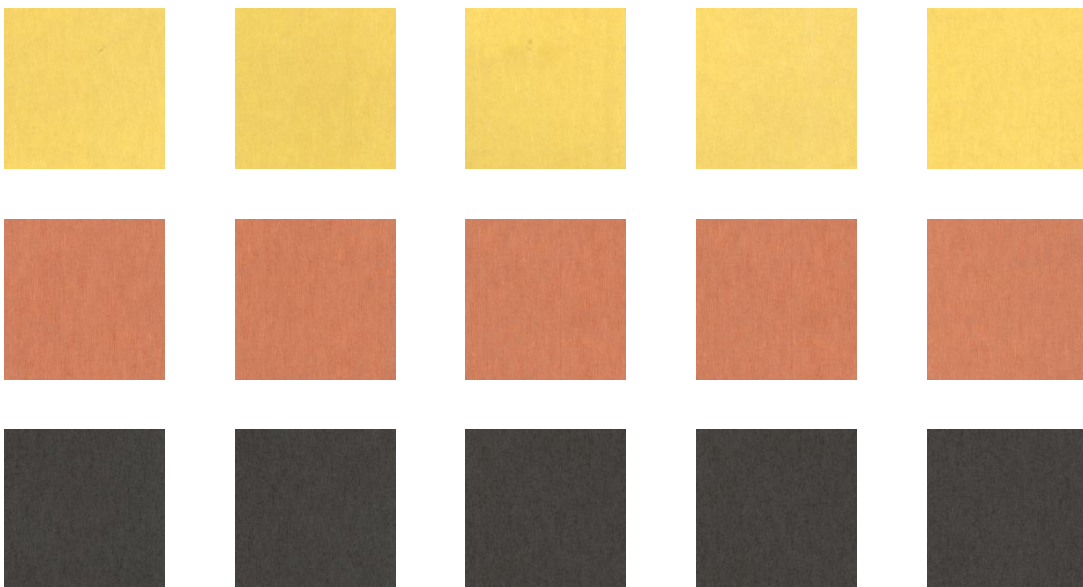


Figura 3.4 Mostres extretes de les imatges 1er, 2n i 3er color que formen la capa

-Capa2



Figura 3.5 Mostres extretes de la imatge capa2 (color 1+2+3)

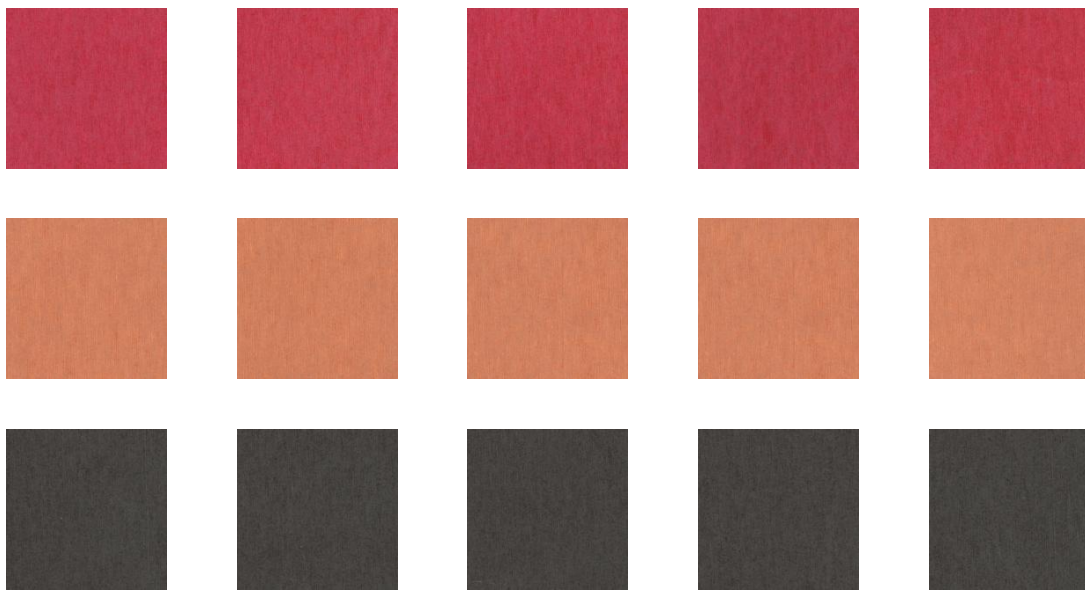


Figura 3.6 Mostres extretes de les imatges 1er, 2n i 3er color que formen la capa

-Capa3



Figura 3.7 Mostres extretes de la imatge capa3 (color 1+2+3)

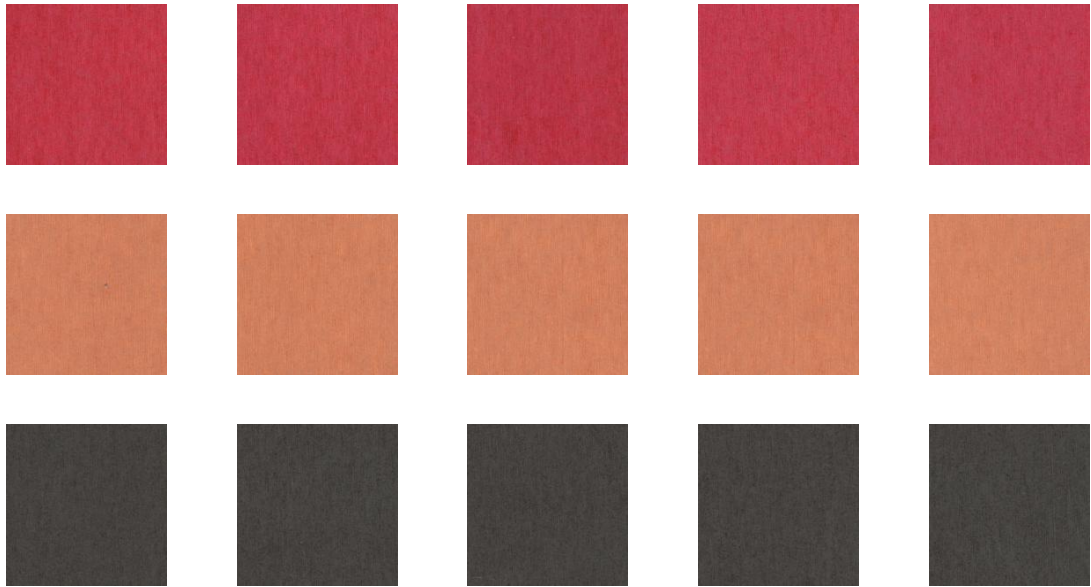


Figura 3.8 Mostres extretes de les imatges 1er, 2n i 3er color que formen la capa

B1

-Capa1



Figura 3.9 Mostres extretes de la imatge capa1 (colors 1+2+3)

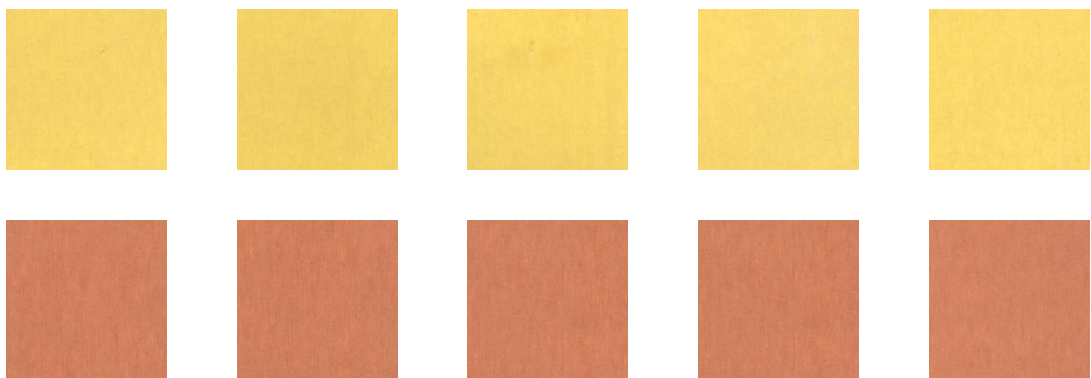




Figura 3.10 Mostres extretes de les imatges 1er, 2n i 3er color que formen la capa

-Capa2



Figura 3.11 Mostres extretes de la imatge capa2 (colors 1+2+3)

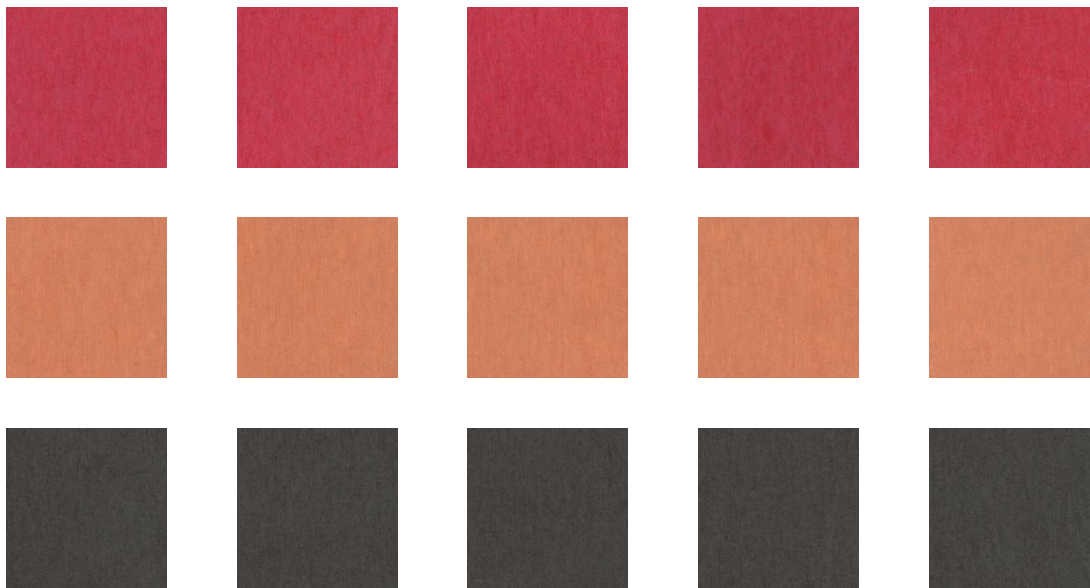


Figura 3.12 Mostres extretes de les imatges 1er, 2n i 3er color que formen la capa

-Capa3



Figura 3.13 Mostres extretes de la imatge capa3 (colors 1+2+3)

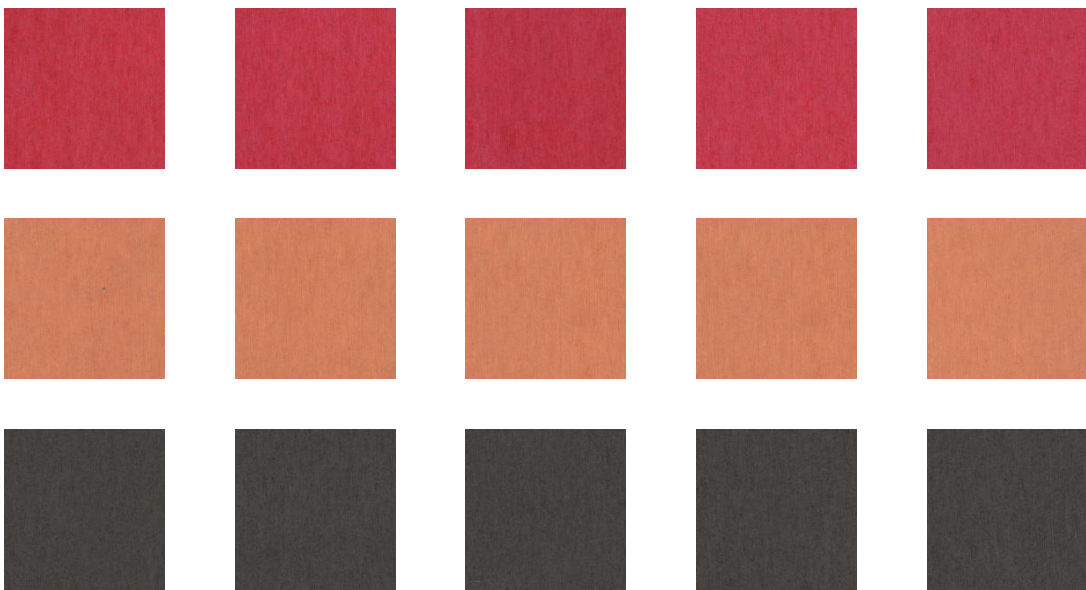


Figura 3.14 Mostres extretes de les imatges 1er, 2n i 3er color que formen la capa

3.2.1-Resta de components utilitzant diferents espais de color

En aquest primer anàlisi per a verificar si les diferències en les quantitats de colors entre capes de les mostres A1 i B1 s'ajusta a les dades que indiquen els experts de l'empresa, s'utilitza la diferència entre components RGB, CMY, LAB i HSV. Aquests components venen donats per la mitjana, mediana i desviació estàndard dels píxels de les mostres de l'apartat anterior.

Per a trobar la mitjana, mediana i desviació estàndard d'una imatge s'ha creat una funció amb Matlab anomenada "*estadisticRGB*", per exemple, a la qual s'ha d'introduir una imatge i retorna la mitjana, mediana i desviació estàndard de cadascun dels components RGB de la imatge.

3.2.2-Dades

Les dades queden estructurades en taules de la següent forma:

DADES RGB

		PRIMER COLOR 40% més de negre i groc a la mostra B						Diferències de A1 respecte B1		
		MOSTRA A1			MOSTRA B1			R	G	B
Component		R	G	B	R	G	B	R	G	B
Primera Capa	Mitjana	192,6306	169,3594	131,6184	184,6739	165,5131	129,1229	7,9567	3,8463	2,4955
	Mediana	192	169	132	184	165	129	8,0000	4,0000	3,0000
	STD	3,7555	4,4444	4,1321	3,9966	4,2059	4,6657	-0,2411	0,2385	-0,5336
1er color	Mitjana	240,5497	208,1691	103,8151	238,1364	206,0959	103,2445	2,4133	2,0732	0,5706
	Mediana	241	208	104	238	206	104	3,0000	2,0000	0,0000
	STD	1,9305	3,288	3,5942	2,0973	3,1533	3,7838	-0,1668	0,1347	-0,1896
2n color	Mitjana	203,8578	126,657	93,3947	202,6265	126,8563	94,7212	1,2313	-0,1993	-1,3265
	Mediana	204	127	94	202	127	95	2,0000	0,0000	-1,0000
	STD	3,7183	4,0229	4,128	3,6305	4,101	3,7009	0,0878	-0,0781	0,4271
3r color	Mitjana	66,9372	64,0245	59,9829	67,2661	64,3215	60,3045	-0,3289	-0,2970	-0,3216
	Mediana	67	64	60	68	65	61	-1,0000	-1,0000	-1,0000
	STD	3,5377	3,9081	3,9864	3,8455	4,1404	4,2585	-0,3078	-0,2323	-0,2721

		SEGON COLOR 120% més de vermell a la mostra B						Diferències de A1 respecte B1		
		MOSTRA A1			MOSTRA B1			R	G	B
Component		R	G	B	R	G	B	R	G	B
Segona Capa	Mitjana	198,6069	134,6951	113,7486	198,6856	125,8187	111,9709	-0,0787	8,8764	1,7777
	Mediana	198	135	114	199	126	112	-1,0000	9,0000	2,0000
	STD	3,583	4,374	4,3288	3,6467	4,5622	4,5669	-0,0637	-0,1882	-0,2381
1er color	Mitjana	186,1448	57,8331	74,5141	181,3418	58,1219	73,6421	4,8030	-0,2888	0,8720
	Mediana	186	58	76	181	58	75	5,0000	0,0000	1,0000
	STD	3,9972	5,1803	5,8926	3,9813	5,2233	5,8727	0,0159	-0,0430	0,0199
2n color	Mitjana	202,7765	125,3665	92,2792	200,8742	127,1297	95,8348	1,9023	-1,7632	-3,5556
	Mediana	203	126	93	201	127	96	2,0000	-1,0000	-3,0000
	STD	3,7569	4,4732	4,0919	3,94	4,1248	3,512	-0,1831	0,3484	0,5799
3r color	Mitjana	66,242	63,3129	59,2861	69,8743	66,7746	62,7842	-3,6323	-3,4617	-3,4981
	Mediana	67	64	60	70	67	63	-3,0000	-3,0000	-3,0000
	STD	3,8556	4,2156	4,292	3,677	3,9126	4,0522	0,1786	0,3030	0,2398

		TERCER COLOR 40% més de negre a la mostra B						Diferències de A1 respecte B1		
		MOSTRA A1			MOSTRA B1			R	G	B
Component		R	G	B	R	G	B	R	G	B
Tercera Capa	Mitjana	109,5361	101,8197	92,7145	102,3012	96,0144	88,3376	7,2349	5,8053	4,3769
	Mediana	110	102	93	103	97	89	7,0000	5,0000	4,0000
	STD	3,9071	4,2152	4,0965	4,2878	4,3521	4,5629	-0,3807	-0,1369	-0,4664
1er color	Mitjana	186,18	57,8765	74,1907	184,3139	58,535	74,5229	1,8661	-0,6585	-0,3322
	Mediana	186	58	75	184	59	76	2,0000	-1,0000	-1,0000
	STD	3,9135	5,2127	6,3022	4,0077	4,985	5,8957	-0,0942	0,2277	0,4065
2n color	Mitjana	204,1423	125,8635	92,6678	202,5732	127,5604	95,8685	1,5691	-1,6969	-3,2007
	Mediana	204	126	93	202	128	96	2,0000	-2,0000	-3,0000
	STD	3,9282	4,2457	3,8737	3,4461	3,8124	3,6675	0,4821	0,4333	0,2062
3r color	Mitjana	67,6293	64,6765	60,7127	66,8369	63,8049	59,7274	0,7924	0,8716	0,9853
	Mediana	68	65	61	67	64	60	1,0000	1,0000	1,0000
	STD	3,2801	3,6278	3,7622	3,5036	3,7391	3,8187	-0,2235	-0,1113	-0,0565

