

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



REGISTRO DE IMÁGENES MULTIESPECTRALES AEREAS
UTILIZANDO LA TRANSFORMADA DE WAVELETS

Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico, que presenta el bachiller:

Susan Lucy Palacios Salcedo

ASESOR: Donato Andrés Flores Espinoza

Lima, Julio del 2012

ÍNDICE

ANEXO 1	1
1.1 Algoritmo de Coeficientes de Filtros	1
1.2 Algoritmo de Función Binomial	2
ANEXO 2	4
2.1 Algoritmo de Implementación del Banco de Filtros.....	4
ANEXO 3	9
3.1 Algoritmo para hallar el Vector de Traslación utilizando DT-CWT.....	9
3.2 Algoritmo para Alinear las Imágenes.....	10
3.3 Algoritmo utilizado para la evaluación del registro de imágenes con la transformada de wavelet discreta.....	11
ANEXO 4	13
ANEXO 5	22
ANEXO 6.....	56

Anexo 1

1.1 Algoritmo de Coeficientes de Filtros:

El algoritmo para encontrar los coeficientes se implemento en una función **K1k2L1**. El nombre de la función indica el orden de K, k y L. Para obtener otros coeficientes del banco de filtros se cambia los valores de de K, k y L; pero se debe de tener cuidado en la factorización espectral ya que se busca funciones simétricas.

```
function [h0,h1,g0,g1,H0,H1,G0,G1]=K1k2L1
%-----
%h0n,h1n,g0n,g1n,H0n,H1n,G0n,G1n
%Coeficientes de Filtros
%
%Función que devuelve los coeficientes del
%banco de filtros, para K=1, k=2 y L=1.
%
%Variables de salida
%h0: Coeficientes del filtro pasa bajo de análisis
%de la parte real.
%h1: Coeficientes del filtro pasa alto de análisis
%de la parte real.
%H0: Coeficientes del filtro pasa bajo de síntesis
%de la parte real.
%H1: Coeficientes del filtro pasa alto de síntesis
%de la parte real.
%g0: Coeficientes del filtro pasa bajo de análisis
%de la parte imaginaria.
%g1: Coeficientes del filtro pasa alto de análisis
%de la parte imaginaria.
%G0: Coeficientes del filtro pasa bajo de síntesis
%de la parte imaginaria.
%G1: Coeficientes del filtro pasa alto de síntesis
%de la parte imaginaria

K=1;
k=2;
L=1;
n=0:L-1;
tau=1/2;
d=cumprod([1, (L-n).*(L-n-tau)./(n+1)./(n+1+tau)]);%Fórmula de Thiran
s1=binom(2*(k+K),0:2*(k+K));
s2=conv(d,d(end:-1:1));
s=conv(s1,s2);
M=K+L+k;
C=convmtx(s',2*M-1);
C=C(2:2:end,:);
b=zeros(2*M-1,1);
b(M)=1;
r=(C\b)';
x=roots(r);
Q=poly([x(1) x(6)]);%Factorización espectral de r
```

```

q=poly([x(2) x(3) x(4) x(5)]); %Factorización espectral de r
F=conv(Q,binom(K,0:K));
f=conv(q,binom(k,0:k));
g0=conv(f,d);%%%%filtro pasabajos de análisis(parte imaginaria)
h0=conv(f,d(end:-1:1));%%%%filtro pasabajos de análisis(parte real)
H0=conv(F,d);%%%%filtro pasabajos de síntesis(parte real)
G0=conv(F,d(end:-1:1));%%%%filtro pasabajos de síntesis(parte
imaginaria)
a1=[-1 1 -1 1 -1];
h1=a1.*H0;%%%%filtro pasaalto de análisis(parte real)
g1=a1.*G0;%%%%filtro pasaalto de análisis(parte imaginaria)
a2=[1 -1 1 -1 1 -1 1 -1];
H1=a2.*h0;%%%%filtro pasaalto de síntesis(parte real)
G1=a2.*g0;%%%%filtro pasaalto de síntesis(parte imaginaria)

```

1.2 Algoritmo de Función binomial

Como se mencionó el desarrollo del algoritmo se baso en un programa sugerido por el autor Selesnick, quien desarrollo la función binom.m. A continuación se muestra dicha función:

```

function a = binom(n,k)
%
% a = binom(n,k)
% BINOMIAL COEFFICIENTS
%
% allowable inputs:
%     n : integer, k : integer
%     n : integer vector, k : integer
%     n : integer, k : integer vector
%     n : integer vector, k : integer vector (of equal dimension)
%
%
% Ivan Selesnick
% selesi@poly.edu
% Polytechnic University
% Brooklyn, NY, USA

nv = n;
kv = k;
if (length(nv) == 1) & (length(kv) > 1)
    nv = nv * ones(size(kv));
elseif (length(nv) > 1) & (length(kv) == 1)
    kv = kv * ones(size(nv));
end
a = nv;
for i = 1:length(nv)
    n = nv(i);
    k = kv(i);
    if n >= 0
        if k >= 0
            if n >= k
                c = prod(1:n)/(prod(1:k)*prod(1:n-k));
            else
                c = 0;
            end
        end
    end
end

```

```
        end
    else
        c = 0;
    end
else
    if k >= 0
        c = (-1)^k * prod(1:k-n-1) / (prod(1:k)*prod(1:-n-1));
    else
        if n >= k
            c = (-1)^(n-k) * prod(1:-k-1) / (prod(1:n-k)*prod(1:-n-1));
        else
            c = 0;
        end
    end
end
end
a(i) = c;
end
```

Anexo 2

2.1 Algoritmo de Implementación del Banco de Filtros:

El algoritmo para implementar los filtros se implemento en una función llamada **wave**. Esta previamente realiza un llamado a la función de los coeficientes de filtros.

```
function [wv1,wv2,wv3,wv4,wv5,wv6]=wave(I,n)
%-----
%Banco de filtros
%
%Función que devuelve wavelets en 6 direcciones
%
%Variables de Entrada:
%
%I: Imagen
%n: el nivel de filtros (1,2,3)
%
%Variables de salida:
%
%Descomposición de wavelets: wv1,wv2,wv3,wv4,wv5,wv6
%Necesita la función K1k2L1

[h0,h1,g0,g1,H0,H1,G0,G1]=K1k2L1;
imag=I;
imag=double(imag);
%
%Descomposición de wavelets del nivel 1
[M, N]=size(imag);
for i=1:M
    im=imag(i, :);
    imh0(i, :) = conv(im,h0n);
end
imh0=imh0(2:2:end,:);%decimando filas
for i=1:N
    im=imh0(:,i);
    imh00(:,i) = conv(im,h0n');
end
imh00=imh00(:,2:2:end);%decimando columnas
for i=1:N
    im=imh0(:,i);
    imh01(:,i) = conv(im,h1n');
end
imh01=imh01(:,2:2:end);%decimando columnas
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

for i=1:M
    im=imag(i, :);
    imh1(i, :) = conv(im,h1n);
end
imh1=imh1(2:2:end,:);%decimando filas
for i=1:N
    im=imh1(:,i);
    imh10(:,i) = conv(im,h0n');
```

```

end
imh10=imh10(:,2:2:end);%decimando columnas
for i=1:N
    im=imh1(:,i);
    imh11(:,i)= conv(im,h1n');
end
imh11=imh11(:,2:2:end);%decimando columnas
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for i=1:M
    im=imag(i, :);
    img0(i, :)= conv(im,g0n);
end
img0=img0(2:2:end,:);%decimando filas
for i=1:N
    im=img0(:,i);
    img00(:,i)= conv(im,g0n');
end
img00=img00(:,2:2:end);%decimando columnas
for i=1:N
    im=img0(:,i);
    img01(:,i)= conv(im,g1n');
end
img01=img01(:,2:2:end);%decimando columnas

for i=1:M
    im=imag(i, :);
    img1(i, :)= conv(im,g1n);
end
img1=img1(2:2:end,:);%decimando filas
for i=1:N
    im=img1(:,i);
    img10(:,i)= conv(im,g0n');
end
img10=img10(:,2:2:end);%decimando columnas
for i=1:N
    im=img1(:,i);
    img11(:,i)= conv(im,g1n');
end
img11=img11(:,2:2:end);%decimando columnas
wav1=(imh01-img01)/sqrt(2);
wav2=(imh10-img10)/sqrt(2);
wav3=(imh11-img11)/sqrt(2);
wav4=(imh01+img01)/sqrt(2);
wav5=(imh10+img10)/sqrt(2);
wav6=(imh11+img11)/sqrt(2);
%
%%Descomposición de wavelets del nivel 2
[M, N]=size(imh00);
for i=1:M
    im=imh00(i, :);
    imh000(i, :)= conv(im,h0);
end
imh000=imh000(2:2:end,:);%decimando filas
for i=1:N
    im=imh000(:,i);
    imh0000(:,i)= conv(im,h0');
end