DADES LAB

		PRIMER COLOR 40% més de negre i groc a la mostra B						Diferències entre mostres		
		MOSTRA A			MOSTRA B			L	A	B
	Component	L	A	B	L	A	B	L	A	B
Primera Capa	Mitjana	85,6364	0,6073	12,75	84,7126	-0,0318	12,2565	0,9238	0,6391	0,4935
	Mediana	85,6179	0,6095	12,6338	84,7092	-0,0282	12,1413	0,9087	0,6377	0,4925
	STD	1,1444	0,4507	1,1145	1,2469	0,4391	1,1091	-0,1025	0,0116	0,0054
1er color	Mitjana	92,2968	-3,8619	32,2011	91,9417	-3,8096	31,9252	0,3551	-0,0523	0,2759
	Mediana	92,3122	-3,8633	31,995	91,9377	-3,8115	31,7102	0,3745	-0,0518	0,2848
	STD	0,7136	0,5775	1,7398	0,6724	0,6001	1,7763	0,0412	-0,0226	-0,0365
2n color	Mitjana	79,12	12,4396	18,1618	79,1149	12,2711	17,5831	0,0051	0,1685	0,5787
	Mediana	79,164	12,3308	17,9203	79,1603	12,1639	17,354	0,0037	0,1669	0,5663
	STD	1,2773	1,1643	1,64	1,2691	1,128	1,5504	0,0082	0,0363	0,0896
3r color	Mitjana	57,2437	0,2935	2,5621	57,3578	0,3071	2,5457	-0,1141	-0,0136	0,0164
	Mediana	57,4376	0,299	2,5297	57,5485	0,3052	2,5144	-0,1109	-0,0062	0,0153
	STD	2,1201	1,0815	1,3744	2,1516	1,0842	1,3979	-0,0315	-0,0027	-0,0235

		SEGON COLOR 120% més de vermell a la mostra B						Diferències entre mostres		
		MOSTRA A			MOSTRA B			L	A	B
	Component	L	A	B	L	A	B	L	A	B
Segona Capa	Mitjana	80,4746	10,7721	11,8923	79,0351	13,6773	10,5302	1,4395	-2,9052	1,3621
	Mediana	80,5015	10,6679	11,7752	79,0867	13,5234	10,4098	1,4148	-2,8555	1,3654
	STD	1,334	1,1025	1,1206	1,4177	1,3241	1,1066	-0,0837	-0,2216	0,0140
1er color	Mitjana	64,7919	36,9401	6,7272	64,5188	35,7492	6,7366	0,2731	1,1909	-0,0094
	Mediana	64,9293	36,8327	6,2455	64,6567	35,6377	6,2476	0,2726	1,1950	-0,0021
	STD	2,0869	3,1638	2,4864	2,0488	3,0739	2,487	0,0381	0,0899	-0,0006
2n color	Mitjana	78,8405	12,5716	18,2405	79,0941	11,9521	17,0654	-0,2536	0,6195	1,1751
	Mediana	78,8824	12,4596	17,9992	79,1141	11,8659	16,8724	-0,2317	0,5937	1,1268
	STD	1,2995	1,1679	1,6477	1,2309	1,0321	1,4048	0,0686	0,1358	0,2429
3r color	Mitjana	56,9685	0,3041	2,5762	58,2873	0,3595	2,4876	-1,3188	-0,0554	-0,8399
	Mediana	57,1675	0,3035	2,5491	58,5053	0,3192	2,4518	-1,3378	-0,0157	0,0973
	STD	2,2125	1,0587	1,3269	2,1736	1,0318	1,3217	0,0389	0,0269	0,0052

		TERCER COLOR 40% més de negre a la mostra B						Diferències entre mostres		
		MOSTRA A			MOSTRA B			L	A	B
	Component	L	A	B	L	A	B	L	A	B
Tercera Capa	Mitjana	69,6551	0,7689	4,353	67,9471	0,617	3,7896	1,7080	0,1519	0,5634
	Mediana	69,8402	0,7354	4,3024	68,1871	0,6097	3,7341	1,6531	0,1257	0,5683
	STD	1,8146	0,6082	0,8527	1,924	0,6369	0,8804	-0,1094	-0,0287	-0,0277
1er color	Mitjana	64,7967	36,888	6,9037	64,8277	36,2031	6,7595	-0,0310	0,6849	0,1442
	Mediana	64,932	36,7661	6,3932	64,9742	36,0801	6,2476	-0,0422	0,6860	0,1456
	STD	2,0879	3,1356	2,5307	2,0795	3,0927	2,5138	0,0084	0,0429	0,0169
2n color	Mitjana	78,9925	12,6991	18,3015	79,2456	12,1325	17,2803	-0,2531	0,5666	1,0212
	Mediana	79,0478	12,5766	18,0452	79,2905	12,0328	17,0673	-0,2427	0,5438	0,9779
	STD	1,32	1,2005	1,7129	1,2231	1,103	1,4811	0,0969	0,0975	0,2318
3r color	Mitjana	57,4998	0,3195	2,5069	57,1709	0,3278	2,6035	0,3289	-0,0083	-0,0966
	Mediana	57,6815	0,309	2,477	57,333	0,3159	2,5749	0,3485	-0,0069	-0,0979
	STD	2,0532	1,0576	1,3303	2,0839	1,0691	1,3676	-0,0307	-0,0115	-0,0373

DADES CMY

		PRIMER COLOR 40% més de negre i groc a la mostra B						Diferències entre mostres		
		MOSTRA A			MOSTRA B			C	M	Y
Component		C	M	Y	C	M	Y	C	M	Y
Primera Capa	Mitjana	62,3694	85,6406	123,3816	70,3261	89,4869	125,8771	-7,9567	-3,8463	-2,4955
	Mediana	63	86	123	71	90	126	-8,0000	-4,0000	-3,0000
	STD	3,9204	3,9342	4,681	4,1531	4,6688	4,679	-0,2327	-0,7346	0,0020
1er color	Mitjana	14,4503	46,8309	151,1849	16,8636	48,9041	151,7555	-2,4133	-2,0732	-0,5706
	Mediana	14	47	151	17	49	151	-3,0000	-2,0000	0,0000
	STD	2,6377	3,1655	4,0751	1,948	2,992	3,8294	0,6897	0,1735	0,2457
2n color	Mitjana	51,1422	128,343	161,6053	52,3735	128,1437	160,2788	-1,2313	0,1993	1,3265
	Mediana	51	128	161	53	128	160	-2,0000	0,0000	1,0000
	STD	3,7418	4,5681	4,2808	3,9166	4,4289	4,5167	-0,1748	0,1392	-0,2359
3r color	Mitjana	188,0628	190,9755	195,0171	187,7339	190,6785	194,6955	0,3289	0,2970	0,3216
	Mediana	188	191	195	187	190	194	1,0000	1,0000	1,0000
	STD	3,8636	4,1451	4,2336	3,8171	4,056	4,1523	0,0465	0,0891	0,0813

		SEGON COLOR 120% més de vermell a la mostra B						Diferències entre mostres		
		MOSTRA A			MOSTRA B			C	M	Y
Component		C	M	Y	C	M	Y	C	M	Y
Segona Capa	Mitjana	56,3931	120,3049	141,2514	56,3144	129,1813	143,0291	0,0787	-8,8764	-1,7777
	Mediana	57	120	141	56	129	143	1,0000	-9,0000	-2,0000
	STD	3,8357	4,8106	4,8252	3,8258	4,9434	4,8917	0,0099	-0,1328	-0,0665
1er color	Mitjana	68,8552	197,1669	180,4859	73,6582	196,8781	181,3579	-4,8030	0,2888	-0,8720
	Mediana	69	197	179	74	197	180	-5,0000	0,0000	-1,0000
	STD	3,648	5,526	6,5753	3,4111	5,259	6,4533	0,2369	0,2670	0,1220
2n color	Mitjana	52,2235	129,6335	162,7208	54,1258	127,8703	159,1652	-1,9023	1,7632	3,5556
	Mediana	52	129	162	54	128	159	-2,0000	1,0000	3,0000
	STD	3,8537	4,247	4,3646	3,9615	4,0588	4,113	-0,1078	0,1882	0,2516
3r color	Mitjana	188,758	191,6871	195,7139	185,1257	188,2254	192,2158	3,6323	3,4617	3,4981
	Mediana	188	191	195	185	188	192	3,0000	3,0000	3,0000
	STD	3,839	4,1138	4,1791	4,1277	4,5065	4,6151	-0,2887	-0,3927	-0,4360

		TERCER COLOR 40% més de negre a la mostra B						Diferències entre mostres		
		MOSTRA A			MOSTRA B			C	M	Y
Component		C	M	Y	C	M	Y	C	M	Y
Tercera Capa	Mitjana	145,4639	153,1803	162,2855	152,6988	158,9856	166,6624	-7,2349	-5,8053	-4,3769
	Mediana	145	153	162	152	158	166	-7,0000	-5,0000	-4,0000
	STD	4,6443	4,7987	4,9185	4,3436	4,8106	4,7736	0,3007	-0,0119	0,1449
1er color	Mitjana	68,82	197,1235	180,8093	70,6861	196,465	180,4771	-1,8661	0,6585	0,3322
	Mediana	69	197	180	71	196	179	-2,0000	1,0000	1,0000
	STD	3,5136	5,5142	6,3435	3,4694	5,6649	6,5729	0,0442	-0,1507	-0,2294
2n color	Mitjana	50,8577	129,1365	162,3322	52,4268	127,4396	159,1315	-1,5691	1,6969	3,2007
	Mediana	51	129	162	53	127	159	-2,0000	2,0000	3,0000
	STD	3,6216	4,6012	4,8121	3,7676	4,4704	4,3346	-0,1460	0,1308	0,4775
3r color	Mitjana	187,3707	190,3235	194,2873	188,1631	191,1951	195,2726	-0,7924	-0,8716	-0,9853
	Mediana	187	190	194	188	191	195	-1,0000	-1,0000	-1,0000
	STD	3,9397	4,2472	4,3202	3,8771	4,1689	4,3164	0,0626	0,0783	0,0038

DADES HSV

		PRIMER COLOR 40% més de negre i groc a la mostra B						Diferències entre mostres		
		MOSTRA A			MOSTRA B					
Component		H	S	V	H	S	V	H	S	V
Primera Capa	Mitjana	0,1031	0,3168	0,7554	0,1092	0,301	0,7242	-0,0061	0,0158	0,0312
	Mediana	0,1032	0,3144	0,7529	0,1091	0,2983	0,7216	-0,0059	0,0161	0,0313
	STD	0,0042	0,0238	0,0214	0,0045	0,0245	0,0229	-0,0003	-0,0007	-0,0015
1er color	Mitjana	0,1272	0,5685	0,9433	0,1271	0,5665	0,9339	0,0001	0,0020	0,0094
	Mediana	0,1272	0,5667	0,9451	0,1271	0,5643	0,9333	0,0001	0,0024	0,0118
	STD	0,0027	0,0216	0,0127	0,0028	0,0221	0,0112	-0,0001	-0,0005	0,0015
2n color	Mitjana	0,0501	0,5418	0,7994	0,0496	0,5325	0,7946	0,0005	0,0093	0,0048
	Mediana	0,0501	0,5373	0,8	0,0495	0,5282	0,7922	0,0006	0,0091	0,0078
	STD	0,0035	0,0293	0,0208	0,0034	0,0285	0,021	0,0001	0,0008	-0,0002
3r color	Mitjana	0,1321	0,107	0,263	0,1338	0,1067	0,2643	-0,0017	0,0003	-0,0013
	Mediana	0,1	0,1045	0,2627	0,1	0,1045	0,2667	0,0000	0,0000	-0,0040
	STD	0,1577	0,044	0,0207	0,1618	0,0448	0,0213	-0,0041	-0,0008	-0,0006

		SEGON COLOR 120% més de vermell a la mostra B						Diferències entre mostres		
		MOSTRA A			MOSTRA B					
Component		H	S	V	H	S	V	H	S	V
Segona Capa	Mitjana	0,0411	0,4274	0,7789	0,0266	0,4365	0,7792	0,0145	-0,0091	-0,0003
	Mediana	0,0412	0,4242	0,7765	0,0266	0,4328	0,7804	0,0146	-0,0086	-0,0039
	STD	0,0036	0,0285	0,0206	0,0036	0,03	0,0208	0,0000	-0,0015	-0,0002
1er color	Mitjana	0,9779	0,6894	0,73	0,9783	0,6796	0,7111	-0,0004	0,0098	0,0189
	Mediana	0,9777	0,6882	0,7294	0,9784	0,678	0,7098	-0,0007	0,0102	0,0196
	STD	0,0189	0,0399	0,0214	0,0246	0,04	0,0207	-0,0057	-0,0001	0,0007
2n color	Mitjana	0,0499	0,5449	0,7952	0,0496	0,5228	0,7877	0,0003	0,0221	0,0075
	Mediana	0,0498	0,5404	0,7961	0,0495	0,5196	0,7882	0,0003	0,0208	0,0079
	STD	0,0035	0,0293	0,0212	0,0033	0,0258	0,022	0,0002	0,0035	-0,0008
3r color	Mitjana	0,1273	0,1077	0,2602	0,1281	0,1041	0,2744	-0,0008	0,0036	-0,0142
	Mediana	0,1	0,1061	0,2627	0,0972	0,1014	0,2745	0,0028	0,0047	-0,0118
	STD	0,1502	0,0426	0,0216	0,158	0,0424	0,0218	-0,0078	0,0002	-0,0002

		TERCER COLOR 40% més de negre a la mostra B						Diferències entre mostres		
		MOSTRA A			MOSTRA B					
Component		H	S	V	H	S	V	H	S	V
Tercera Capa	Mitjana	0,0903	0,154	0,4296	0,0917	0,1371	0,4012	-0,0014	0,0169	0,0284
	Mediana	0,0897	0,1513	0,4314	0,0909	0,1346	0,4039	-0,0012	0,0167	0,0275
	STD	0,0147	0,0262	0,0243	0,0186	0,0277	0,0244	-0,0039	-0,0015	-0,0001
1er color	Mitjana	0,9783	0,6893	0,7301	0,978	0,6825	0,7228	0,0003	0,0068	0,0073
	Mediana	0,9781	0,6878	0,7294	0,9781	0,6811	0,7216	0,0000	0,0067	0,0078
	STD	0,0188	0,0398	0,0207	0,0261	0,0399	0,0209	-0,0073	-0,0001	-0,0002
2n color	Mitjana	0,0496	0,546	0,8006	0,0495	0,5267	0,7944	0,0001	0,0193	0,0062
	Mediana	0,0495	0,5415	0,8	0,0495	0,5226	0,7922	0,0000	0,0189	0,0078
	STD	0,0035	0,0306	0,0211	0,0034	0,0276	0,02	0,0001	0,0030	0,0011
3r color	Mitjana	0,1302	0,1051	0,2657	0,1288	0,1091	0,2625	0,0014	-0,0040	0,0032
	Mediana	0,1	0,1029	0,2667	0,1	0,1077	0,2627	0,0000	-0,0048	0,0040
	STD	0,1578	0,0426	0,0202	0,1545	0,0438	0,0206	0,0033	-0,0012	-0,0004

3.2.3-Elecció del model de color emprat

Mirant les taules de l'apartat anterior es veu que l'espai de color que dóna més diferències en els valors és RGB (i també CMY).

Aquest fet ens impulsa a deixar de banda el LAB i fer servir aquest espai de color en la resta del projecte.

De fet, aquest ja era un resultat esperable, ja que per HSV i LAB són espais percentuals i aquest fet, en el nostre cas, és un punt negatiu, ja que les mostres són tant semblants que les diferències a aquest espai són molt petites. Potser si es capturessin les imatges amb algun dispositiu basat en aquests espais de color les diferències es veurien més clares.

3.2.4-Conclusions

Una de les primeres conclusions positiva que s'extreu en aquest cas, són les petites diferències que hi ha entre els colors de les capes, amb diferències que no superen els 3 punts i en molts casos amb valor 0. Amb això es confirma que els colors utilitzats per a elaborar les capes de A1 i B1 són els mateixos. Evidentment només es varia la quantitat per a fer la mescla que dóna com a resultat la capa.

Pel que fa a diferències entre capes aquí sí que queda en evidència que aquest sistema de comparació d'imatges no ajuda als experts de l'empresa a modificar les quantitats de color. En primer lloc perquè les diferències són força petites i no hi ha forma de quantificar-les en percentatge, per exemple una diferència de 3 punts positius pot equivaldre o no un 3% més de color en una capa respecte l'altre.

En segon lloc, els experts de l'empresa volen saber la diferència entre un color i un altre de la capa, amb aquest sistema el que es coneix és la diferència en components RGB d'una capa respecte l'altra, en cap cas es coneix quin és el color dels 3 que la formen el que s'hauria de modificar i en quina quantitat.

Per aquest motiu, s'ha decidit cercar un altre camí i canviar de metodologia, aquesta es desenvolupa en el següent apartat.

Per altra banda, apart de confirmar-se que els colors que conformen les capes són els mateixos, les imatges que s'utilitzen són vàlides degut a la desviació estàndard que indica que tots els píxels són força semblants, i ho corrobora la mitjana que l'afecten molt els valors atípics i es força semblant a la mediana, aquesta última molt més robusta davant d'aquest tipus de dades.

3.3-Resolució sistema d'equacions

A partir de les conclusions extretes de al capítol anterior, i de la necessitat de trobar un nou mètode que aportí més dades i més precises, s'ha procedit a analitzar el problema utilitzant les dades disponibles i que és el que interessa trobar.

Es vol trobar quina quantitat de color1, color2 i color3 formen la capa que estem analitzant.

Matèmaticament:

$$\text{Capa} = x \cdot \text{color1} + y \cdot \text{color2} + z \cdot \text{color3}$$

S'ha de descriure cada color en funció de R, G, B. Però és necessari que siguin normalitzats.

-Les components RGB s'han de normalitzar:

$$r = \left(\frac{R}{R+G+B} \right) \quad g = \left(\frac{G}{R+G+B} \right) \quad b = \left(\frac{B}{R+G+B} \right)$$

-Es construeixen les matrius

$$\text{Capa} = x \cdot \text{color1} + y \cdot \text{color2} + z \cdot \text{color3}$$

$$\text{Color1}=(r1 \ g1 \ b1) \quad \text{Color2}=(r2 \ g2 \ b2) \quad \text{Color3}=(r3 \ g3 \ b3) \quad \text{Capa1}=(r \ g \ b)$$

$$\begin{pmatrix} r \\ g \\ b \end{pmatrix} = x \cdot \begin{pmatrix} r1 \\ g1 \\ b1 \end{pmatrix} + y \cdot \begin{pmatrix} r2 \\ g2 \\ b2 \end{pmatrix} + z \cdot \begin{pmatrix} r3 \\ g3 \\ b3 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x \cdot r1 & y \cdot r2 & z \cdot r3 \\ x \cdot g1 & y \cdot g2 & z \cdot g3 \\ x \cdot b1 & y \cdot b2 & z \cdot b3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r \\ g \\ b \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} r1 & r2 & r3 \\ g1 & g2 & g3 \\ b1 & b2 & b3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r \\ g \\ b \end{pmatrix}$$

$$A \cdot x = a$$

-Aïllar matriu d'incògnites

$$x = A^{-1} \cdot a$$

Per a resoldre aquest sistema d'equacions lineals s'ha utilitzat la funció amb Matlab anomenada *lsqlin*, a la qual s'ha d'introduir dos matrius entre molts altres paràmetres d'optimització, una amb les components RGB estandarditzades dels 3 colors que formen la capa i una altre amb els valors RGB de la capa mateixa. Retorna un vector amb les 3 incògnites resoltes, que són per cadascun dels colors quina quantitat d'aquests representa per formar la capa. Per tant la suma de tots 3 colors és 1.

Un cop resoltes les 3 incògnites de cada capa a comparar, es fa la diferència i d'aquesta manera es coneix quina diferència en quantitat hi ha del mateix color per a fer cadascuna de les capes entre la mostra A1 i B1.

Utilitzant les mateixes imatges que al capítol 3.2.1 es procedeix a fer l'anàlisi, amb aquest nou sistema de comparació d'imatges.

3.3.1-Dades

Les dades queden estructurades en taules de la següent forma:

1era CAPA																		
MOSTRA A					MOSTRA B													
1er color	2n color	3er color	Color de la capa		1er color	2n color	3er color	Color de la capa										
R	0,43	0,48	0,35	$\times \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,3876 \\ 0,3411 \\ 0,2713 \end{pmatrix}$	R	0,43	0,48	0,35	$\times \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,3835 \\ 0,3434 \\ 0,2731 \end{pmatrix}$									
G	0,38	0,3	0,33		G	0,38	0,3	0,33										
B	0,19	0,22	0,32		B	0,19	0,22	0,32										
Resolució de sistema de 3 equacions lineals amb 3 incognites					Resolució de sistema de 3 equacions lineals amb 3 incognites					<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Proporcions</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X(Quantitat de color per a fer el 1er color de la primera capa)</td> <td>-0,020</td> </tr> <tr> <td>Y(Quantitat de color per a fer el 2n color de la primera capa)</td> <td>0,043</td> </tr> <tr> <td>Z(Quantitat de color per a fer el 3er color de la primera capa)</td> <td>-0,024</td> </tr> </tbody> </table>	Proporcions		X(Quantitat de color per a fer el 1er color de la primera capa)	-0,020	Y(Quantitat de color per a fer el 2n color de la primera capa)	0,043	Z(Quantitat de color per a fer el 3er color de la primera capa)	-0,024
Proporcions																		
X(Quantitat de color per a fer el 1er color de la primera capa)	-0,020																	
Y(Quantitat de color per a fer el 2n color de la primera capa)	0,043																	
Z(Quantitat de color per a fer el 3er color de la primera capa)	-0,024																	
X(Quantitat de color per a fer el 1er color de la primera capa)					X(Quantitat de color per a fer el 1er color de la primera capa)													
0,2887					0,3084													
Y(Quantitat de color per a fer el 2n color de la primera capa)					Y(Quantitat de color per a fer el 2n color de la primera capa)													
0,1116					0,0682													
Z(Quantitat de color per a fer el 3er color de la primera capa)					Z(Quantitat de color per a fer el 3er color de la primera capa)													
0,5998					0,6234													

2ona CAPA																		
MOSTRA A					MOSTRA B													
1er color	2n color	3er color	Color de la capa		1er color	2n color	3er color	Color de la capa										
R	0,58	0,48	0,35	$\times \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,4409 \\ 0,3011 \\ 0,2581 \end{pmatrix}$	R	0,58	0,48	0,35	$\times \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,4568 \\ 0,2864 \\ 0,2568 \end{pmatrix}$									
G	0,18	0,3	0,33		G	0,18	0,3	0,33										
B	0,24	0,22	0,32		B	0,24	0,22	0,32										
Resolució de sistema de 3 equacions lineals amb 3 incognites					Resolució de sistema de 3 equacions lineals amb 3 incognites					<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Proporcions</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X(Quantitat de color per a fer el 1er color de la segona capa)</td> <td>-0,1137</td> </tr> <tr> <td>Y(Quantitat de color per a fer el 2n color de la segona capa)</td> <td>0,0780</td> </tr> <tr> <td>Z(Quantitat de color per a fer el 3er color de la segona capa)</td> <td>0,0356</td> </tr> </tbody> </table>	Proporcions		X(Quantitat de color per a fer el 1er color de la segona capa)	-0,1137	Y(Quantitat de color per a fer el 2n color de la segona capa)	0,0780	Z(Quantitat de color per a fer el 3er color de la segona capa)	0,0356
Proporcions																		
X(Quantitat de color per a fer el 1er color de la segona capa)	-0,1137																	
Y(Quantitat de color per a fer el 2n color de la segona capa)	0,0780																	
Z(Quantitat de color per a fer el 3er color de la segona capa)	0,0356																	
X(Quantitat de color per a fer el 1er color de la segona capa)					X(Quantitat de color per a fer el 1er color de la segona capa)													
0,0821					0,1958													
Y(Quantitat de color per a fer el 2n color de la segona capa)					Y(Quantitat de color per a fer el 2n color de la segona capa)													
0,5534					0,4754													
Z(Quantitat de color per a fer el 3er color de la segona capa)					Z(Quantitat de color per a fer el 3er color de la segona capa)													
0,3643					0,3287													

3era CAPA																		
MOSTRA A					MOSTRA B													
1er color	2n color	3er color	Color de la capa		1er color	2n color	3er color	Color de la capa										
R	0,58	0,48	0,35	$\times \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,3587 \\ 0,3333 \\ 0,3079 \end{pmatrix}$	R	0,58	0,48	0,35	$\times \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,3571 \\ 0,3333 \\ 0,3095 \end{pmatrix}$									
G	0,18	0,3	0,33		G	0,18	0,3	0,33										
B	0,24	0,22	0,32		B	0,24	0,22	0,32										
Resolució de sistema de 3 equacions lineals amb 3 incognites					Resolució de sistema de 3 equacions lineals amb 3 incognites					<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Proporcions</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X(Quantitat de color per a fer el 1er color de la tercera capa)</td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td>Y(Quantitat de color per a fer el 2n color de la tercera capa)</td> <td>0,022</td> </tr> <tr> <td>Z(Quantitat de color per a fer el 3er color de la tercera capa)</td> <td>-0,022</td> </tr> </tbody> </table>	Proporcions		X(Quantitat de color per a fer el 1er color de la tercera capa)	0,000	Y(Quantitat de color per a fer el 2n color de la tercera capa)	0,022	Z(Quantitat de color per a fer el 3er color de la tercera capa)	-0,022
Proporcions																		
X(Quantitat de color per a fer el 1er color de la tercera capa)	0,000																	
Y(Quantitat de color per a fer el 2n color de la tercera capa)	0,022																	
Z(Quantitat de color per a fer el 3er color de la tercera capa)	-0,022																	
X(Quantitat de color per a fer el 1er color de la tercera capa)					X(Quantitat de color per a fer el 1er color de la tercera capa)													
0,0000					0,0000													
Y(Quantitat de color per a fer el 2n color de la tercera capa)					Y(Quantitat de color per a fer el 2n color de la tercera capa)													
0,0916					0,0701													
Z(Quantitat de color per a fer el 3er color de la tercera capa)					Z(Quantitat de color per a fer el 3er color de la tercera capa)													
0,9086					0,9304													

3.3.2-Conclusions

Es pot comprovar que aquest nou mètode es mostra molt més efectiu que l'anterior:

A la primera capa, s'obtenen els resultats següents de diferències d'A respecte B:

-0,020 Entre els primers colors de la capa

0,043 Entre el segons colors de la capa

-0,024 Entre els tercers colors de la capa

Les mostres preparades pels experts de l'empresa, ens indiquen que per la capa 1, s'afegeix un 40% més de groc (que és el color 1, com es pot comprovar a la figura 3.16) i també s'afegeix un 40% més de negre (que és el color3, com es pot comprovar a la figura 3.18).

Per tant, els colors que s'han de modificar són els correctes i les quantitats són força pròximes. El programa detecta al color1 20% i al color 3 24 % de més de color a B respecte a A, per 40 i 40% que indiquen els experts que han modificat.

A la segona capa, s'obtenen els resultats següents d'A respecte B:

-0,1137 Entre els primers colors de la capa

0,0780 Entre el segons colors de la capa

-0,0356 Entre els tercers colors de la capa

Les mostres preparades pels experts de l'empresa, ens indiquen que per la capa 2, s'afegeix un 120% més de vermell (que és el color 1, com es pot comprovar a la figura 3.20) .

Per tant, el color que s'ha de modificar és el correcte i la quantitat obtinguda que s'ha de modificar és gairebé la mateixa 114% per 120%.

A la tercera capa, s'obtenen els resultats següents d'A respecte B:

0,000 Entre els primers colors de la capa

0,022 Entre el segons colors de la capa

-0,022 Entre els tercers colors de la capa

Les mostres preparades pels experts de l'empresa, ens indiquen que per la capa 3, s'afegeix un 40% més de negre (que és el color 3, com es pot comprovar a la figura 3.26) .

Per tant, el color que s'ha de modificar és el correcte i la quantitat obtinguda és força pròxima 22 % per 40%.

Amb aquestes dades, es pot concloure que aquest nou mètode de resolució de sistema d'equacions lineals, en tots els casos obté quin és el color que s'ha de modificar, per apropar els valors obtinguts per la mostra de test respecte a la mostra utilitzada com a referència (catàleg).

Els resultats obtinguts demostren també que el sistema que es proposa en aquest PFC és capaç de determinar amb una precisió raonable, quina és la diferència detectada.

Es considera doncs que la proposta adoptada funciona correctament en el cas específic que s'ha proposat. Per altra banda, s'ha de comentar que aquest anàlisi no pot acabar aquí, doncs el sistema de producció de paper pintat implementat en l'empresa no permet aquest anàlisi "on-line" dels colors per separat que s'apliquen en cadascuna de les capes. Les mostres preparades pels experts de l'empresa, ja surten de la cadena de producció com a resultat d'una combinació entre les 3 capes, és a dir s'obté el producte final. Per tant s'ha de prosseguir amb l'anàlisi sobre imatges amb gravat i per finalitzar imatges amb gravat i barrejades entre elles.

Per tant, la conformitat amb les dades obtingudes, permeten seguir endavant amb l'anàlisi del següent capítol.

4-ANÀLISI DE LES CAPES SOBRE PAPER GRAVAT

Un cop fetes les proves del nou sistema analitzant imatges sense gravat per capes, cal fer el mateix procediment per a veure si aquest sistema funciona amb imatges gravades al buit, ja amb un disseny específic.

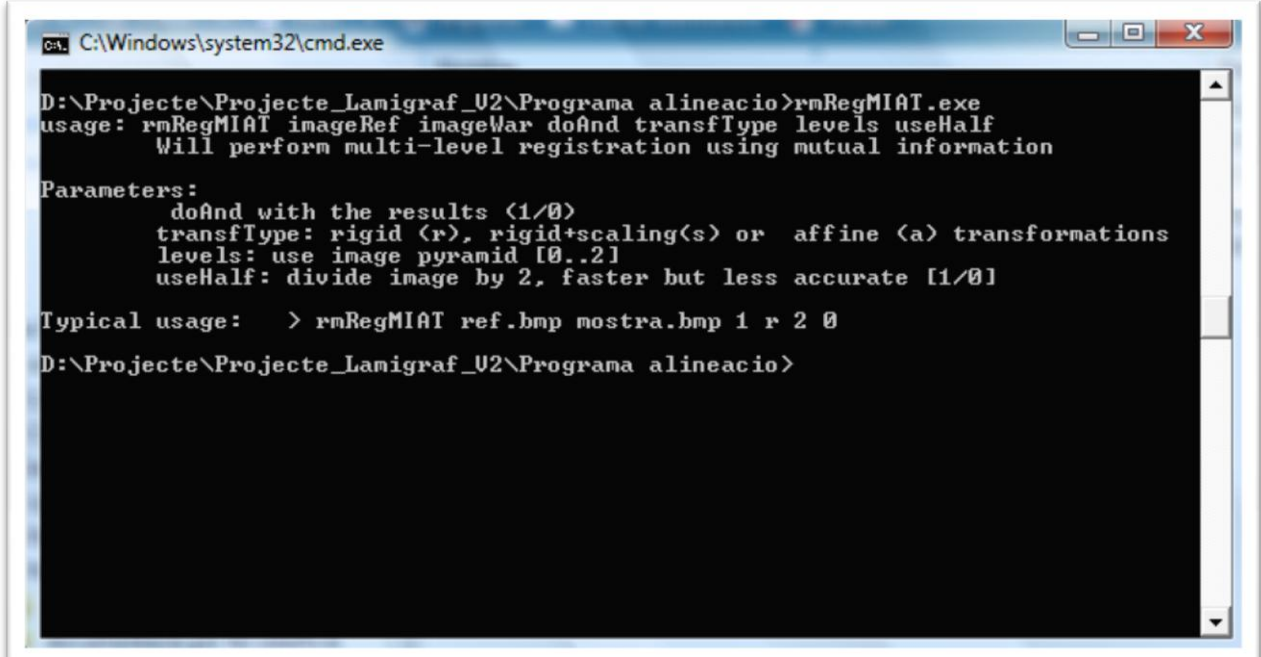
Les imatges que s'utilitzen per a extreure els valors RGB de les capes, són retallades de les bobines de paper mostrades a l'apartat 1.3. Es decideix fer aquest anàlisi en primer lloc utilitzant només la capa 2, que és la que ha proporcionat valors més precisos en l'estudi realitzat al capítol anterior. Apart aquesta capa només modifica un color, i en facilita l'anàlisi.

Un aspecte important és que s'ha de comparar la mateixa zona de la imatge, perquè sinó els píxels que no estan pintats en els quals es veu el paper sobre el que s'aplica la tinta, farien modificar les mesures descriptives i per tant les components RGB de les capes podrien veure's modificades i falsejar el resultat, donant quantitats errònies. Per aquest motiu s'utilitza un programa d'alineació d'imatges el funcionament que s'explica al següent apartat, i a posteriori treure els marges que el programa d'alineació introdueix a les zones que no són comunes a les dues imatges, i que modifiquen les components RGB de la imatge provocant un error.

4.1-Alineació automàtica

Com s'ha dit anteriorment, és molt important que les imatges estiguin alineades per a poder comparar dos píxels que representin la mateixa capa tant en la mostra A1 de referència com en la mostra B1 de producció.

S'utilitza una aplicació anomenada "*rmRegMIAT*" disponible en el grup de Visió per Computador i Robòtica convenientment adaptada.