```

```

imh0000=imh0000(:,2:2:end);%decimando columnas
for i=1:N
    im=imh000(:,i);
    imh0001(:,i)= conv(im,h1');
end
imh0001=imh0001(:,2:2:end);%decimando columnas
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for i=1:M
    im=imh00(i, :);
    imh001(i, :)= conv(im,h1);
end
imh001=imh001(2:2:end,:);%decimando filas
for i=1:N
    im=imh001(:,i);
    imh0010(:,i)= conv(im,h0');
end
imh0010=imh0010(:,2:2:end);%decimando columnas
for i=1:N
    im=imh001(:,i);
    imh0011(:,i)= conv(im,h1');
end
imh0011=imh0011(:,2:2:end);%decimando columnas
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for i=1:M
    im=img00(i, :);
    img000(i, :)= conv(im,g0);
end
img000=img000(2:2:end,:);%decimando filas
for i=1:N
    im=img000(:,i);
    img0000(:,i)= conv(im,g0');
end
img0000=img0000(:,2:2:end);%decimando columnas
for i=1:N
    im=img000(:,i);
    img0001(:,i)= conv(im,g1');
end
img0001=img0001(:,2:2:end);%decimando columnas
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for i=1:M
    im=img00(i, :);
    img001(i, :)= conv(im,g1);
end
img001=img001(2:2:end,:);%decimando filas
for i=1:N
    im=img001(:,i);
    img0010(:,i)= conv(im,g0');
end
img0010=img0010(:,2:2:end);%decimando columnas
for i=1:N
    im=img001(:,i);
    img0011(:,i)= conv(im,g1');
end
img0011=img0011(:,2:2:end);%decimando columna

wav11=(imh0001-img0001)/sqrt(2);
wav22=(imh0010-img0010)/sqrt(2);

```

```

wav33=(imh0011-img0011)/sqrt(2);
wav44=(imh0001+img0001)/sqrt(2);
wav55=(imh0010+img0010)/sqrt(2);
wav66=(imh0011+img0011)/sqrt(2);
%
%Descomposición de wavelets del nivel 3
%
[M, N]=size(imh0000);
for i=1:M
    im=imh0000(i, :);
    imh00000(i, :)= conv(im,h0);
end
imh00000=imh00000(2:2:end,:);%decimando filas
for i=1:N
    im=imh00000(:,i);
    imh000000(:,i)= conv(im,h0');
end
imh000000=imh000000(:,2:2:end);%decimando columnas
for i=1:N
    im=imh000000(:,i);
    imh0000001(:,i)= conv(im,h1');
end
imh0000001=imh0000001(:,2:2:end);%decimando columnas
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for i=1:M
    im=imh00000(i, :);
    imh000001(i, :)= conv(im,h1);
end
imh000001=imh000001(2:2:end,:);%decimando filas
for i=1:N
    im=imh000001(:,i);
    imh0000010(:,i)= conv(im,h0');
end
imh0000010=imh0000010(:,2:2:end);%decimando columnas
for i=1:N
    im=imh0000010(:,i);
    imh0000011(:,i)= conv(im,h1');
end
imh0000011=imh0000011(:,2:2:end);%decimando columnas
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for i=1:M
    im=img0000(i, :);
    img00000(i, :)= conv(im,g0);
end
img00000=img00000(2:2:end,:);%decimando filas
for i=1:N
    im=img00000(:,i);
    img000000(:,i)= conv(im,g0');
end
img000000=img000000(:,2:2:end);%decimando columnas
for i=1:N
    im=img000000(:,i);
    img0000001(:,i)= conv(im,g1');
end
img0000001=img0000001(:,2:2:end);%decimando columnas
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for i=1:M

```

```

        im=img0000(i, :);
        img00001(i, :)= conv(im,g1);
end
img00001=img00001(2:2:end,:);%decimando filas
for i=1:N
    im=img00001(:,i);
    img000010(:,i)= conv(im,g0');
end
img000010=img000010(:,2:2:end);%decimando columnas
for i=1:N
    im=img00001(:,i);
    img000011(:,i)= conv(im,g1');
end
img000011=img000011(:,2:2:end);%decimando columnas
wav111=(imh000001-img000001)/sqrt(2);
wav222=(imh000010-img000010)/sqrt(2);
wav333=(imh000011-img000011)/sqrt(2);
wav444=(imh000001+img000001)/sqrt(2);
wav555=(imh000010+img000010)/sqrt(2);
wav666=(imh000011+img000011)/sqrt(2);
switch n
    case 1,
        wav1=wav1;
        wav2=wav2;
        wav3=wav3;
        wav4=wav4;
        wav5=wav5;
        wav6=wav6;
    case 2,
        wav1=wav11;
        wav2=wav22;
        wav3=wav33;
        wav4=wav44;
        wav5=wav55;
        wav6=wav66;
    case 3,
        wav1=wav111;
        wav2=wav222;
        wav3=wav333;
        wav4=wav444;
        wav5=wav555;
        wav6=wav666;
    otherwise,
        wav1=wav1;
        wav2=wav2;
        wav3=wav3;
        wav4=wav4;
        wav5=wav5;
        wav6=wav6;
end
...

```

Anexo 3

3.1 Algoritmo para hallar el vector de traslación:

```
function [tx,ty ]=vect1(I,Ir)
%-----
%Función que calcula el vector traslación en
%diferentes direcciones en el nivel 1.
%
%[tx,ty ]=vect1(I,Ir)
%
%Variables de entrada:
%
%I: Imagen de espectro infrarrojo cercano
%Ir: Imagen de espectro rojo
%
%Variables de salida:
%
%tx: Vector traslación correspondiente a la coordenada x
%ty: Vector traslación correspondiente a la coordenada y
%
%Las funciones vect2 y vect3 también son vectores de traslación;
%correspondientes al nivel 2 y 3.
%
%%Necesita la función wave
%
[wav1,wav2,wav3,wav4,wav5,wav6]=wave(I,1);% Obtención de wavelets de
%espectro infrarrojo cercano
[wavr1,wavr2,wavr3,wavr4,wavr5,wavr6]=wave(Ir,1);% Obtención de
%wavelets de espectro rojo

wavr1c=wavr1(7:end-7,7:end-7);
wav1c=wav1(7:end-7,7:end-7);
w1=xcorr2(wavr1c,wav1c);%Hallando la correlación cruzada
[maxvalue,idxofmax] = max(w1(:));
[rf(1),c(1)] = ind2sub(size(w1),idxofmax);
[rr(1), cc(1)]=size(wav1c);
%-----%
wavr2c=wavr2(7:end-7,7:end-7);
wav2c=wav2(7:end-7,7:end-7);
w2=xcorr2(wavr2c,wav2c);%Hallando la correlación cruzada
[maxvalue,idxofmax] = max(w2(:));
[rf(2),c(2)] = ind2sub(size(w2),idxofmax);
[rr(2), cc(2)]=size(wav2c);
%-----%
wav3c=wav3(7:end-7,7:end-7);
wavr3c=wavr3(7:end-17,7:end-7);
w3=xcorr2(wavr3c,wav3c);%Hallando la correlación cruzada
[maxvalue,idxofmax] = max(w3(:));
[rf(3),c(3)] = ind2sub(size(w3),idxofmax);
[rr(3), cc(3)]=size(wav3c);
%-----%
wav4c=wav4(7:end-7,7:end-7);
wavr4c=wavr4(7:end-7,7:end-7);
w4=xcorr2(wavr4c,wav4c);%Hallando la correlación cruzada
[maxvalue,idxofmax] = max(w4(:));
```

```

[rf(4),c(4)] = ind2sub(size(w4),idxofmax);
[rr(4), cc(4)]=size(wav4c);
%-----%
wav5c=wav5(7:end-7,7:end-7);
wavr5c=wavr5(7:end-7,7:end-7);
w5=xcorr2(wavr5c,wav5c);%Hallando la correlación cruzada
[maxvalue,idxofmax] = max(w5(:));
[rf(5),c(5)] = ind2sub(size(w5),idxofmax);
[rr(5), cc(5)]=size(wav5c);
%-----%
wav6c=wav6(7:end-7,7:end-7);
wavr6c=wavr6(7:end-7,7:end-7);
w6=xcorr2(wavr6c,wav6c);%Hallando la correlación cruzada
[maxvalue,idxofmax] = max(w6(:));
[rf(6),c(6)] = ind2sub(size(w6),idxofmax);
[rr(6), cc(6)]=size(wav6c);
ty=rf-rr;%Coordenada y del vector de traslación
tx=c-cc;%Coordenada x del vector de traslación