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
D:\Projecte\Projecte_Lanigraf_U2\Programa alineacio>rmRegMIAT.exe
usage: rmRegMIAT imageRef imageWar doAnd transfType levels useHalf
      Will perform multi-level registration using mutual information

Parameters:
  doAnd with the results (1/0)
  transfType: rigid (r), rigid+scaling(s) or affine (a) transformations
  levels: use image pyramid [0..2]
  useHalf: divide image by 2, faster but less accurate [1/0]

Typical usage: > rmRegMIAT ref.bmp mostra.bmp 1 r 2 0
D:\Projecte\Projecte_Lanigraf_U2\Programa alineacio>
```

Figura 5.1 Aplicació del grup de Visió per Computador i Robòtica per l'alineació d'imatges

Com es pot veure a la figura 5.1 aquesta aplicació necessita 6 paràmetres per funcionar.

Aquest paràmetres serveixen per indicar o introduir a l'aplicació el següent:

- Els dos primers paràmetres són les dos imatges que es vol alinear.
- El tercer paràmetre ha de ser un 1 o un 0 i permet indicar si es vol obtenir com a resultat només la part comuna de les dues imatges alineades (1), o les dues imatges completes i alineades (0). Com, en aquest projecte, només interessa comparar la part comuna a les dues imatges sempre s'introdueix el paràmetre 1.
- El quart paràmetre ha de ser una 'r', una 's' o una 'a' i serveix per indicar quin tipus de transformació pot existir entre les dos imatges. Amb la 'r' s'indica que les transformacions que hi pot haver entre les dues imatges són únicament transformacions rígides, és a dir, translacions o rotacions.

Amb la 's' s'indica que a més a més de les transformacions rígides, també s'hi poden trobar modificacions en l'escala de les dues imatges. Finalment, amb la 'a' s'indica que hi poden haver qualsevol tipus de transformació afí entre les dues imatges.

Com les imatges amb les quals es treballa al projecte només poden patir transformacions rígides (rotacions o translacions) es fa servir sempre el paràmetre 'r'. El procediment d'obtenció de les imatges del paper pintat, basades en l'escàner no pot produir cap altre tipus de transformació.

-El cinquè paràmetre ha de ser un valor entre 0 i 2. Aquest valor indica quantes vegades es redueixen les imatges per tal de fer els càlculs d'alineament. Si s'introdueix un '0', no farà cap reducció, i per tant farà els càlculs amb tots els píxels de les imatges. Aquesta és la forma més lenta, però més fiable de fer l'alineació.

Si s'introdueix un 1, en primer lloc, abans de fer cap càlcul reduirà les imatges, és a dir, de quatre píxels en selecciona un de sol. D'aquesta manera primer calcularà els paràmetres d'alineament amb les imatges reduïdes, i quan els obtingui els acabarà d'ajustar utilitzant les imatges sense reduir. Aquest mètode no es tan fiable com el de abans però més ràpid.

Finalment, si s'introdueix un 2, farà exactament el mateix que introduint un 1, però amb un nivell més. És a dir, un cop tingui les imatges reduïdes, tornarà a aplicar-li una segona reducció. Llavors calcularà els paràmetres d'alineament i els ajustarà primer amb la primera reducció i després els tornarà a ajustar amb les imatges completes. Aquest mètode és el menys fiable, però el més ràpid.

En el nostre cas, com es processen imatges amb transformacions molt petites, s'obté pràcticament el mateix resultat, i en el mateix temps, tant amb la opció 0 com la 2. Per tant s'utilitza la opció 0, tot i ser un paràmetre que afecta molt poc aquest tipus d'imatges.

-El sisè i últim paràmetre ha de ser un 0 o un 1. Aquest paràmetre afecta al primer càlcul que fa l'aplicació. Si es selecciona el 0 llavors no fa res, però si es selecciona un 1, redueix les imatges, de forma que cada quatre píxels és representen amb un de sol. D'aquesta manera l'aplicació treballa sempre amb les imatges reduïdes i no té mai en compte les imatges completes a l'hora de fer l'alineació. És a dir, si aquest paràmetre està activat, totes les reduccions que produeixi el cinquè paràmetre seran reduccions d'aquesta primera reducció.

Tot i ser semblant al cinquè paràmetre, aquest sí que afecta molt al temps processat, ja que mai es treballarà amb les imatges completes.

Aquest paràmetre en el nostre cas, serà sempre 1, ja que treballar amb imatges amb tanta resolució (per defecte són de 500x500 píxels) fa que augmenti molt el temps d'execució de l'aplicació. A més, com que les imatges amb les qual es treballa tenen transformacions molt petites s'obté pràcticament el mateix resultat fent els càlculs amb la imatge reduïda que sense reduir, però amb molt menys temps de processat.

Exemple d'utilització:

```
rmRegMIAt A1.bmp B1.bmp 1 r 2 0
```

4.1.1-Extracció de marges de la imatge

El següent pas es extreure els marges de les imatges alineades ja que és informació sobrant que no es fa servir per res.

S'utilitza la funció creada en Matlab "*eliminarCostatsNegres*".

Aquesta funció necessita que se li passi per paràmetre les dos imatges (ideal i mostra) i s'encarregarà d'eliminar els costats negres que es poden haver produït a causa de l'alineació, retornant les dos imatges sense aquestes zones perifèriques. Per tal de poder realitzar la seva funció utilitza les següents funcions recursives, que tenen els mateixos paràmetres d'entrada i de sortida que ella mateixa:

-eliminarCostatsNegresSE: comprova que el píxel situat a la cantonada superior esquerra de la imatge no sigui totalment negre, és a dir, amb els valors de RGB igual a 255. Si es compleix no modifica res, però si no es compleix elimina la fila i la columna del píxel (a ambdues imatges) i es torna a cridar ella mateixa, fins a obtenir un píxel en el cantó superior esquerre amb un valor de RGB diferent a 255 (a ambdues imatges).

-eliminarCostatsNegresSD: fa exactament el mateix que la funció anterior però amb la cantonada superior dreta.

-eliminarCostatsNegresIE: fa exactament el mateix que la funció anterior però amb la cantonada inferior esquerra.

-eliminarCostatsNegresID: fa exactament el mateix que la funció anterior però amb la cantonada inferior dreta.

D'aquesta manera quan ha acabat d'executar aquestes funcions es pot assegurar que retornarà les dues imatges amb la mateixa grandària entre elles i que aquesta grandària serà la màxima possible sense píxels que no continguin informació.

4.2-Dades

Les següents figures mostren el procés seguit. Les dues primeres imatges són una petita regió de les imatges retallades, procedents de les bobines proporcionades per l'empresa.

Imatges utilitzades:



Figura 4.1 Imatges sense alinear mostra A1 i B1 de la capa 2

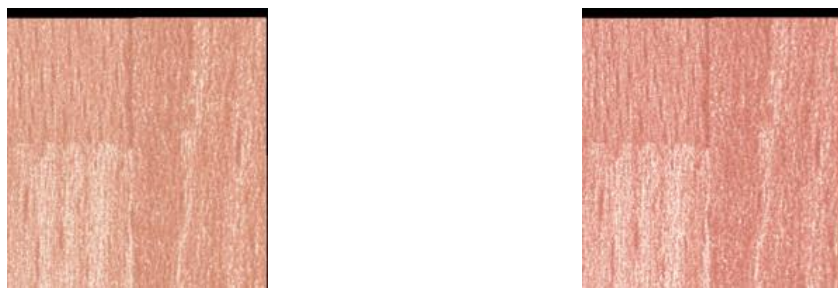


Figura 4.2 Imatges alineades mostra A1 i B1



Figura 4.3 Imatges alineades sense marges mostra A1 i B1

-Components RGB de les imatges:

SEGON COLOR 120% més de vermell a la mostra B									
	MOSTRA A1			MOSTRA B1			Diferencia mostre A respecte B		
Component	R	G	B	R	G	B	R	G	B
Mitjana									
Mediana	225	163	139	227	154	139	-2,000	9,000	0,000
STD									

-Aplicació del nou mètode, sistema d'equacions lineals:

MOSTRA A1				MOSTRA B1					
1er color	2n color	3er color	color de la capa	1er color	2n color	3er color	color de la capa		
R	0,5801	0,4794	0,3498	R	0,5801	0,4794	0,3498		
G	0,1827	0,2982	0,3350	G	0,1827	0,2982	0,3350		
B	0,2372	0,2225	0,3153	B	0,2372	0,2225	0,3153		
$\begin{pmatrix} 0,5801 & 0,4794 & 0,3498 \\ 0,1827 & 0,2982 & 0,3350 \\ 0,2372 & 0,2225 & 0,3153 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,4269 \\ 0,3093 \\ 0,2638 \end{pmatrix}$				$\begin{pmatrix} 0,5801 & 0,4794 & 0,3498 \\ 0,1827 & 0,2982 & 0,3350 \\ 0,2372 & 0,2225 & 0,3153 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,4365 \\ 0,2962 \\ 0,2673 \end{pmatrix}$					
Els colors han de ser el mateixos tant a A com B				Només es modifica això					
Resolució de sistema de 3 equacions lineals amb 3 incognites				Resolució de sistema de 3 equacions lineals amb 3 incognites					
X(Quantitat de color per a fer 1er color de la segona capa)				X(Quantitat de color per a fer 1er color de la segona capa)				Proportions	
0,0434				0,1628					-0,119
Y(Quantitat de color per a fer el 2n color de la segona capa)				Y(Quantitat de color per a fer el 2n color de la segona capa)					0,138
0,518				0,38					
Z(Quantitat de color per a fer el 3er color de la segona capa)				Z(Quantitat de color per a fer el 3er color de la segona capa)					
0,4386				0,4572				-0,019	

4.3-Conclusions

Per a la segona capa, s'obtenen els resultats següents d'A respecte B:

-0,119 Entre els primers colors de la capa

0,138 Entre el segons colors de la capa

-0,019 Entre els tercers colors de la capa

Les mostres preparades pels experts de l'empresa, ens indiquen que per la capa 2, s'afegeix un 120% més de vermell (que és el color 1, com es pot comprovar a la figura 3.20) .

Per tant, el color que s'ha de modificar és el correcte i la quantitat obtinguda que s'ha de modificar és gairebé la mateixa 119% per 120%.

Amb aquestes dades, es pot concloure que aquest nou mètode de resolució de sistema d'equacions lineals, amb imatges gravades al buit, introduint l'alineació d'imatges, compleix els resultats de l'anàlisi de l'capítol anterior amb imatges sense gravat al buit, és a dir sempre encerta el color que s'ha de modificar i s'aproxima o s'ajusta a la quantitat que s'ha de modificar d'aquest color.

Per tant, la conformitat amb les dades obtingudes, permeten seguir endavant amb l'anàlisi del següent capítol.

5-COMPARACIÓ FINAL ENTRE IMATGES

Aquest és el mètode que podria aplicar l'empresa donades les característiques de la línia de producció, que només permet obtenir el producte final per a fer l'anàlisi, i no les capes per separat ja que s'hauria de parar la producció.

En aquesta capítol es defineixen les pautes a seguir en el disseny del nou prototipus a partir de les dades obtingudes dels anàlisis en els capítols anteriors, amb la finalitat d'obtenir les diferències en quantitats dels colors de les capes sobre una sola imatges barreja de les 3 capes.

5.1-Metodologia

La figura 5.1 mostra la metodologia a seguir. Consta dels següents passos:

- Primer s'obtenen les imatges a partir de la digitalització d'una mostra final de producció.
- Es selecciona la regio escollida de la mostra final de producció, s'aplica el mètode d'alineació automàtica, s'extreuen els marges que aquest produeix, tal com s'ha vist en el capítol anterior.
- Acontinuació s'extreuen les mesures descriptives de cada imatge per buscar aquells píxels més representatius de cada capa.
- Un cop trobats aquests píxels, es compara el seu valor entre les dues imatges, per tal de trobar-ne diferències.

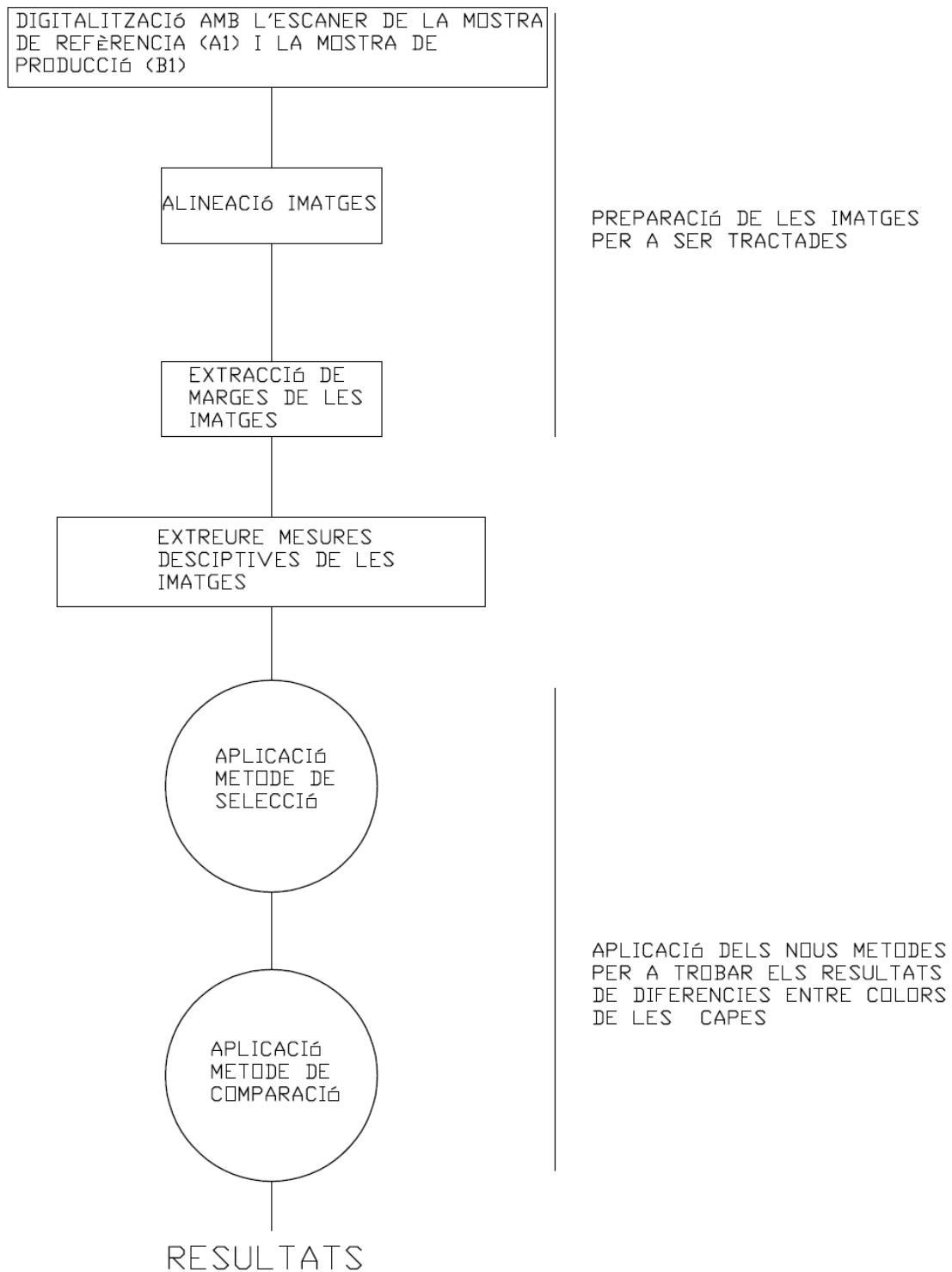


Figura 5.1 Esquema de la metodologia de la nova aplicació

5.2-Criteri de selecció de capes

Aquí el concepte es semblant al de comparació d'imatges ja que també s'utilitza un sistema d'equacions, però amb una altre finalitat.

En aquest cas no s'ha d' aconseguir el percentatge de quantitat que cada color representa a la capa. L'objectiu és que donat un píxel de la imatge a analitzar, aquest quedi classificat com a píxel de capa 1,2 o 3, sí es un píxel que no conté informació útil (soroll), barreja de capes.

Això s'aconsegueix mitjançant un sistema d'equacions. Una matriu contindrà els valors RGB de les capes, i l'altre el valor RGB del píxel, depenent de les components RGB d'aquest últim, les incògnites donaran un valor o un altre i es podrà classificar.

El muntatge del sistema d'equacions i el criteri de selecció s'explica a continuació:

La imatge final, conté píxels de les 3 capes i soroll.

Imatge final= x · capa1 + y · capa2 + z · capa3

(r g b)=x(r1 g1 b1) +y(r2 g2 b2)+z(r3 g3 b3)

$$capa1 = \frac{x}{x + y + z}$$

$$capa2 = \frac{y}{x + y + z}$$

$$capa3 = \frac{z}{x + y + z}$$

-Es construeixen les matrius:

La matriu A, conté les components RGB de capa 1 (r1 g1 b1), de capa 2 (r2 g2 b2) i capa 3 (r3 g3 b3).

La matriu x les incògnites.

La matriu a, conté les components RGB del píxel a analitzar.

$$\begin{pmatrix} x \cdot r1 & y \cdot r2 & z \cdot r3 \\ x \cdot g1 & y \cdot g2 & z \cdot g3 \\ x \cdot b1 & y \cdot b2 & z \cdot b3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r \\ g \\ b \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} r1 & r2 & r3 \\ g1 & g2 & g3 \\ b1 & b2 & b3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r \\ g \\ b \end{pmatrix}$$

$$A \cdot x = a$$

-Aïllar matriu d'incògnites

$$x=A^{-1} \cdot a$$

Depenent dels valors que prenen les incògnites, s'obté la capa a la que pertanyen cada un dels píxels.

Si el píxel de la matriu (a) que és el que s'analitza, té unes components semblants a alguna capa de la matriu (A), com que aquestes es divideixen el resultat de la incògnita corresponent a aquella capa serà 1 i les altres 0.