```

3.2 Algoritmo para Alinear las Imágenes:

```

function alin(I,Ir,tx,ty,n)

%-----
% Función que realiza el alineamiento de dos imágenes
%
%alin(I,Ir,tx,ty,n)
%
%Variables de entrada
%
%I: Imagen de espectro infrarrojo cercano
%Ir: Imagen de espectro rojo
%tx: Coordenada del eje x del vector de traslación
%ty: Coordenada del eje y del vector de traslación
%n: Nivel del vector traslación
%
%Variables de salida
%
%ii:imagen alineada

switch n
    case 1,
        a=2;
    case 2,
        a=4;
    case 3,
        a=8;
    otherwise,
        a=2;
end
tf=maketform('affine',[1 0 0;0 1 0; -a*tx -a*ty 1]);
Irt=imtransform(Ir,tf,'FillValues', 255,'XData', [1 size(Ir,2)],
'YData', [1 size(Ir,1)]);
ii(:, :, 1)=Irt;

```

```

ii(:,:,2)=I;
ii(:,:,3)=zeros(size(I));
%figure;imshow(ii)
[M,N]=size(I);
if (abs(ty)==ty)&&(abs(tx)==tx)%Recorta la imagen
    aa=ii(1:(M-(2*ty)-1),1:(N-(2*tx)-1),:);
else
    if (abs(ty)~=ty)&&(abs(tx)==tx)
        aa=ii((2*abs(ty)+1):M,1:(N-(2*tx)-1),:);
    else
        if (abs(ty)==ty)&&(abs(tx)~=tx)
            aa=ii(1:(M-(2*ty)-1),(2*abs(tx)+1):N,:);
        else
            aa=ii((2*abs(ty)+1):M,(2*abs(tx)+1):N,:);
        end
    end
end
end
%figure;imshow(aa);
figure;imshow(ii);
[file,path]= uiputfile('*.bmp','Guardar Imagen alineada');%Guarda la
imagen alineada
st=sprintf('%s%s',path,file);
imwrite(aa,st);

```

3.3 Algoritmo utilizado para la evaluación del registro de imágenes con la transformada de wavelet discreta:

```

function [tx,ty ]=wavstand(I,Ir,x)
%-----
%Función que calcula el vector traslación utilizando wavelets estándar.
%
%[tx,ty ]=wavstand(I,Ir,x)
%
%Variables de Entrada:
%
%I: Imagen de espectro infrarrojo cercano
%Ir: Imagen de espectro rojo
%x: Familia de wavelet: db3,d5, ....
%
%Variable de Salida:
%tx: Vector traslación correspondiente a la coordenada x
%ty: Vector traslación correspondiente a la coordenada y

%-----
[ca1,ch1,cv1,cd1] = dwt2(I,x);
[calr,ch1r,cv1r,cd1r] = dwt2(Ir,x);
%-----
w1=xcorr2(ch1,ch1r);
[maxvalue,idxofmax] = max(w1(:));
[rf(1),c(1)] = ind2sub(size(w1),idxofmax);
ww1=xcorr2(ch1,ch1);
[maxvalue,idxofmax] = max(ww1(:));
[rr(1),cc(1)] = ind2sub(size(ww1),idxofmax);
%-----
-

```

```

w2=xcorr2(cv1,cv1r);
[maxvalue,idxofmax] = max(w2(:));
[rf(2),c(2)] = ind2sub(size(w2),idxofmax);
ww2=xcorr2(cv1,cv1);
[maxvalue,idxofmax] = max(ww2(:));
[rr(2),cc(2)] = ind2sub(size(ww2),idxofmax);
%-----
w3=xcorr2(cd1,cd1r);
[maxvalue,idxofmax] = max(w3(:));
[rf(3),c(3)] = ind2sub(size(w3),idxofmax);
ww3=xcorr2(cd1,cd1);
[maxvalue,idxofmax] = max(ww3(:));
[rr(3),cc(3)] = ind2sub(size(ww3),idxofmax);
%-----
--
ty=rr-rf; %Coordenada y del vector de traslación
tx=cc-c; %Coordenada x del vector de traslación

```

Anexo 4

A continuación se mostrará algunas descomposiciones de wavelets para la imagen de prueba de Lena, en la cual se varían L, K y k

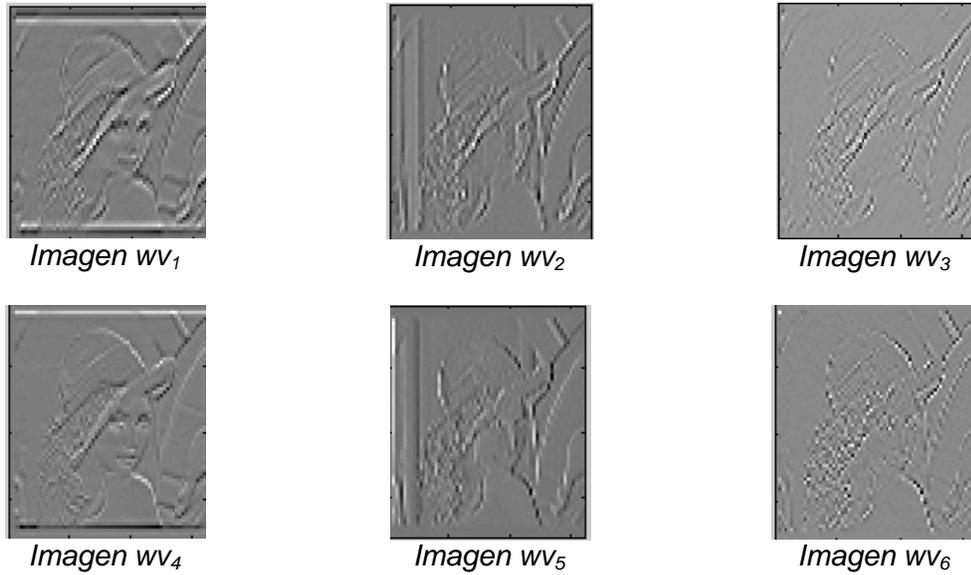


Figura 4.1 Imágenes de los seis direccionamientos del nivel 1 para K=1, k=2 y L=2

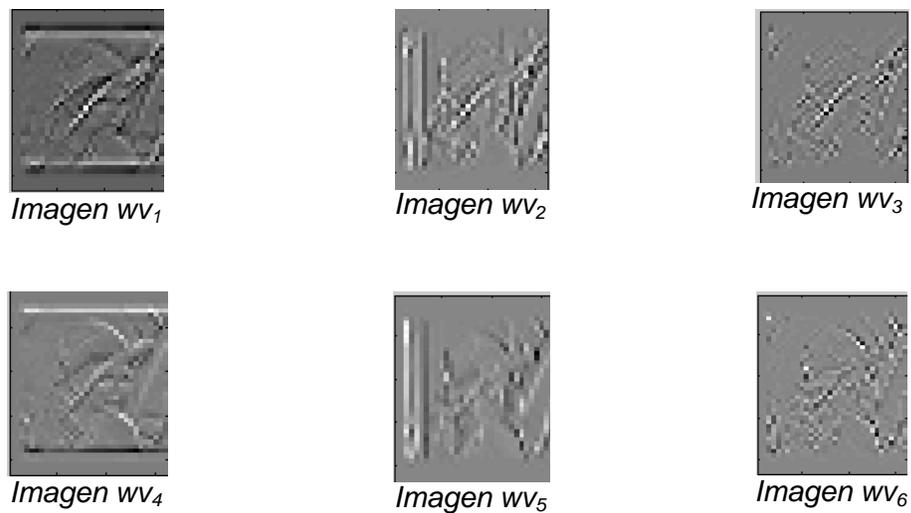


Figura 4.2 Imágenes de los seis direccionamientos del nivel 2 para K=1, k=2 y L=2

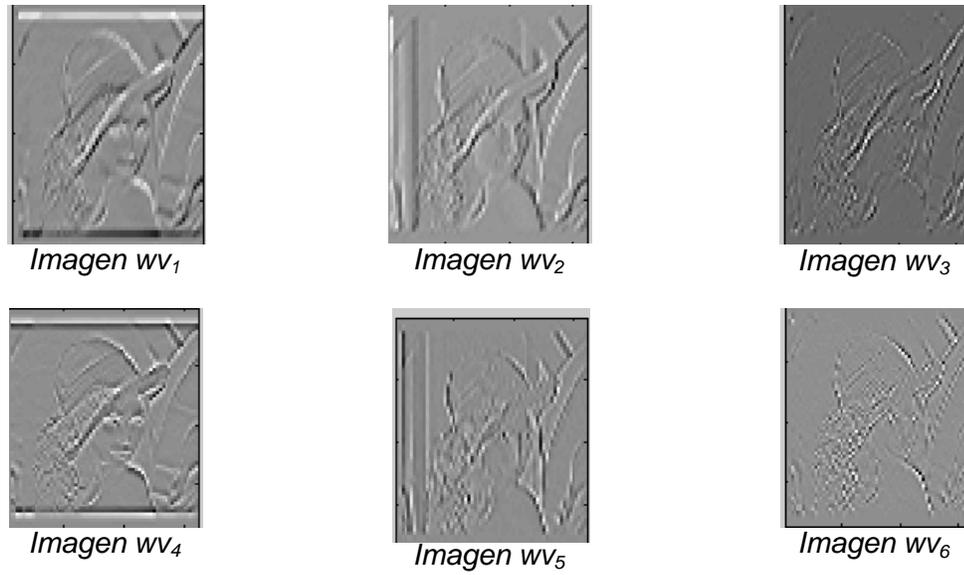


Figura 4.3 Imágenes de los seis direccionamientos del nivel 1 para $K=1$, $k=2$ y $L=3$

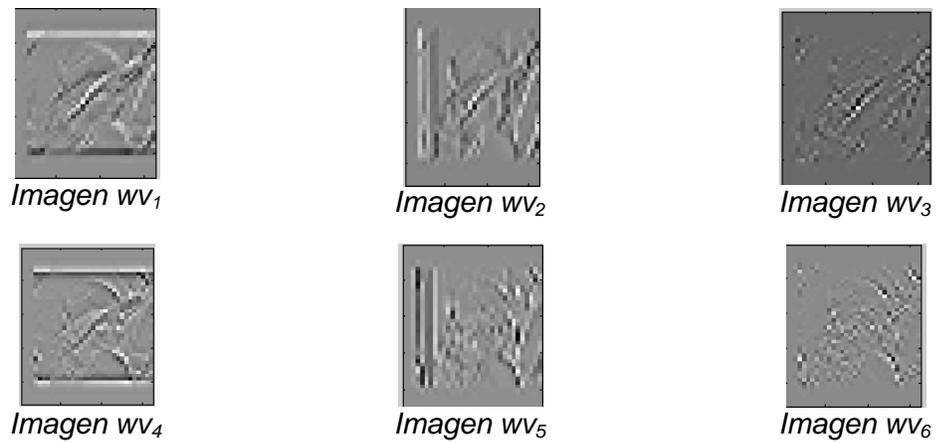


Figura 4.4 Imágenes de los seis direccionamientos del nivel 2 para $K=1$, $k=2$ y $L=3$

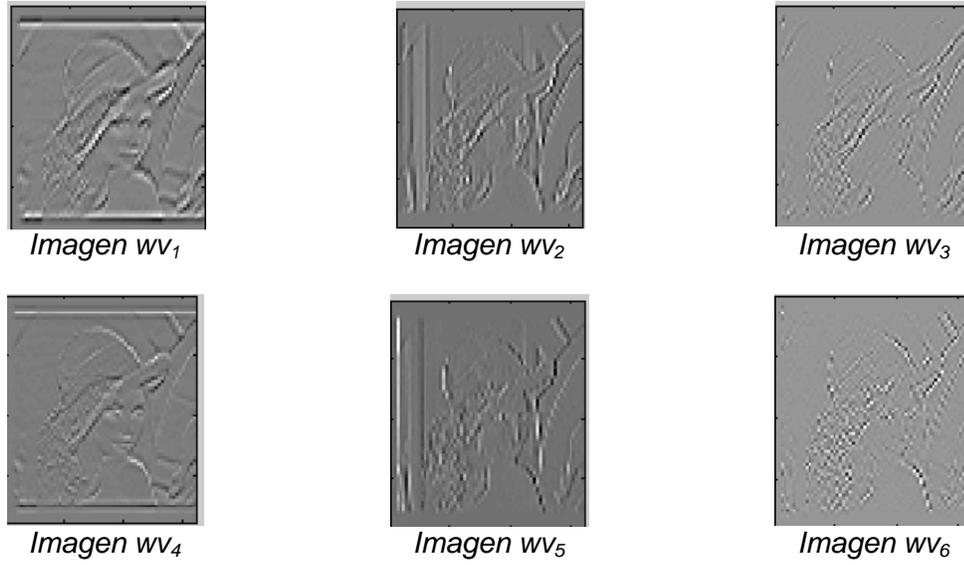


Figura 4.5 Imágenes de los seis direccionamientos del nivel 1 para $K=1$, $k=2$ y $L=4$

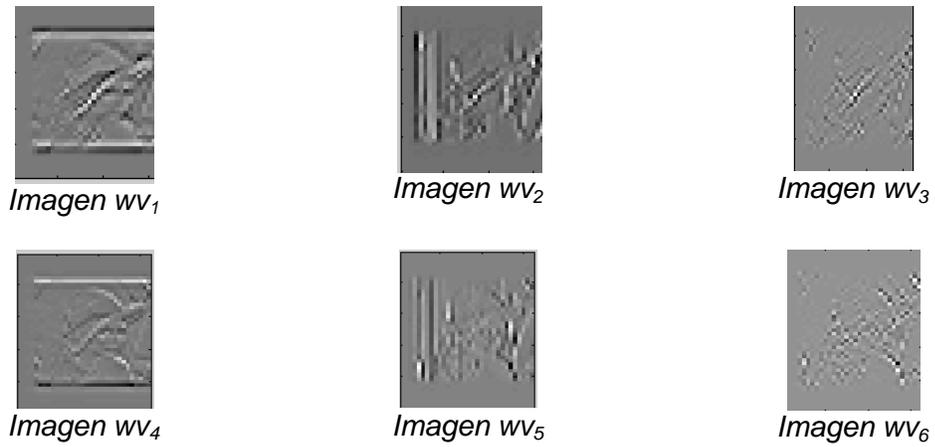


Figura 4.6 Imágenes de los seis direccionamientos del nivel 2 para $K=1$, $k=2$ y $L=4$

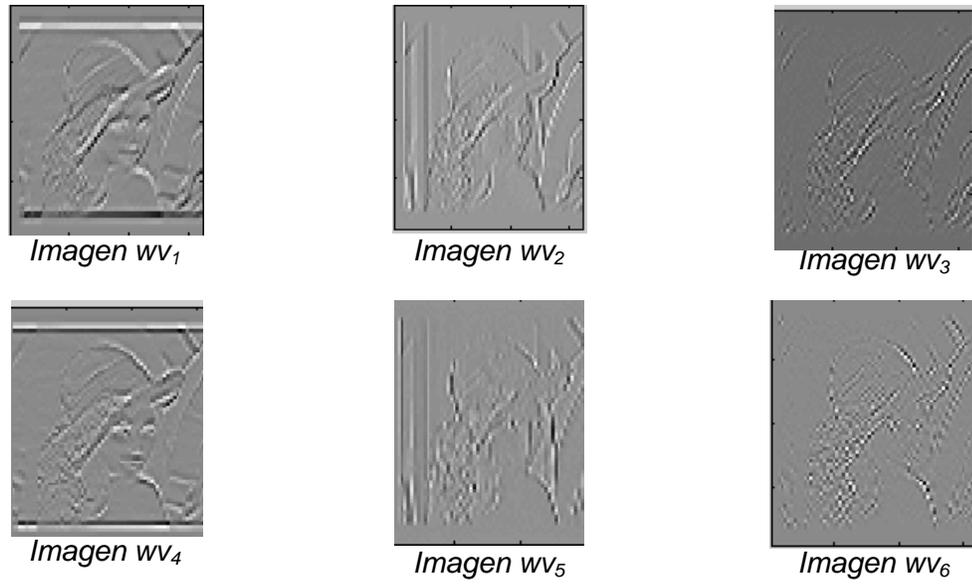


Figura 4.7 Imágenes de los seis direccionamientos del nivel 1 para $K=1$, $k=2$ y $L=5$