Per tant si el píxel té les components RGB de capa 1, la resolució de les incògnites donarà els següents valors:

$$X=1 \ Y=0 \ Z=0$$

Si és un píxel de capa 2:

$$X=0 \ Y=1 \ Z=0$$

Si és un píxel de capa 3:

$$X=0 \ Y=0 \ Z=1$$

Com que és difícil trobar que tots els píxels tinguin les mateixes components que els de les capes, s'ha introduït un paràmetre llinar de tolerància anomenat threshold en l'aplicació "*Principal*". Depenent de la imatge i del nombre de píxels que el procediment assigna a cadascuna de les diferents capes, s'haurà de modificar el llindar. Si s'incrementa excessivament el valor del llindar, els resultats podrien ser no vàlids, degut a la classificació de píxels en capes on realment no hi formen part.

Quan un dels píxels és assignat a una capa determinada es guarda en 3 vectors els components R G B.

També es guarden 3 matrius amb les posicions d'aquest píxels assignats a una capa.

5.3-Procés de comparació de capes entre imatge patró i mostra

El mètode serà el mateix que al capítol 4.

Per a poder muntar aquest sistema d'equacions, necessitem les components R GB de les capes, els colors de cada capa ja es coneixen, són sempre els mateixos.

En aquest últim capítol, s'han guardat unes matrius de posició per cada capa. El que s'ha de fer és buscar a l'altra imatge B1, aquestes posicions i guardar les components RGB en 3 vectors, un per component com s'ha fet anteriorment, en total 9 vectors, 3 per cada capa.

Amb aquest vectors, s'ha de fer la mediana (menys sensible als valors atípics), per a cada component, per a conèixer de cada mostra A1 i B1 quines components tenen les seves capes, per a posteriori muntar els sistemes lineals d'equacions descrits a l'apartat 3.3.

Per a resoldre aquest sistema d'equacions lineals s'ha utilitzat la funció amb Matlab anomenada "*lsqlin*", a la qual s'ha d'introduir dos matrius entre molts altres paràmetres d'optimització, una amb els components RGB estandarditzats dels 3 colors que formen la capa i una altre amb els valors RGB de la capa mateixa. Retorna un vector amb les 3 incògnites resoltes, que són per cadascun dels colors quina quantitat d'aquests representa per formar la capa.

Un cop resoltes les 3 incògnites de cada capa a comparar, es fa la diferència i d'aquesta manera es coneix quina diferència en quantitat hi ha del mateix color per a cadascuna de les capes entre la mostra A1 i B1.

6-RESULTATS

6.1-Utilització d'imatges sintètiques

Per poder testejar adequadament el procediment, s'han construït unes imatges sintètiques amb unes característiques cromàtiques ben conegudes, que han de servir de ground-truth.

Es construeixen per assegurar el funcionament del programa a l'hora de classificar píxels en capes i comparar-los amb el mateixos píxels de l'altre imatge.

Són imatges ideals, estan construïdes sense soroll, només hi ha píxels de capa 1, 2 i 3 per assegurar que no falseja els resultats.

→Imatges capa 1 (3x3 píxels)

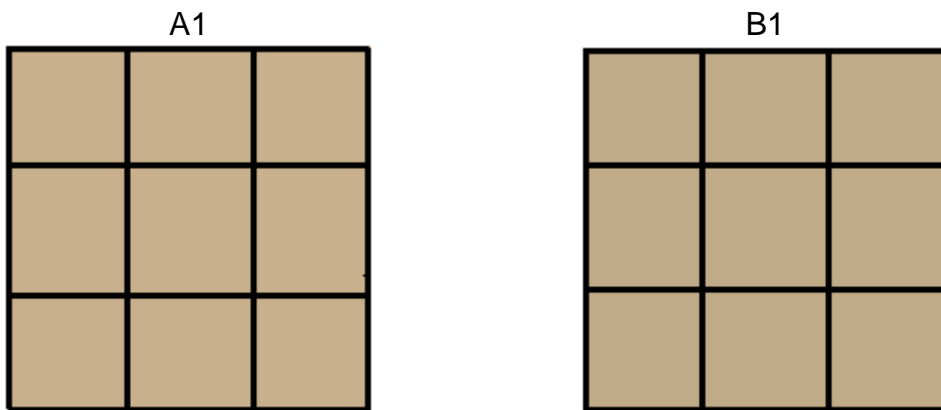


Figura 6.1 Imatges creades amb components RGB capa 1 de la mostra A1 i B1

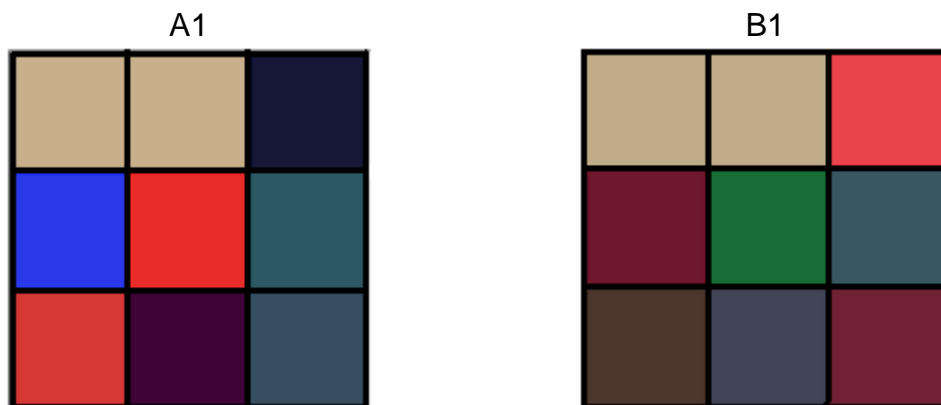


Figura 6.2 Imatges creades amb components RGB capa 1 de la mostra A1 i B1, afegint soroll

En els dos casos en executar el programa sobre aquestes imatges sintètiques de prova, els resultats són els següents:

En les imatges que retorna el programa, els píxels pintats de color blanc, són els píxels pertanyent a la capa, i per el contrari els negres pertanyen a una altre capa o bé no poden ser classificats.

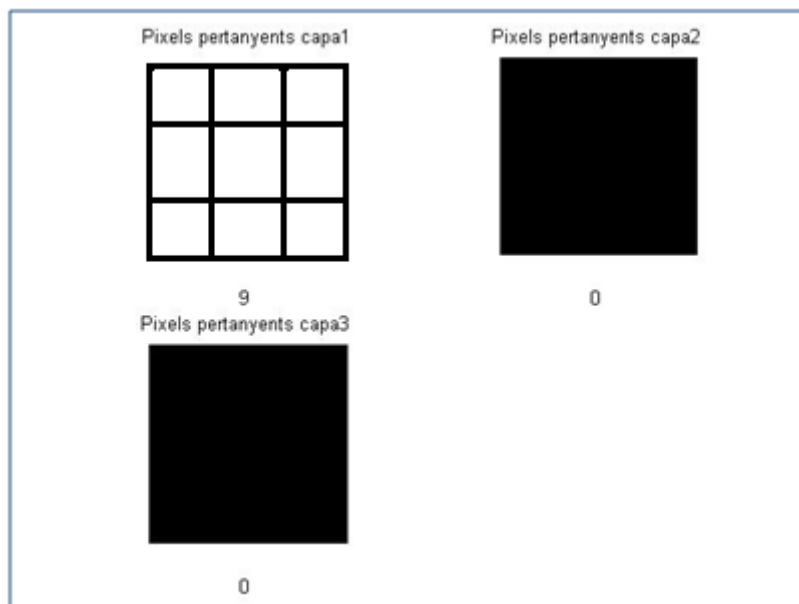


Figura 6.3 Imatges que retorna el programa, que representen els píxels pertanyents a cada capa d'una imatge final (barreja de les 3 capes)

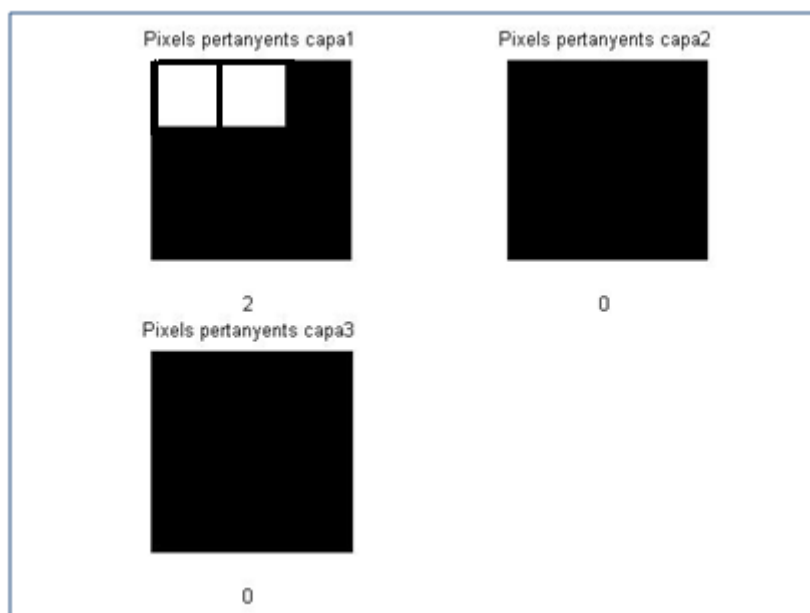


Figura 6.4 Imatges que retorna el programa, que representen els píxels pertanyents a cada capa d'una imatge final amb soroll

Per finalitzar ens retorna els paràmetres de quantitats de colors.

Significat codificació QC11--> QC=quantitat de color 1=color1 1=capa1

Retorna el percentatge en quantitat del color1 de B1(mostra de producció) respecte color1 de A1(referència), tots dos pertanyents a la capa1.

QC11 = 0.0197

QC21 = -0.0434

QC31 = 0.0237

QC12 = 0

QC22 = 0

QC32 = 0

QC13 = 0

QC23 = 0

QC33 = 0

La conclusió és que el programa selecciona els píxels adequadament i dona els mateixos resultats que en l'anàlisi anterior, com es pot veure en els resultats de la taula següent, extreta del capítol 3.2.5.

L'adició de soroll en els píxels veïns no afecta els resultats. Amb això es comprova que s'està comparant exactament el mateix píxel a les dues imatges. El problema vindria quan el soroll en comptes d'estar al veïns estigues en el propi píxel que s'ha de comparar, ja que modificaria els resultats afegint-hi un error.

Proporcions
-0,020
0,043
-0,024

→Imatges capa 2 (3x3 píxels)

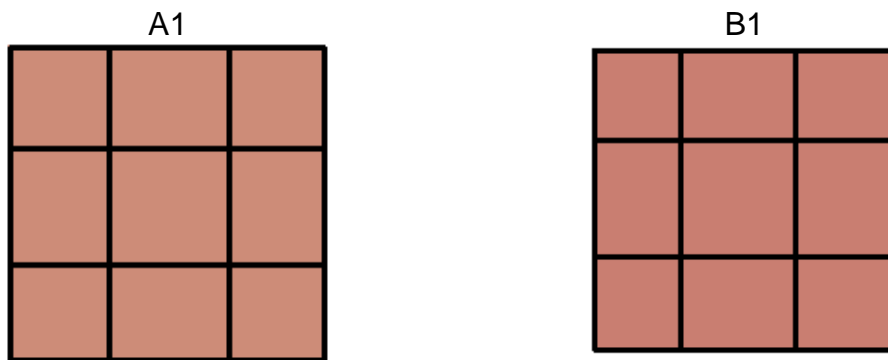


Figura 6.5 Imatges creades amb components RGB capa 2 de la mostra A1 i B1

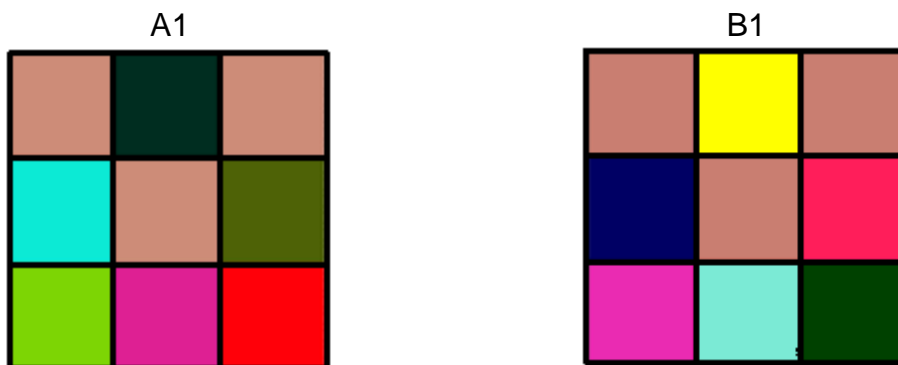


Figura 6.6 Imatges creades amb components RGB capa 2 de la mostra A1 i B1, afegint soroll

En els dos casos en executar el programa els resultats són els següents:

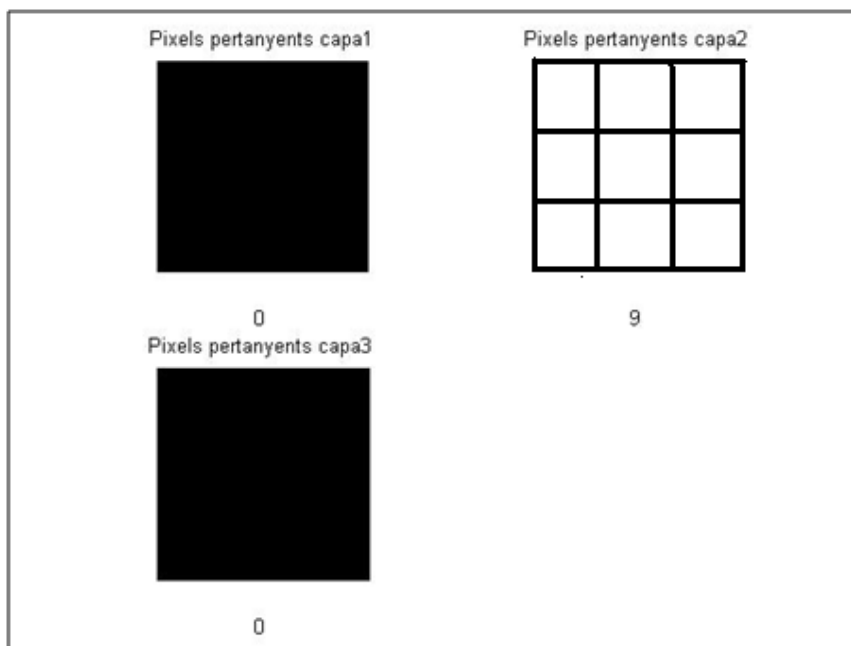


Figura 6.7 Imatges que retorna el programa, que representen els píxels pertanyents a cada capa d'una imatge final (barreja de les 3 capes)

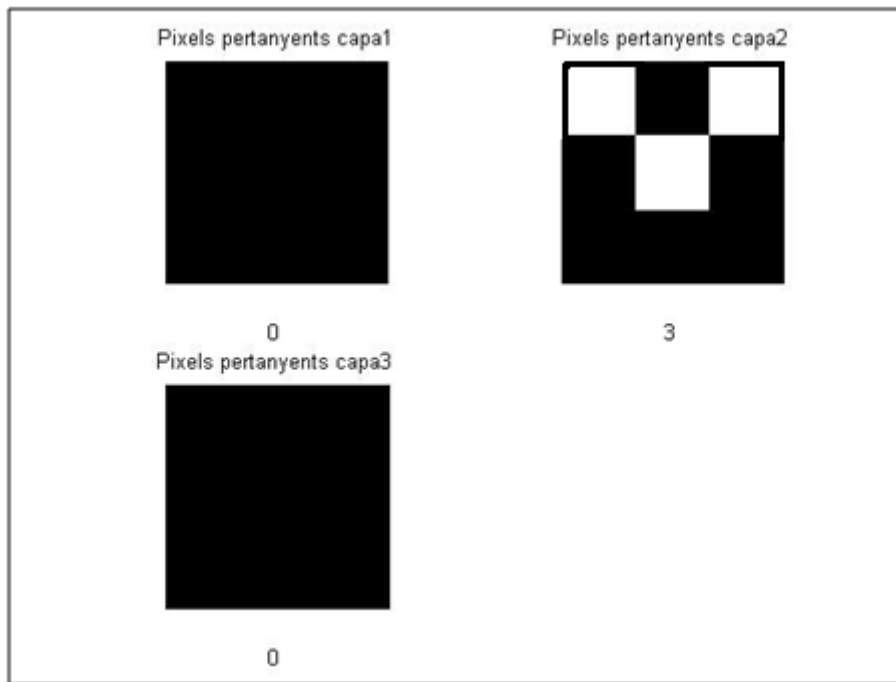


Figura 6.8 Imatges que retorna el programa, que representen els píxels pertanyents a cada capa d'una imatge final amb soroll

$$QC11 = 0$$

$$QC21 = 0$$

$$QC31 = 0$$

$$QC12 = 0.1135$$

$$QC22 = -0.0777$$

$$QC32 = -0.0358$$

$$QC13 = 0$$

$$QC23 = 0$$

$$QC33 = 0$$

La conclusió és que el programa selecciona els píxels adequadament i dona els mateixos resultats que en l'anàlisi anterior, com es pot veure a la taula. En aquest cas també visualment és veu que la imatge B1, és més vermella.

Proporcions
-0,1137
0,0780
0,0356

→Imatges capa 3 (3x3 píxels)

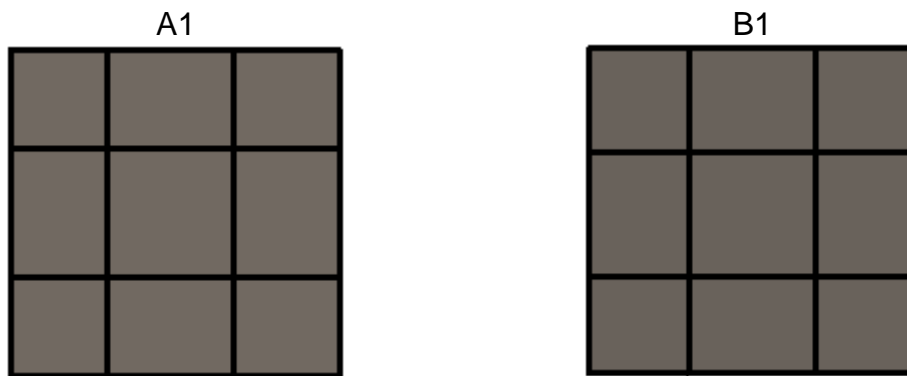


Figura 6.9 Imatges creades amb components RGB capa 3 de la mostra A1 i B1

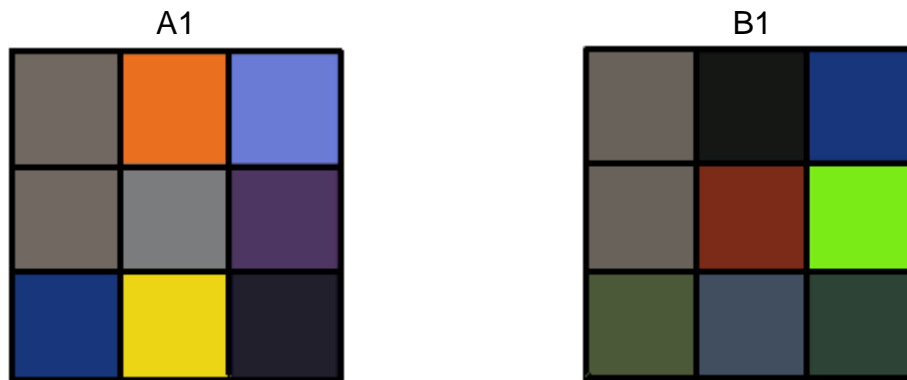


Figura 6.10 Imatges creades amb components RGB capa 3 de la mostra A1 i B1, afegint soroll

En els dos casos en executar el programa els resultats són els següents:

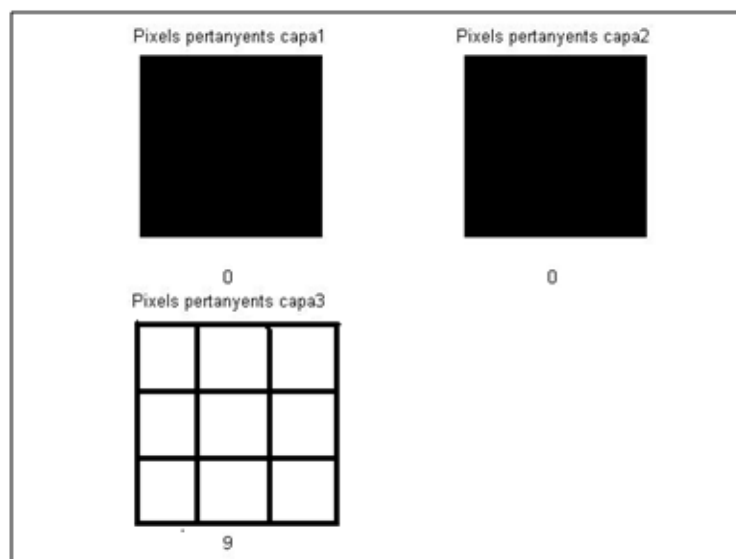


Figura 6.11 Imatges que retorna el programa, que representen els píxels pertanyents a cada capa d'una imatge final (barreja de les 3 capes)

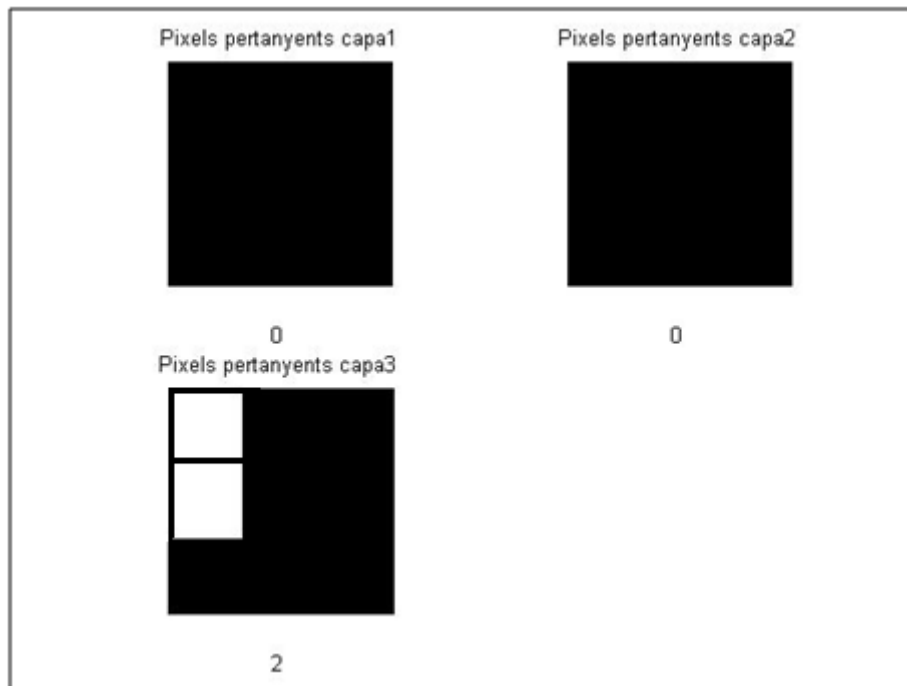


Figura 6.12 Imatges que retorna el programa, que representen els píxels pertanyents a cada capa d'una imatge final amb soroll

$$QC11 = 0$$

$$QC21 = 0$$

$$QC31 = 0$$

$$QC12 = 0$$

$$QC22 = 0$$

$$QC32 = 0$$

$$QC13 = -3.7804e-007$$

$$QC23 = -0.0214$$

$$QC33 = 0.0218$$

La conclusió és que el programa selecciona els píxels adequadament i dona els mateixos resultats que en l'anàlisi anterior, com es pot veure a la taula.

Proporcions
0,000
0,022
-0,022

→Imatges capes combinades (3x3 píxels)



Figura 6.13 Imatges creades amb components RGB de les 3 capes de la mostra A1 i B1

En executar el programa els resultats són els següents:

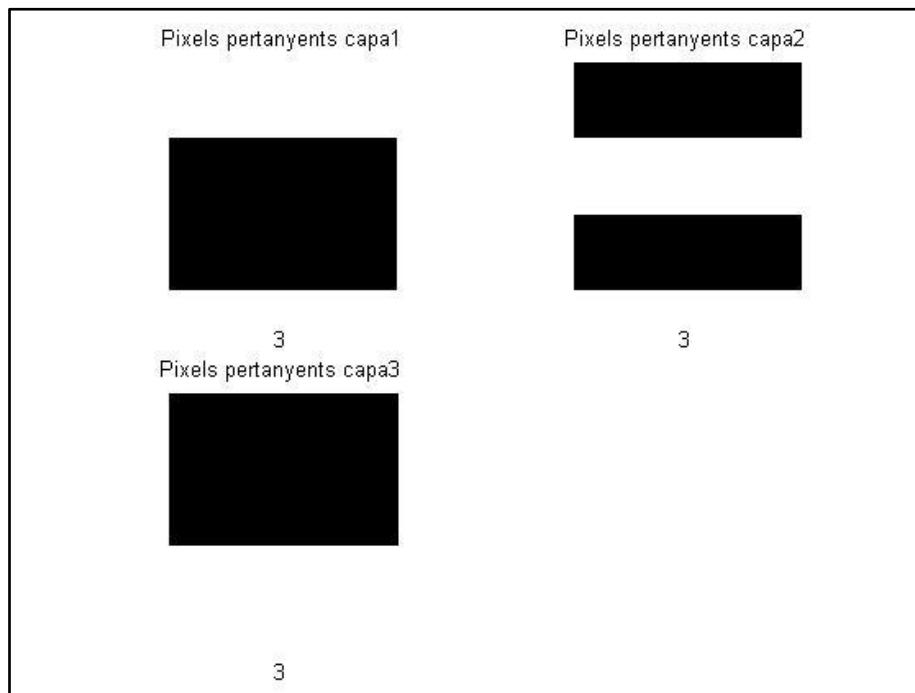


Figura 6.14 Imatges que retorna el programa, que representen els píxels pertanyents a cada capa d'una imatge final (barreja de les 3 capes)

QC11 = 0.0197
QC21 = -0.0434
QC31 = 0.0237
QC12 = 0.1135
QC22 = -0.0777
QC32 = -0.0358
QC13 = -3.7804e-007
QC23 = -0.0214
QC33 = 0.0218

Com es pot comprovar el programa amb imatges amb píxels de les 3 capes barrejats, dona els mateixos resultats que quan s'analitzaven anteriorment les imatges per separat.

→Imatges capes combinades modificades (3x3 píxels)

Per a comprovar la robustesa del model, es fan servir imatges amb píxels molts semblants a cadascuna de les capes però una mica modificats, per a veure si els reconeix i dona resultats semblants.

Llindar de tolerància a 0.1:



Figura 6.15 Imatges creades amb components RGB de les 3 capes de la mostra A1 i B1, una mica modificades

En executar el programa els resultats són els següents:

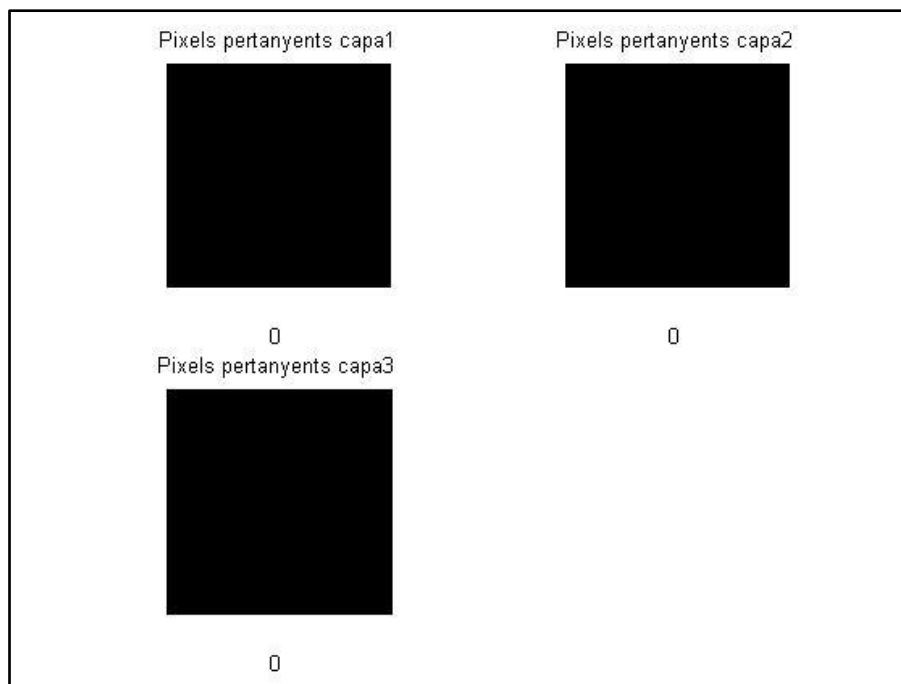


Figura 6.16 Imatges que retorna el programa, que representen els píxels pertanyents a cada capa d'una imatge final (barreja de les 3 capes)