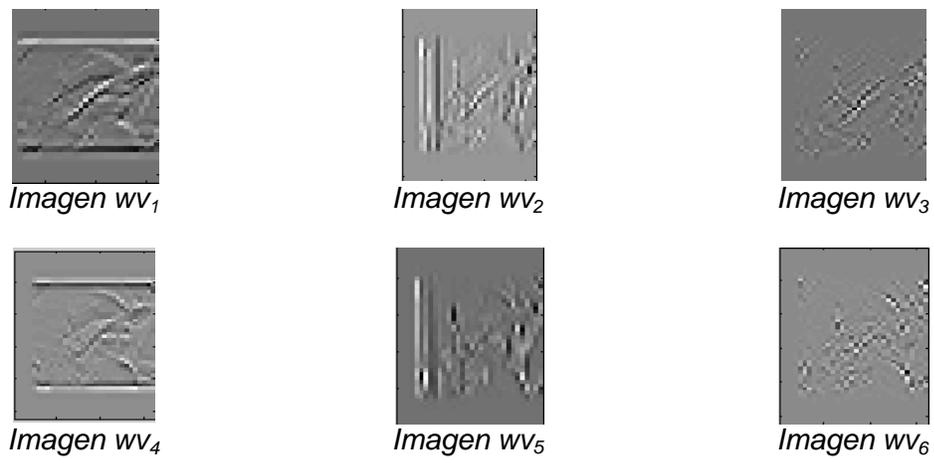


Figura 4.8 Imágenes de los seis direccionamientos del nivel 2 para $K=1$, $k=2$ y $L=5$

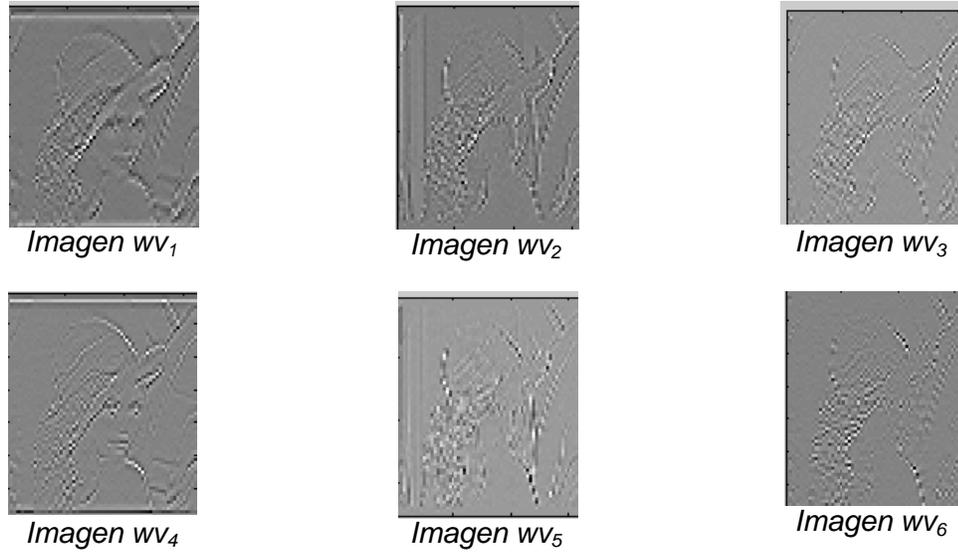


Figura 4.9 Imágenes de los seis direccionamientos del nivel 1 para $K=2$, $k=1$ y $L=1$

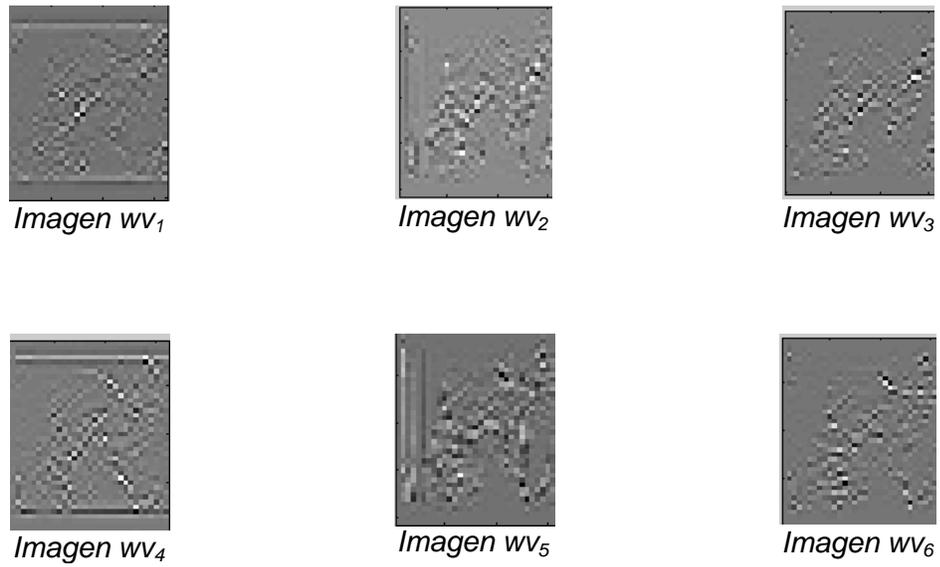


Figura 4.10 Imágenes de los seis direccionamientos del nivel 2 para $K=2$, $k=1$ y $L=1$

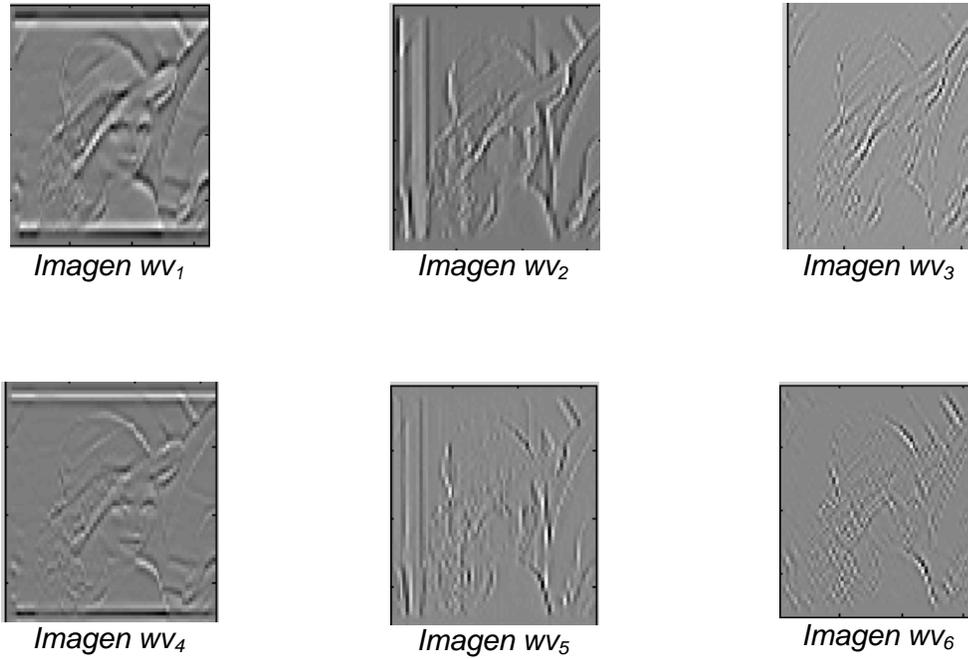


Figura 4.11 Imágenes de los seis direccionamientos del nivel 1 para $K=2$, $k=3$ y $L=1$

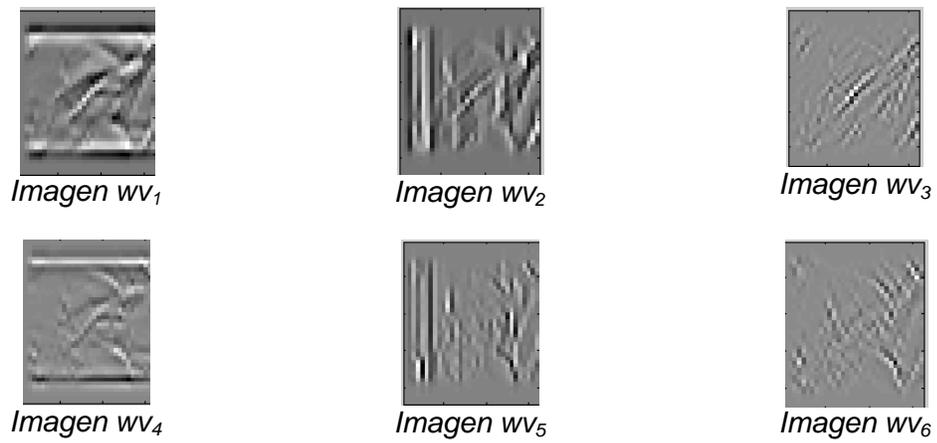


Figura 4.12 Imágenes de los seis direccionamientos del nivel 2 para $K=2$, $k=3$ y $L=1$

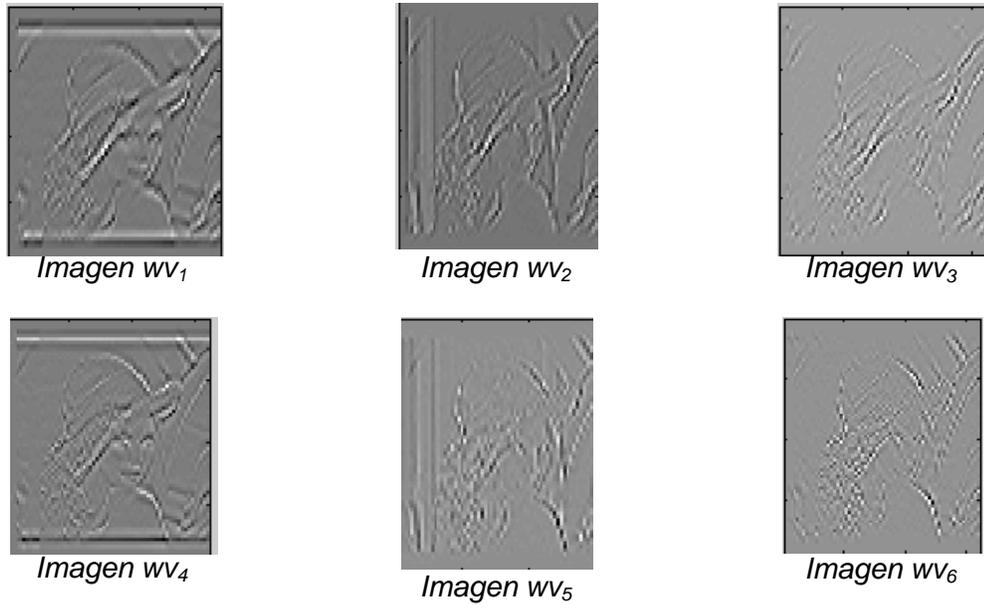


Figura 4.13 Imágenes de los seis direccionamientos del nivel 1 para $K=2$, $k=3$ y $L=3$

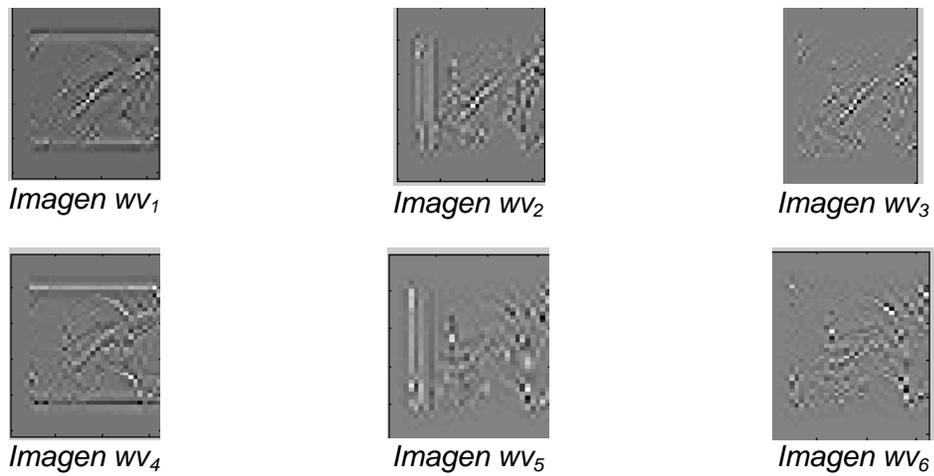


Figura 4.14 Imágenes de los seis direccionamientos del nivel 2 para $K=2$, $k=3$ y $L=3$

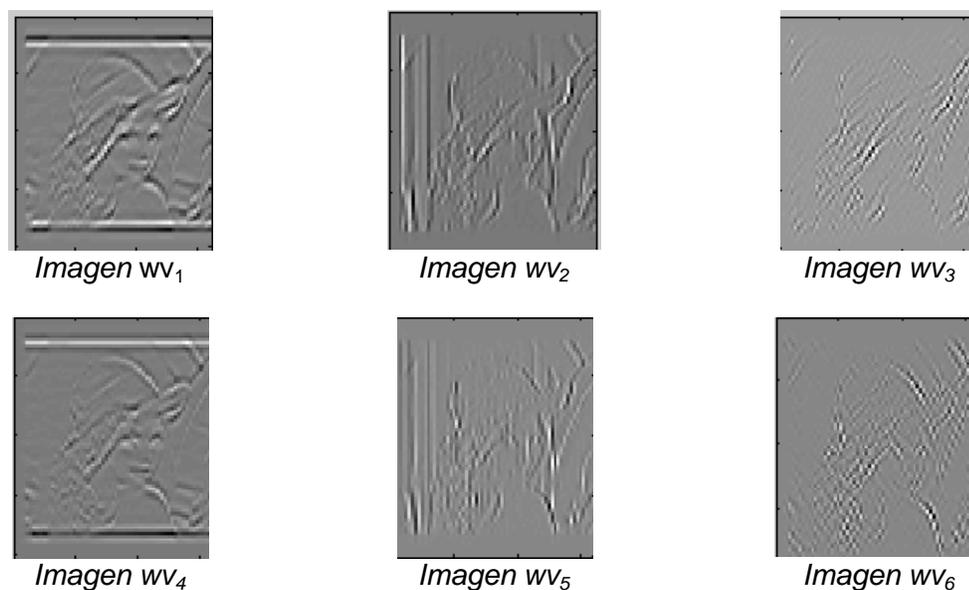


Figura 4.15 Imágenes de los seis direccionamientos del nivel 1 para $K=2$, $k=3$ y $L=5$

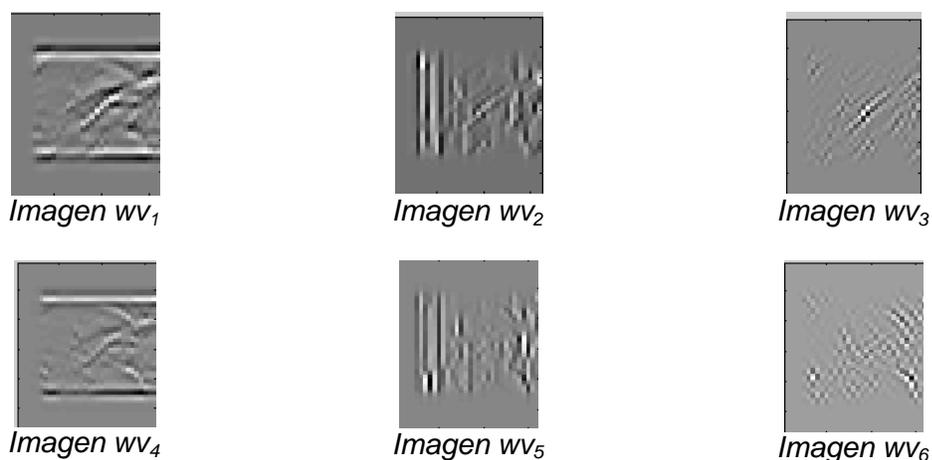
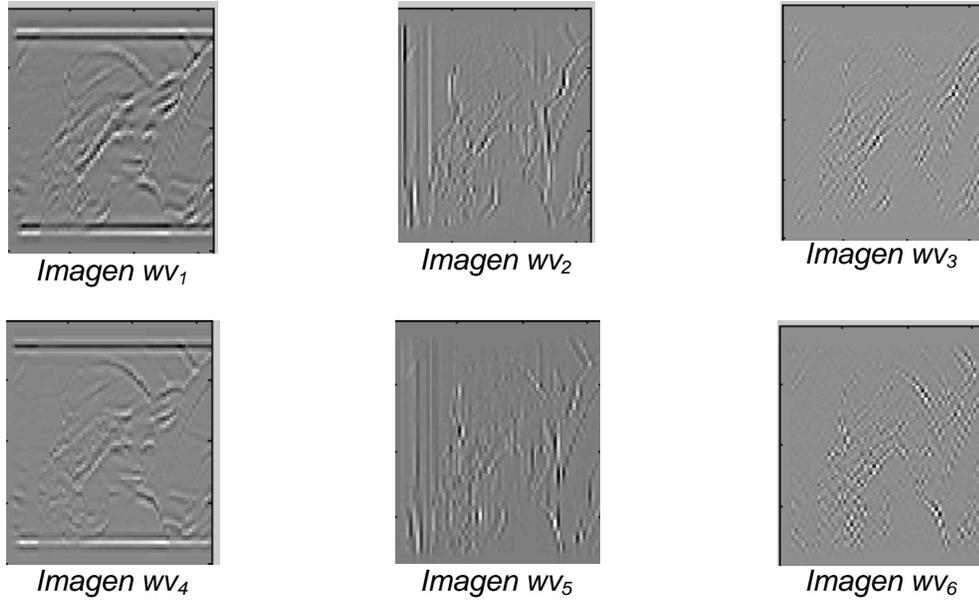