Imatge sense píxels de capa 1

Imatge sense píxels de capa 2

Imatge sense píxels de capa 3

En aquest cas, amb imatges una mica modificades, el mètode de selecció de píxels amb un llindar de tolerància tan restrictiu no troba cap píxel pertanyent a cap capa, a continuació es torna a executar el programa però amb un llindar més elevat.

Llindar de tolerància 0.3:

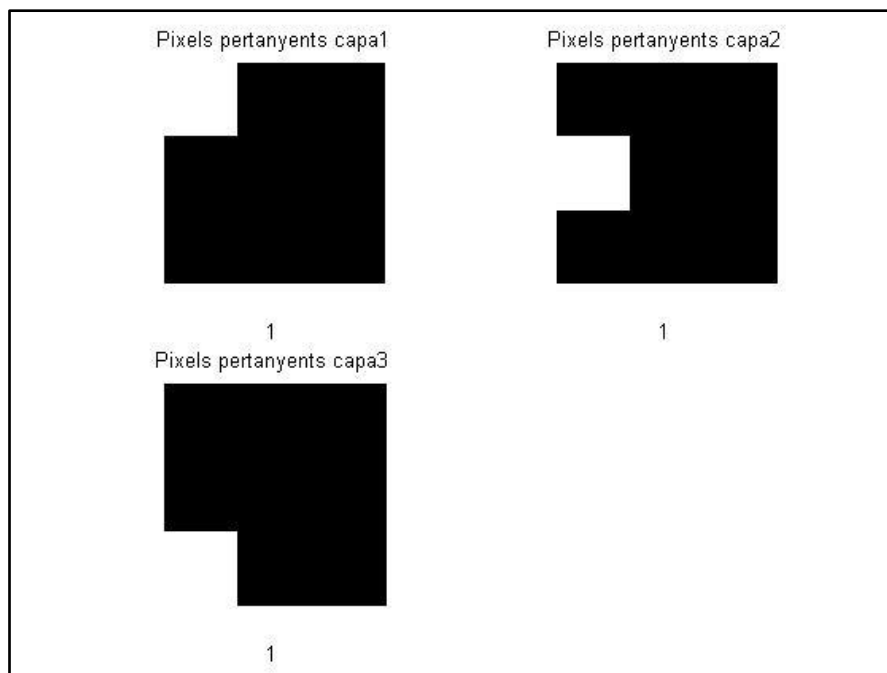


Figura 6.17 Imatges que retorna el programa, que representen els píxels pertanyents a cada capa d'una imatge final (barreja de les 3 capes)

$$QC11 = 0.0207$$

$$QC21 = -0.0445$$

$$QC31 = 0.0238$$

$$QC12 = 0.1370$$

$$QC22 = -0.0996$$

$$QC32 = -0.0373$$

$$QC13 = -1.8810e-006$$

$$QC23 = -0.0721$$

$$QC33 = 0.0715$$

Amb imatges una mica modificades i amb un llindar més elevat, el programa reconeix algun píxel de cada capa i dona resultats força equivalents a imatges elaborades amb tots píxels idèntics al de les capes.

→Imatge sintètica real

Per últim, es fa una prova amb una imatge de 250x250 píxels, simulant el màxim possible a les reals

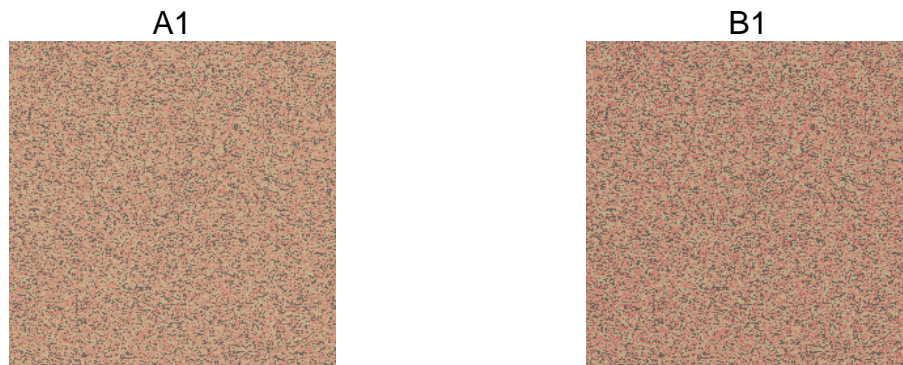


Figura 6.18 Imatges creades amb components RGB de les 3 capes de la mostra A1 i B1

En executar el programa els resultats són els següents:

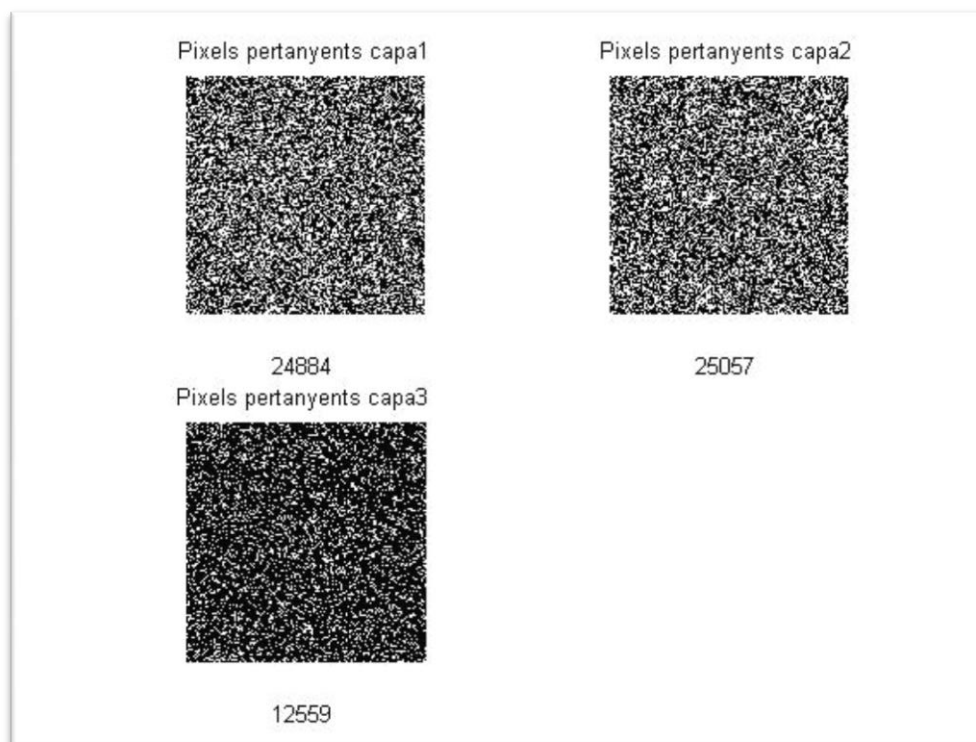


Figura 6.19 Imatges que retorna el programa, que representen els píxels pertanyents a cada capa d'una imatge final (barreja de les 3 capes)

$$QC11 = 0.0197$$

$$QC21 = -0.0434$$

$$QC31 = 0.0237$$

$$QC12 = 0.1135$$

$$QC22 = -0.0777$$

$$QC32 = -0.0358$$

$$QC13 = -3.7804e-007$$

$$QC23 = -0.0214$$

$$QC33 = 0.0218$$

Com es pot comprovar el programa amb imatges grans que contenen píxels aleatoris de les 3 capes barrejats intentant simular una mostra real de producció, dóna els mateixos resultats que als anàlisis anteriors.

6.1.1-Calibració del llindar de tolerància

En aquest apartat es comprova si té correlació el percentatge que es modifiquen els píxels d'una imatge amb el llindar de tolerància a aplicar.

-Imatges amb les components RGB modificades un 5% (3x3 píxels)

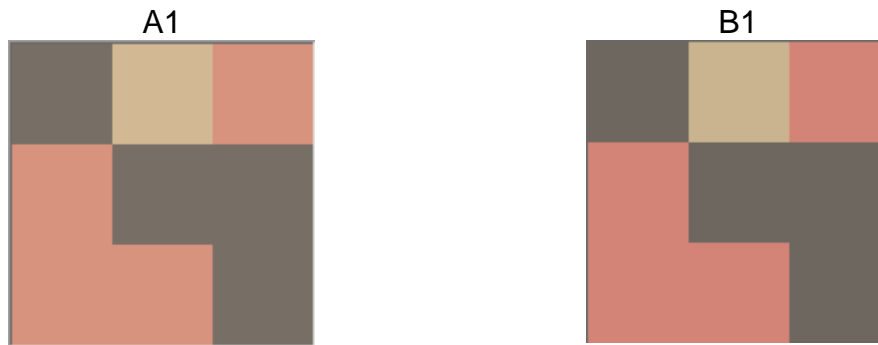


Figura 6.20 Imatges creades amb components RGB de les 3 capes de la mostra A1 i B1, modificats un 5%

-Execució aplicació amb llindar de tolerància a 0.1

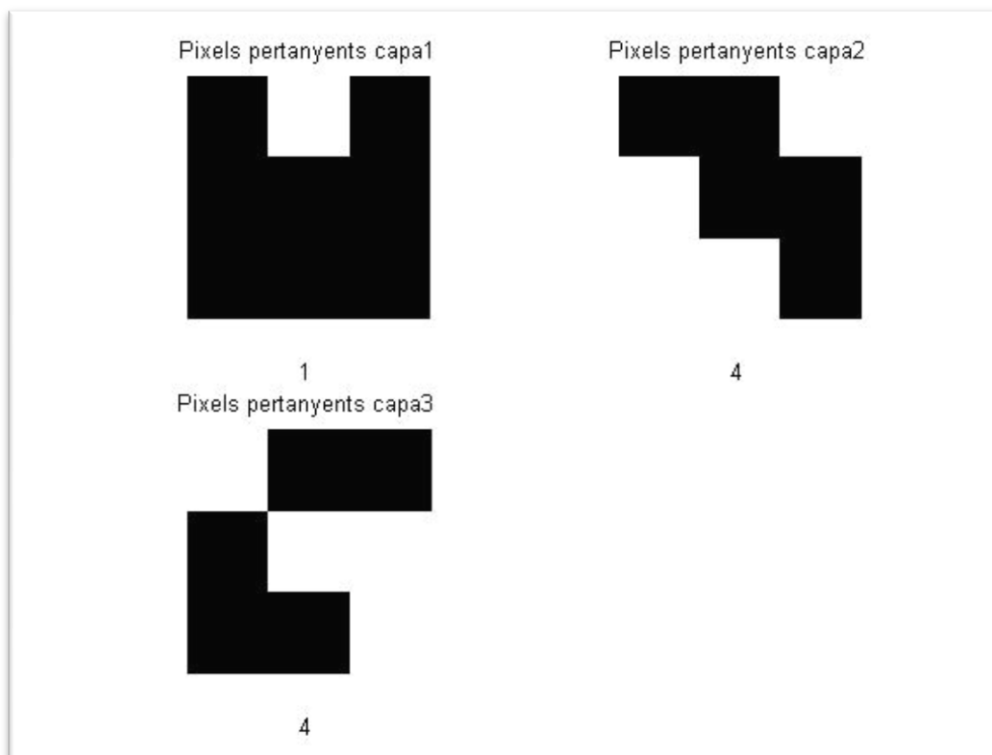


Figura 6.21 Imatges que retorna el programa, que representen els píxels pertanyents a cada capa d'una imatge final (barreja de les 3 capes)

QC11 = 0.0189
QC21 = -0.0413
QC31 = 0.0225
QC12 = 0.1211
QC22 = -0.0898
QC32 = -0.0314
QC13 = 2.4806e-006
QC23 = -0.0180
QC33 = 0.0183

Aplicant una petita modificació de 5% als píxels, amb un llinar de tolerància molt restrictiu de 0.1 (0 no funciona, perquè els píxels no són idèntics als de les capes), reconeix totes les capes i retorna uns valors força semblants als ideals, que demanen els experts de la empresa.

-Imatges amb les components RGB modificades un 10% (3x3 píxels)

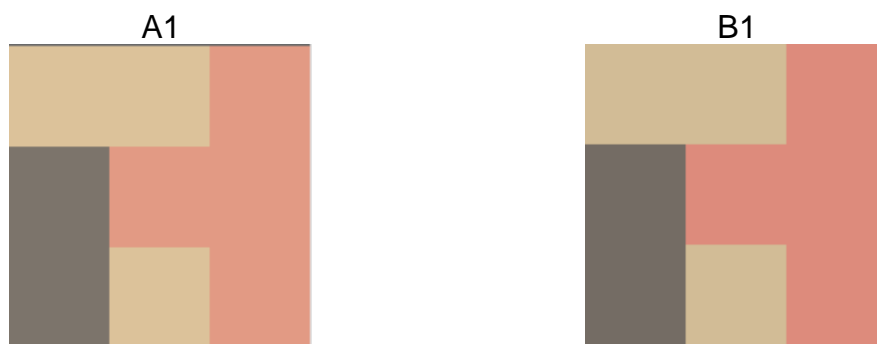


Figura 6.22 Imatges creades amb components RGB de les 3 capes de la mostra A1 i B1, modificats un 10%

-Execució aplicació amb llindar de tolerància 0.2

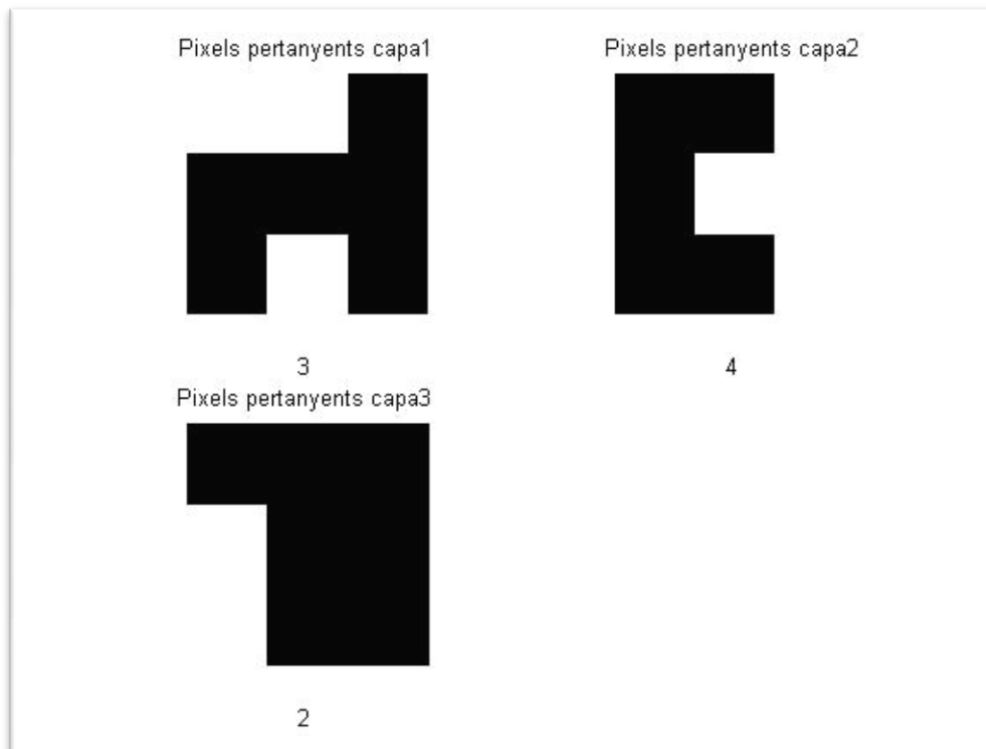


Figura 6.23 Imatges que retorna el programa, que representen els píxels pertanyents a cada capa d'una imatge final (barreja de les 3 capes)

$$QC11 = 0.0083$$

$$QC21 = -0.0367$$

$$QC31 = 0.0284$$

$$QC12 = 0.1040$$

$$QC22 = -0.0668$$

$$QC32 = -0.0372$$

$$QC13 = -8.4321e-007$$

$$QC23 = 0.0124$$

$$QC33 = -0.0134$$

Amb el llindar de tolerància a 0.1 el programa no classifica cap píxel a cap capa. Amb 0.2 si que els classifica correctament, però s'observa que les quantitats de colors comencen a distar dels números que ens indica l'empresa.

-Imatges amb les components RGB modificades un 15% (3x3 píxels)

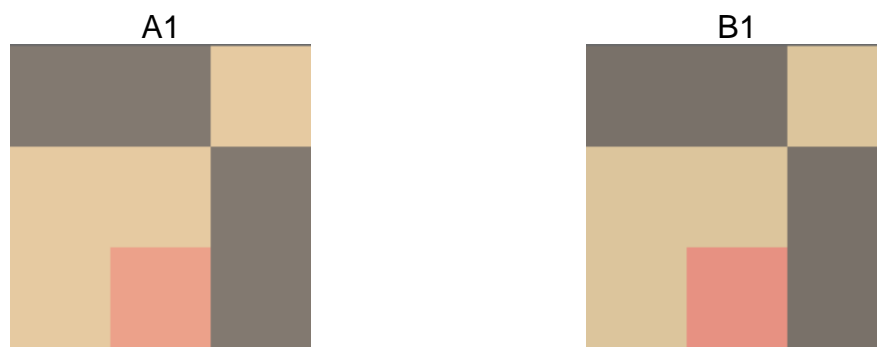


Figura 6.24 Imatges creades amb components RGB de les 3 capes de la mostra A1 i B1, modificats un 15%

-Execució aplicació amb llindar de tolerància 0.3

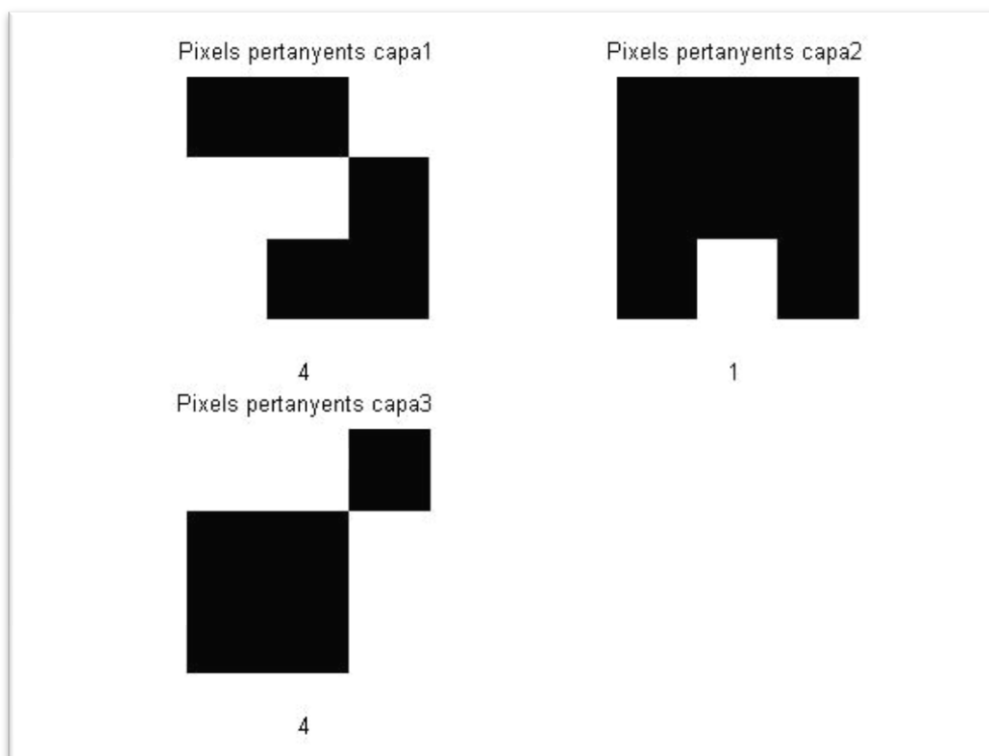


Figura 6.25 Imatges que retorna el programa, que representen els píxels pertanyents a cada capa d'una imatge final (barreja de les 3 capes)

$$QC11 = 0.0330$$

$$QC21 = -0.0504$$

$$QC31 = 0.0174$$

$$QC12 = 0.1113$$

$$QC22 = -0.0783$$

$$QC32 = -0.0331$$

$$QC13 = 1.2625e-004$$

$$QC23 = -0.0114$$

$$QC33 = 0.0110$$

Com a conclusió de la calibració del paràmetre lliandar de tolerància, s'observa que a partir de 0.3 no interessa seleccionar píxels, perquè les quantitats comencen a distar massa dels valors que ens han indicat els experts de l'empresa per aquestes mostres A1 i B1, ja que la imatge està un 15% modificada.

Si amb 0.3 no classifica cap píxel a cap capa, voldrà dir que la imatge analitzada té els píxels força modificats respecte les capes. I s'haurà d'analitzar si és profitós seguir amb l'anàlisi o escollir una altre imatge.

El comportament aproximat del lliandar de tolerància respecte els píxels modificats es la següent:

Cada 0.1 → 5% de modificació dels píxels de la imatge respecte l'original o de referència.

6.2-Utilització d'imatges extretes del procés de producció

- Imatges reals extretes del procés de producció, de mida 500x500 píxels



Figura 6.26 Imatges reals escanejades de A1 i B1

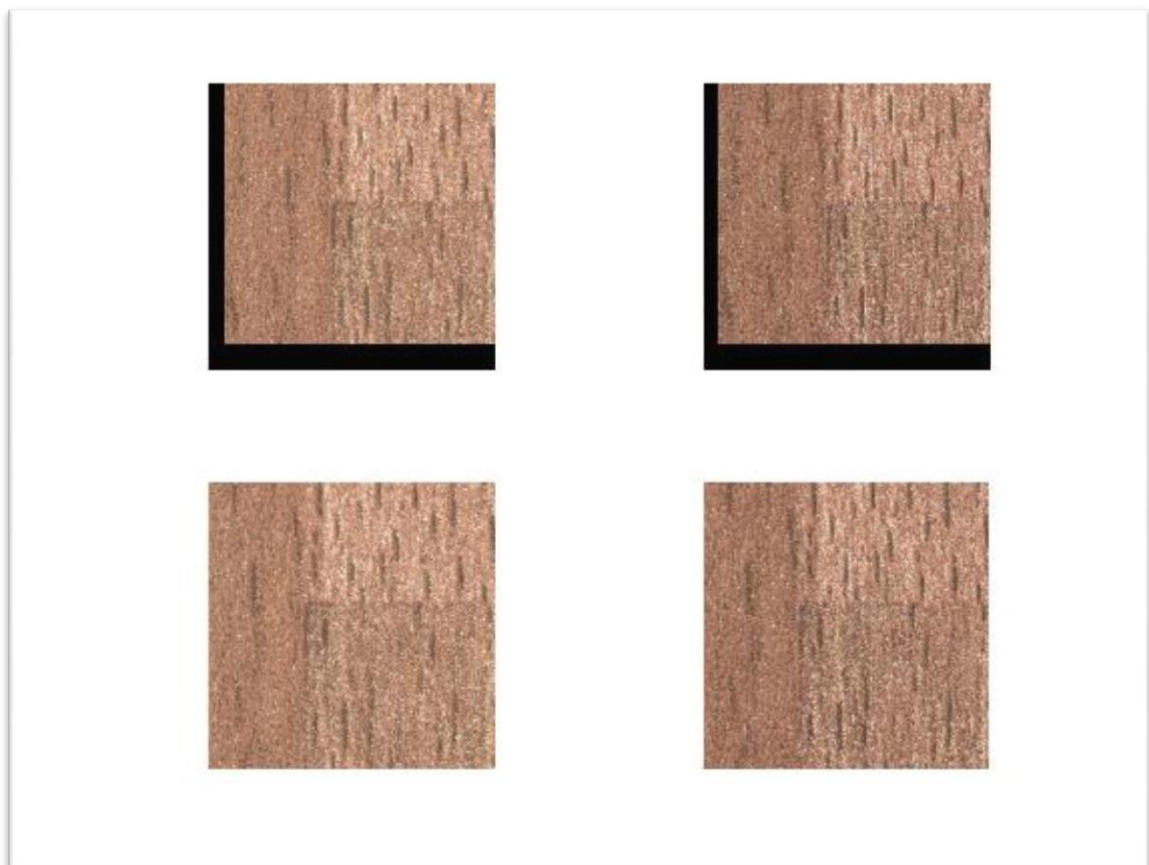


Figura 6.27 Imatges alineades(superiors), imatges sense marges negres(inferiors)

-Execució aplicació amb llindar de tolerància 0.3

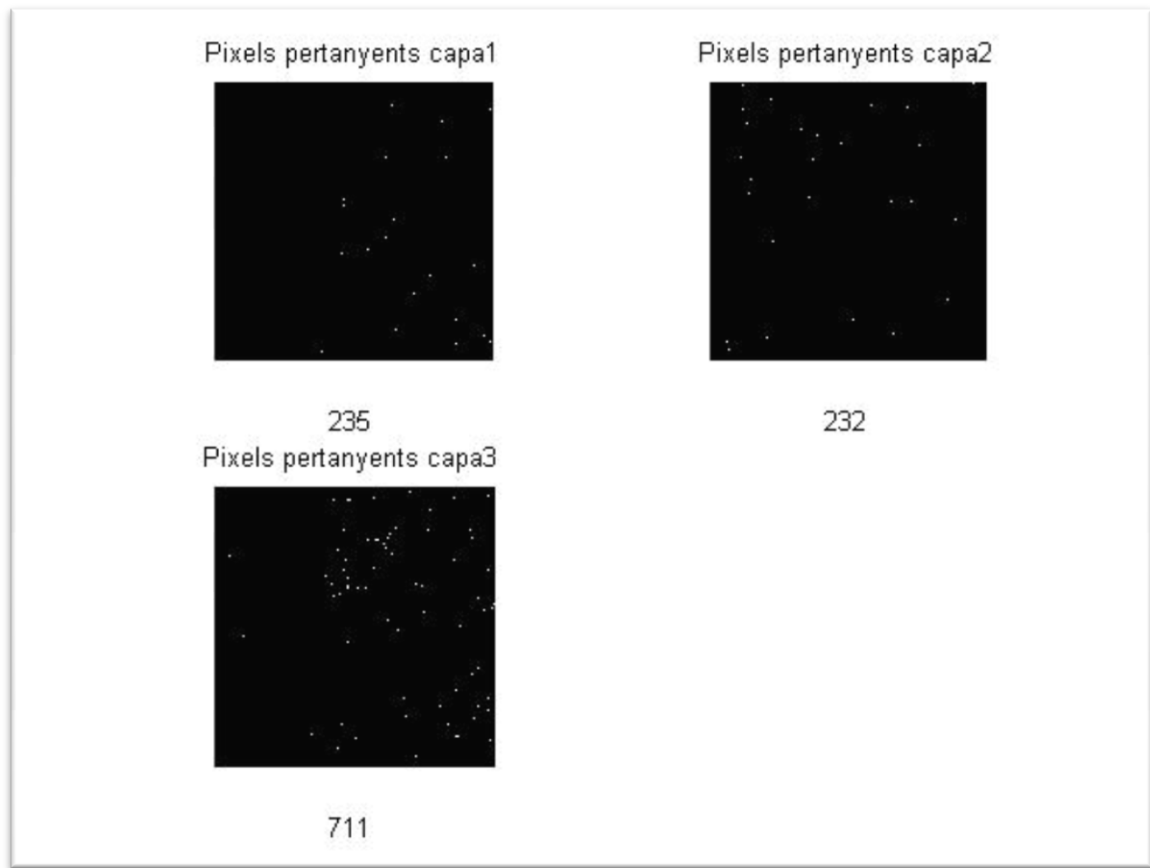


Figura 6.28 Imatges que retorna el programa, que representen els píxels pertanyents a cada capa d'una imatge final (barreja de les 3 capes)

QC11 = -0.2176

QC21 = 0.4179

QC31 = -0.2002

QC12 = -0.0744

QC22 = 0.0990

QC32 = -0.0247

QC13 = 5.0496e-006

QC23 = 0.4753

QC33 = -0.4761

Les dades que ens aporta l'aplicació no s'ajusten a les dades que els experts de l'empresa en control de qualitat van proporcionar. Amb imatges reals l'aplicació no funciona, però sí amb imatges sintètiques. Amb imatges reals troba píxels per classificar de cada capa, però no els està comparant adequadament, el problema segurament està que no compara píxels de la mateixa capa (però sí de la mateixa posició). Això pot ser degut a:

-Alineació: que no s'estigui comparant la mateixa zona a les dos imatges, degut a que físicament no és la mateixa zona.

-Soroll: que no s'estigui comparant la mateixa zona degut a què hi ha píxels que no contenen informació útil.

El problema d'alineació, és poc provable ja que és un programa robust i suficientment testat pel grup de Visió per Computador. S'han fet proves amb imatges i l'alineació és la correcta.

Per tant, el problema principal s'observa analitzant amb molt de detall la figura 6.29. El disseny del cilindre es quasi el mateix i efectivament els solcs negres que són els de capa 3, a la mostra B1 són més foscos. Però el problema està en el munt de píxels blancs "soroll" que hi ha a les imatges i de forma aleatòria, no es troba a la mateixa posició en les dos mostres, i això provoca que encara que es comparen les mateixes posicions de píxels la capa no sigui la mateixa, i les diferències entre elles que calcula l'aplicació sigui errònia.

Per solucionar aquest problema, no hi ha més remei que canviar el mètode d'adquisició de dades, per un de més robust i precís.

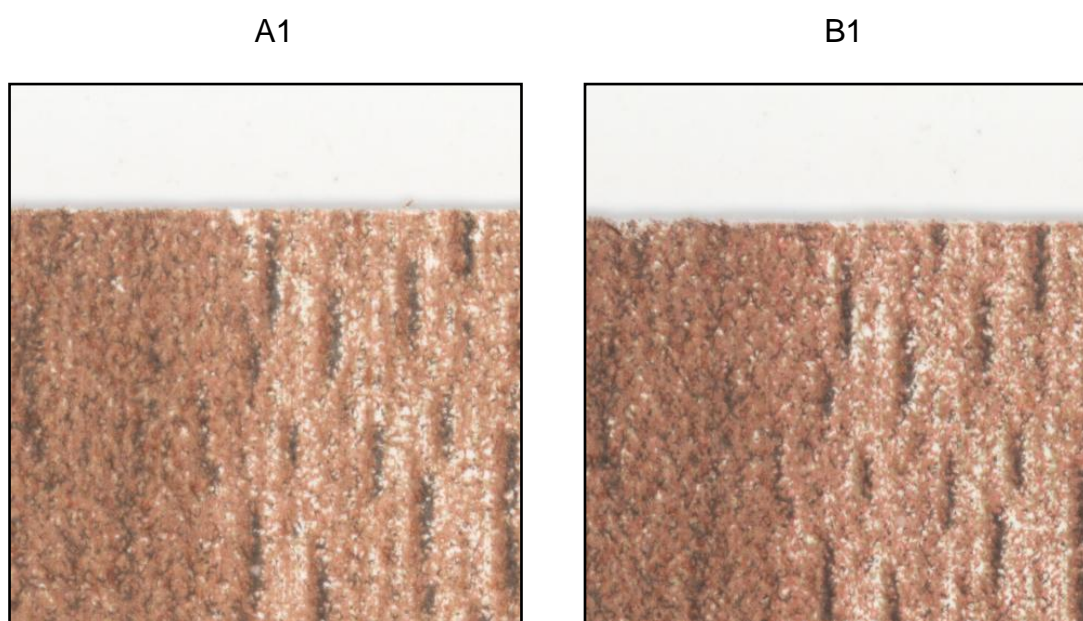


Figura 6.29 Imatges amplificades del producte final de la mostra A1 i B1

7-EL PROGRAMA

Aquest prototipus creat amb Matlab, anomenat "*Principal*", té la funció d'automatitzar tots els passos del procediment descrit al capítol 5 (figura 5.1).

Aquest programa per poder executar-lo necessita de l'entorn Matlab, s'han d'introduir paràmetres d'entrada, que són dos imatges, la de referència i la que surt de producció, conjuntament amb el threshold (llindar de tolerància), que s'explica al capítol 5.3.

Exemple d'utilització:

En primer lloc en dos variables es guarda el nom de la imatge, en aquest cas com que les imatges estan al mateix directori que el programa, només s'introdueix el nom, en qualsevol altre cas s'ha d'introduir el path o camí on es troba la imatge, conjuntament amb el nom.

```
im1='AA1.bmp'
```

```
im2='BB1.bmp'
```

A continuació es procedeix a la crida del programa:

```
[QC11, QC21, QC31, QC12, QC22, QC32, QC13, QC23, QC33]=Principal3(im1, im2, 0.3)
```

Un cop executat el programa:

Retorna tres imatges binàries com les de la figura 7.1, on marca els píxels que pertanyen a cada capa i la quantitat total de píxels trobats de cada capa.

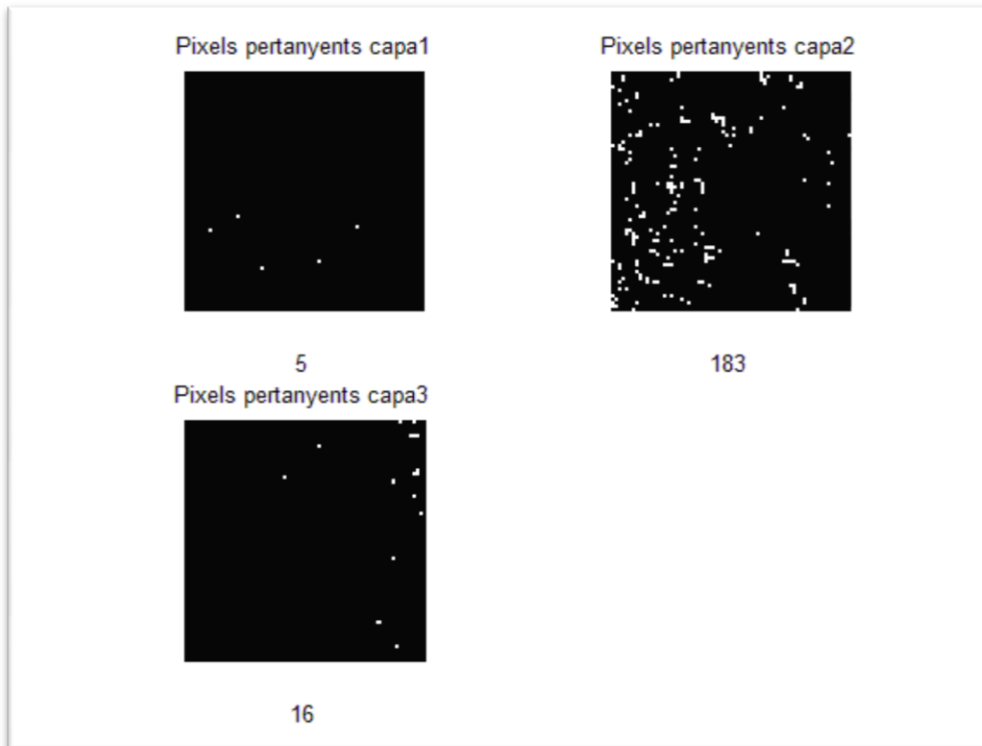


Figura 7.1 Imatges que retorna el programa, que representen els píxels pertanyents a cada capa d'una imatge final (barreja de les 3 capes)

Per finalitzar retorna els paràmetres de quantitats de colors.

Significat de QC11--> QC=quantitat de color / 1=color 1=capa

Es pot comprovar que en aquest exemple la mostra B1 respecte A1, a la capa 1 té un 20% més de color groc i negre que són la tinta 1 i 3 de les 3 que formen la capa (QC11-31), a la capa 2 té un 113% més de color vermell que és la tinta 1 de les 3 que formen la capa (QC12) i a la capa 3 té un 20% més de color negre que és la tinta 3 de les 3 que formen la capa(QC33).

$$QC11 = 0.0197$$

$$QC21 = -0.0434$$

$$QC31 = 0.0237$$

$$QC12 = 0.1135$$

$$QC22 = -0.0777$$

$$QC32 = -0.0358$$

$$QC13 = -3.7804e-007 \text{ (igual a 0)}$$

$$QC23 = -0.0214$$

$$QC33 = 0.0218$$

Cal destacar que aquest prototipus esta dissenyat tenint en compte les dades proporcionades per l'empresa. S'ha de recordar que es disposa de dades experimentals que pertanyen a un determinat disseny de paper pintat (mostres A1 i B1, amb les característiques esmentades en el capítol 1.3.

L'empresa ha proporcionat aquestes mostres sobre les quals es disposa de tot el coneixement possible. Si el prototipus funciona adequadament amb les mostres proporcionades es pot assegurar que també ha de funcionar amb altres dissenys de paper pintat que pugui produir l'empresa.

En cas d'haver d'estudiar un disseny diferent s'haurà de disposar també de tots els valors dels components cromàtics de les tintes utilitzades per elaborar les capes i s'haurien d'introduir aquests com a paràmetres en l'aplicació.

8-TÈCNIQUES I EINES

8.1-Obtenció de les imatges: l'escàner

L'adquisició de les imatges es fa mitjançant un escàner. Inicialment es va pensar també la possibilitat d'utilitzar càmeres, però es va descartar aquesta idea degut a que en l'adquisició d'imatges mitjançant càmeres no es controlen les condicions d'il·luminació externes i de color adquirit, depèn molt de com incideixi la llum en l'objecte en el moment de l'adquisició. La imatge obtinguda es podria veure afectada tant en l'intensitat com en el color. La necessitat d'adquirir les imatges sense cap tipus d'influència externa va portar a la idea d'utilitzar un escàner. Utilitzant un escàner sempre s'adquireixen les imatges amb les mateixes condicions.

Per tal que les imatges adquirides siguin vàlides, en el sentit que tant les imatges ideals com les mostra siguin adquirides en les mateixes condicions, cal que els paràmetres de l'escàner, com l'ajustament de tonalitat automàtic...no modifiquin cap atribut de les imatges a l'adquirir-les, ja que això provocaria a l'hora de capturar imatges una influència externa que no permet garantir que les imatges siguin adquirides amb les mateixes condicions. Per això, l'escàner ha de tenir desactivat qualsevol opció del tipus correcció automàtica del color, de la llum,... i altres paràmetres automàtics.

És convenient no passar de mides majors de 500x500 píxels, ja que augmenta molt el temps de processat de l'aplicació, ja que en aquest cas hauria d'analitzar 250.000 píxels, per tant l'aplicació hauria de fer 250.000 iteracions. Per tant, l'objectiu seria escanejar la superfície producte final (3 capes barrejades) el més petita possible, on es puguin distingir bé els tres tipus de zona (capa 1,2,3), amb una mida màxima de 500x500 píxels.

L'adquisició de les imatges es fa en format (.bmp), ja que és la forma de guardar imatges amb menys compressió i per tant no fa cap tipus d'interpolació entre els píxels. Interessa que la imatge emmagatzemada representi la realitat de la forma més fidedigna possible, és a dir, en el procés de captures de imatges, aquesta ha de patir els mínims canvis possibles respecte a l'original (la imatge física).

8.2-Sotware utilitzat: el Matlab

MATLAB (abreviatura de MATrix LABoratory, "laboratori de matrius") és un programari matemàtic que ofereix un entorn de desenvolupament integrat (IDE) amb un llenguatge de programació propi (llenguatge M). Està disponible per a les plataformes Unix, Windows i Apple Mac OS X. Entre les seves prestacions bàsiques es troben: la manipulació de matrius, la representació de dades i funcions, la implementació d'algorismes, la creació d'interfícies d'usuari (GUI) i la comunicació amb programes en altres llenguatges i amb altres dispositius maquinari.

La decisió de la utilització del Matlab en front a altres llenguatges de programació com el C, ha sigut per els següents motius:

És un entorn dissenyat per a treballar amb matrius (el seu nom prové d'aquí), ja que disposa de moltes eines ideals per al present projecte, ja que les imatges no deixen de ser matrius, ja que és la forma de guardar la informació d'una imatge.

També ens permet comunicar-nos amb altres sistemes operatius com el MS-DOS, que és la plataforma per on discorre el programa d'alineació *rmRegMIAT*.

Permet la implementació d'algorismes, que ha servit per a crear el programa "*Principal*", mitjançant el seu llenguatge *M*.

Degut a tot això i que la creació d'una eina software final no era l'objectiu del projecte, sinó que el que realment es volia és dissenyar i implementar un prototipus que millorés les prestacions de l'anterior per tal de comprovar si és o no possible solucionar el problema plantejat per l'empresa, es va decidir utilitzar el Matlab, un software molt senzill per a realitzar operacions amb imatges i càlculs matemàtics.

La realització d'un programa complet utilitzant un llenguatge formal d'alt nivell, ha quedat fora de l'abast d'aquest PFC, l'objectiu bàsic del qual ha estat l'estudi en profunditat del problema plantejat per l'empresa i la implementació d'un prototipus amb Matlab.

9-CONCLUSIONS I LÍNIES DE TREBALLS FUTURS

9.1-Conclusions

Pel que fa a conclusions, es pot dir que la realització d'aquest projecte compleix els objectius que s'havien establert en els plantejaments inicials d'aquest.

“Dissenyar i implementar un prototipus que millorés les prestacions de l'anterior per tal de comprovar si és o no possible solucionar el problema plantejat per l'empresa”, mitjançant Matlab un software molt senzill per a realitzar operacions amb imatges i càlculs matemàtics.

Millora les prestacions del prototipus anterior i té una base molt sòlida que serveix com a perfecte punt de partida per ampliacions en projectes futurs, ja que funciona perfectament. Pot arribar a ser una eina molt útil per als experts de l'empresa, que ajudi a prendre decisions sobre les modificacions que s'han de realitzar a les formulacions dels colors de les tintes que formen les capes d'un determinat disseny, per a que la mostra que surt de producció es vagi ajustant cada cop més als valors de la mostra de referència.

Pel que fa a resultats aquesta nova aplicació proporciona més informació i més precisa que l'anterior però pateix el mateix problema, amb imatges reals no acaba d'ajustar-se als valors indicats pels experts de l'empresa. Però en aquest cas si que s'ha identificat la procedència de l'error, ja que s'han utilitzat imatges sintètiques de referència que han demostrat la validesa de la solució proposada en aquest Projecte Final de Carrera.

El que s'ha d'aconseguir a partir d'aquest moment es traslladar els bons resultats aconseguits amb imatges sintètiques a les imatges reals solucionant el problema amb el sistema de captura. Cal disminuir els errors degut al soroll a les imatges escanejades i que aquest no afecti a la comparació entre imatges de producció i imatges de referència. Durant la realització del projecte es va detectar un problema d'impossible resolució, degut als recursos materials dels que es disposava, com és el sistema de captura. Tot i així es decideix seguir endavant perquè la nova metodologia es considera el camí a seguir, com queda demostrat amb el seu perfecte funcionament sobre imatges sintètiques.

El sistema de comparació d'imatges és un pas endavant important, ja que respecte al seu antecessor, sempre encerta el color que s'ha de modificar i a més a més aporta una informació molt valuosa com es la quantitat en la que s'ha de variar aquest color. Per tant es pot concloure que aquesta nova metodologia funciona correctament.

9.2-Línies de treballs futurs

El primer que cal fer, com ja hem dit és modificar el sistema d'adquisició de les imatges, per tal de reduir al màxim els problemes de soroll. Per altre banda cal introduir millores a l'aplicació, per facilitar-ne el seu ús als futurs usuaris:

-En primer lloc traslladar l'entorn de programació a un llenguatge en C, per les facilitats d'aquest llenguatge , com són principalment la portabilitat i no haver de dependre d'un programa per executar-lo com és el Matlab. Aquest només ha sigut la plataforma de desenvolupament, que era el que més facilitats donava. Altrament aprofitant la programació en C, s'hauria d'implementar una interfície d'usuari visual, fàcil de fer anar i més vistosa, que no compliqui l'ús de l'aplicació als operaris.

-En segon lloc, la implementació d'una base de dades amb un banc de dades de característiques cromàtiques dels dissenys de referència que utilitza l'empresa. Ja que aquest prototipus esta dissenyat amb la finalitat de comprovar dos disseny determinats per a veure si la metodologia aplicada és la correcta i es pugui fer extensible aquesta aplicació a més dissenys. El fet d'haver de fer un registre de dades, no suposa cap problema per l'empresa ja que el prerequisit de no parar la producció es compleix, perquè abans de produir s'analitzen tots els dissenys es guarden a la base de dades, i per tant quan es vulgui canviar el disseny a mitja producció, nomes caldrà actualitzar el programa amb la base de dades introduint els nous paràmetres per a fer noves comparacions amb altres dissenys, sense provocar interrupcions ni alentiments a la cadena de producció.

BIBLIOGRAFIA

Referències:

[1]-Mario Vila Durán. PFC- Disseny i implementació d'un prototipus de control de qualitat mitjançant Visió per Computador

Altres llibres utilitzats:

-Documentació d'ajuda Matlab

-González, Woods, Richard E. *Digital image processing using Matlab*. Upper Saddle River: Prentice 2004

-Shapiro, L & G. Stockman. *Computer Vision*, Prentice Hall, 2001

-Arturo de la Esalera Hueso, *Visión por computador. Fundamentos y métodos*. Ed. Prentice Hall, 2001

-Vernon, D. *Machine Vision*. Ed. Prentice Hall, 1991.

Finalment, també hi ha informació disponible on-line:

-www.mathworks.com

-http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/p1.html

-<http://www.desarrolloweb.com/articulos/1778.php>

-<http://www.couleur.org>

-<http://www.mat.ucm.es/~jair/matlab/notas.htm>