Figura 4.16 Imágenes de los seis direccionamientos del nivel 2 para $K=2$, $k=3$ y $L=5$



n

Figura 4.17 Imágenes de los seis direccionamientos del nivel 2 para $K=3$, $k=2$ y $L=4$

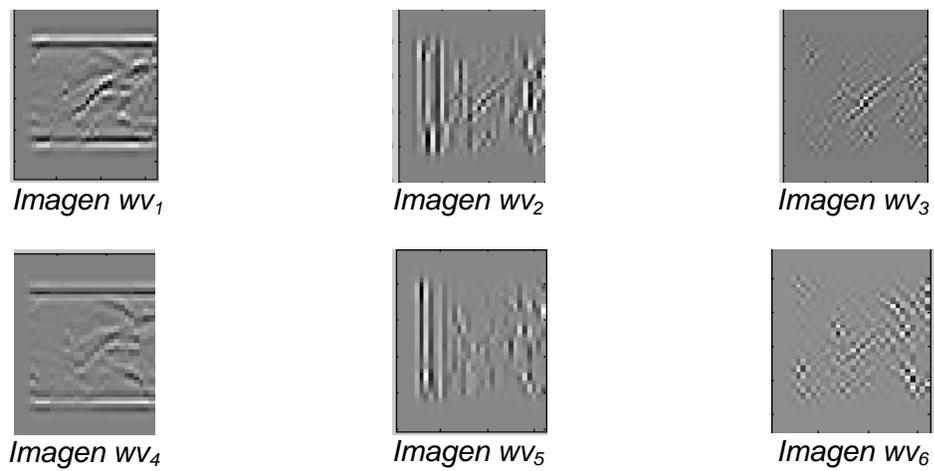


Figura 4.18 Imágenes de los seis direccionamientos del nivel 2 para $K=3$, $k=2$ y $L=4$

Anexo 5

A continuación se mostrarán los resultados de 17 pares de imágenes de cultivo, estas imágenes fueron proporcionadas por el CIP.

1er par de imágenes:

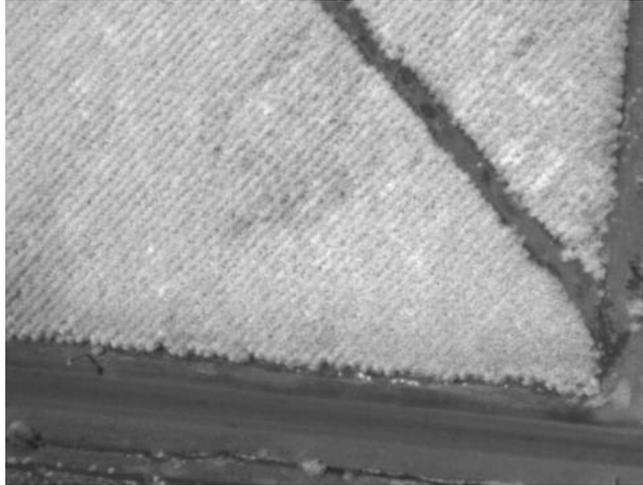


Figura 5.1 Imagen de espectro infrarrojo cercano de cultivo N^o 0241 .

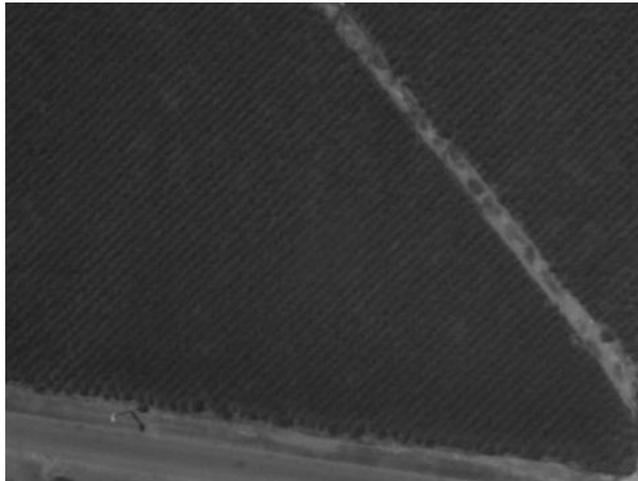


Figura 5.2 Imagen de espectro rojo de cultivo N^o 0242.

Tabla 5.1

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[11,3]	[6,23]	[3,0]
wv2	[21,57]	[5,21]	[0,9]
wv3	[-29,137]	[-11,65]	[36,-8]
wv4,	[-12,44]	[7,22]	[1,0]
wv5	[15,37]	[4,15]	[0,3]
wv6	[24,2]	[-7,17]	[-1,-4]
Traslación real	[21,27]	[11,15]	[5,7]

En la Tabla 5.1 se muestra la información de los vectores de traslación obtenidos utilizando el algoritmo de registro, además se muestra la traslación real la cual es obtenida ubicando de manera visual puntos pertenecientes a ambas imágenes.

Tabla 5.2

Error	[tx,ty]		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[-10,-24]	[-5,8]	[-2,-7]
wv2	[0,30]	[-6,6]	[-5,2]
wv3	[-50,110]	[-22,50]	[31,-15]
wv4	[-33,17]	[-4,7]	[-4,-7]
wv5	[-6,10]	[-7,0]	[-5,-4]
wv6	[3,-25]	[-18,2]	[-6,-11]

El error es la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado Final

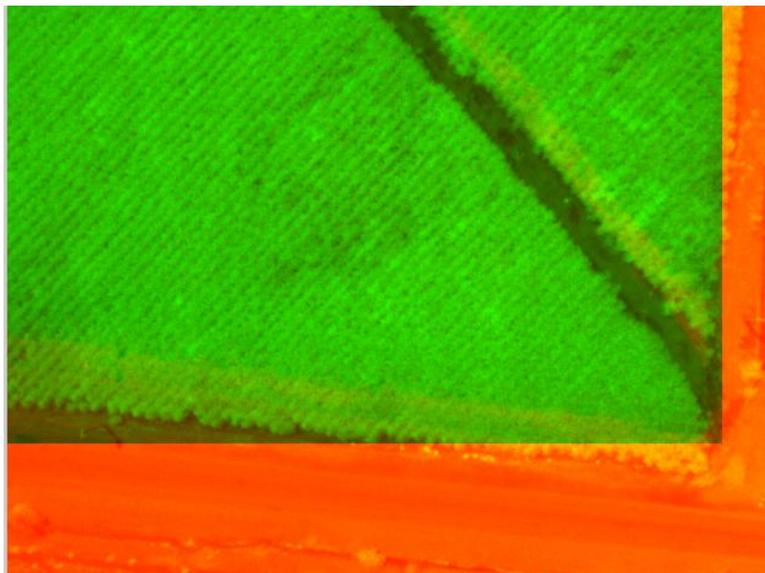


Figura 5.3 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [21, 57] de nivel 1.

2do de imágenes:

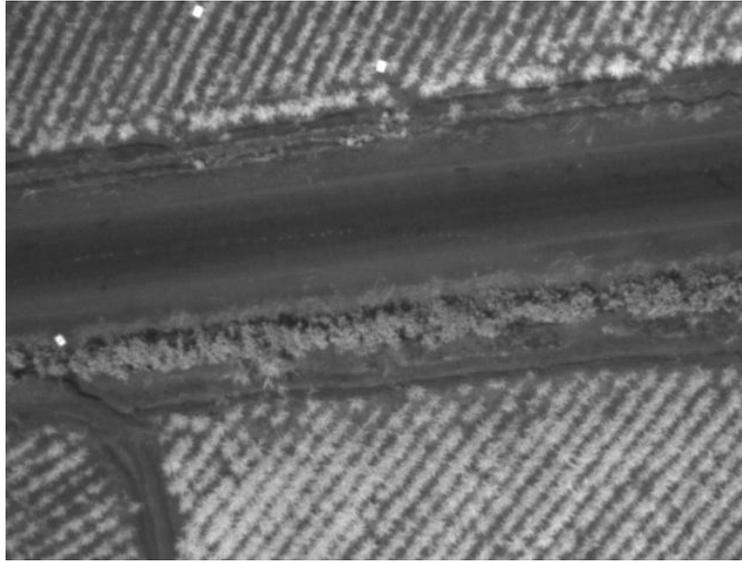


Figura 5.4 Imagen de espectro infrarrojo cercano de cultivo N^o 2419.



Figura 5.5 Imagen de espectro rojo de cultivo N^o 2420.

Tabla 5.3

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[9,-6]	[9,-2]	[6,0]
wv2	[15,0]	[8,-1]	[2,-1]
wv3	[17,-2]	[8,-1]	[2,-1]
wv4	[2,12]	[2,6]	[1,0]
wv5	[19,-8]	[10,-3]	[0,-2]
wv6	[3,-11]	[22,-0]	[-18,3]
Traslación real	[3,10]	[2,6]	[1,3]

En la Tabla 5.3 se muestra la información de los vectores de traslación obtenidos utilizando el algoritmo de registro, además se muestra la traslación real la cual es obtenida ubicando de manera visual puntos pertenecientes a ambas imágenes.

Tabla 5.4

Error	[tx,ty]		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[6,-16]	[7,-8]	[5,-3]
wv2	[12,-10]	[6,-7]	[1,-4]
wv3	[14,-12]	[6,-7]	[1,-4]
wv4	[-1,2]	[0,0]	[0,-3]
wv5	[16,-18]	[8,-9]	[-1,-5]
wv6	[14,-21]	[20,-6]	[-19,0]

El error es la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado Final

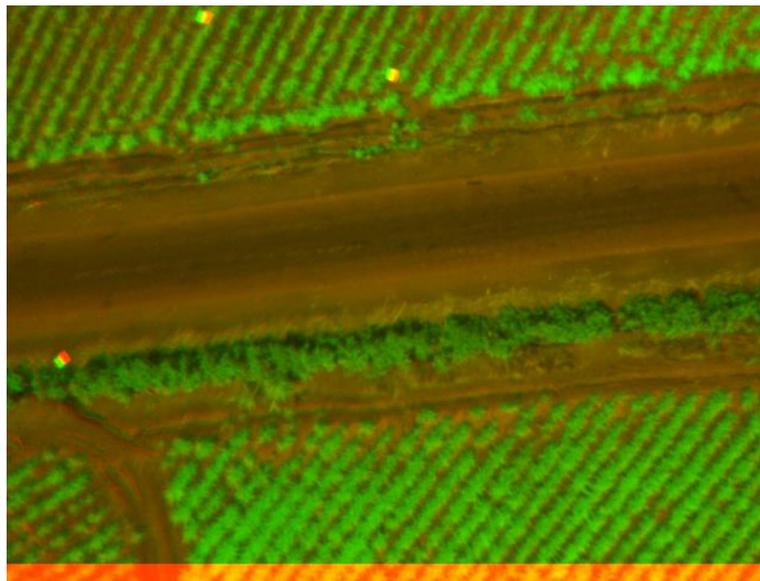


Figura 5.6 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [2,12] de nivel 1.

3er par de imágenes:

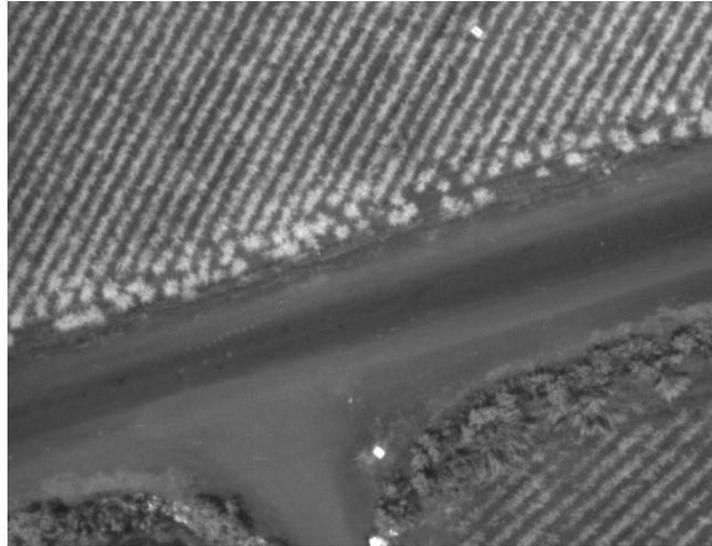


Figura 5.7 Imagen de espectro infrarrojo cercano de cultivo N° 3131



Figura 5.8 Imagen de espectro rojo de cultivo N° 3132.

Tabla 5.5

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[39,1]	[16,-1]	[10,0]
wv2	[39,1]	[20,0]	[10,0]
wv3	[39,0]	[19,1]	[10,0]
wv4	[-2,13]	[7,7]	[10,0]
wv5	[42,-5]	[17,-3]	[0,4]
wv6	[30,1]	[-1,5]	[5,6]
Traslación real	[0,11]	[0,5]	[0,3]

En la Tabla 5.5 se muestra la información de los vectores de traslación obtenidos utilizando el algoritmo de registro, además se muestra la traslación real la cual es obtenida ubicando de manera visual puntos pertenecientes a ambas imágenes.

Tabla 5.6

Error	[tx,ty]		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[39,-10]	[16,-6]	[10,-3]
wv2	[39,-10]	[20,-5]	[10,-3]
wv3	[39,-11]	[19,-4]	[10,-3]
wv4	[-2,2]	[7,2]	[10,-3]
wv5	[42,-16]	[17,-8]	[0,1]
wv6	[30,-10]	[-1,0]	[5,3]

El error es la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado Final

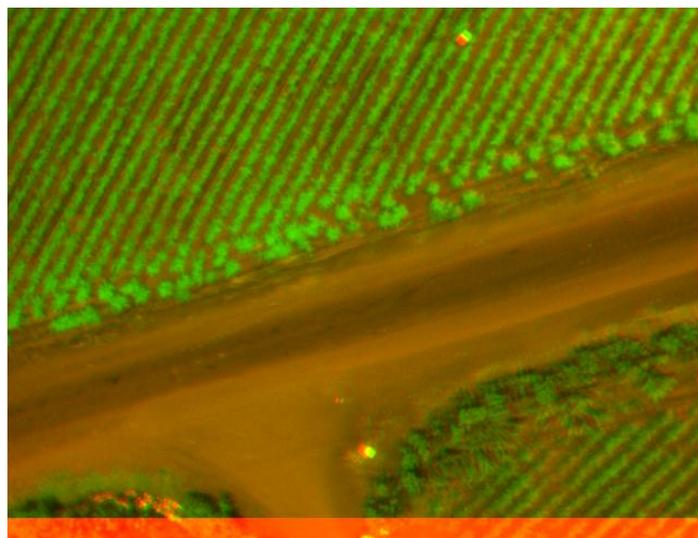


Figura 5.9 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-2,13] de nivel 1.

4to par de imágenes:



Figura 5.10 Imagen de espectro infrarrojo cercano de cultivo N° 0034.



Figura 5.11 Imagen de espectro rojo de cultivo N° 0033.

Tabla 5.7

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[22,12]	[11,6]	[0,0]
wv2	[22,12]	[11,6]	[0,-3]
wv3	[0,0]	[11,6]	[6,5]
wv4	[0,0]	[12,6]	[0,0]
wv5	[0,0]	[12,10]	[0,-4]
wv6	[0,0]	[0,0]	[-17,15]
Traslación real	[22,15]	[12,8]	[5,4]

En la Tabla 5.7 se muestra la información de los vectores de traslación obtenidos utilizando el algoritmo de registro, además se muestra la traslación real la cual es obtenida ubicando de manera visual puntos pertenecientes a ambas imágenes.

Tabla 5.8

Error	[tx,ty]		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[0,-3]	[-1,-2]	[-5,-4]
wv2	[0,-3]	[-1,-2]	[-5,-7]
wv3	[-22,-15]	[-1,-2]	[1,1]
wv4	[-22,-15]	[0,-2]	[-5,-4]
wv5	[-22,-15]	[0,2]	[-5,-8]
wv6	[-22,-15]	[-12,-8]	[-22,11]

El error es la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado Final



Figura 5.12 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [22, 12] de nivel 1.

5to par de imágenes:



Figura 5.13 Imagen de espectro infrarrojo cercano de cultivo N° 0100.



Figura 5.14 Imagen de espectro rojo de cultivo N° 0099.

Tabla 5.9

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[-10,5]	[-5,2]	[-2,0]
wv2	[-10,4]	[-5,2]	[0,4]
wv3	[0,0]	[-5,2]	[-2,0]
wv4	[0,0]	[0,0]	[-3,0]
wv5	[0,0]	[-5,2]	[3,-3]
wv6	[0,0]	[0,0]	[3,14]
Traslación real	[-10,5]	[-5,2]	[-2,1]

En la Tabla 5.9 se muestra la información de los vectores de traslación obtenidos utilizando el algoritmo de registro, además se muestra la traslación real la cual es obtenida ubicando de manera visual puntos pertenecientes a ambas imágenes.

Tabla 5.10

Error	[tx,ty]		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[0,0]	[0,0]	[0,-1]
wv2	[0,-1]	[0,0]	[2,3]
wv3	[10,-5]	[0,0]	[0,-1]
wv4	[10,-5]	[5,-2]	[-1,-1]
wv5	[10,-5]	[0,0]	[5,-4]
wv6	[10,-5]	[5,-2]	[5,13]

El error es la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado Final

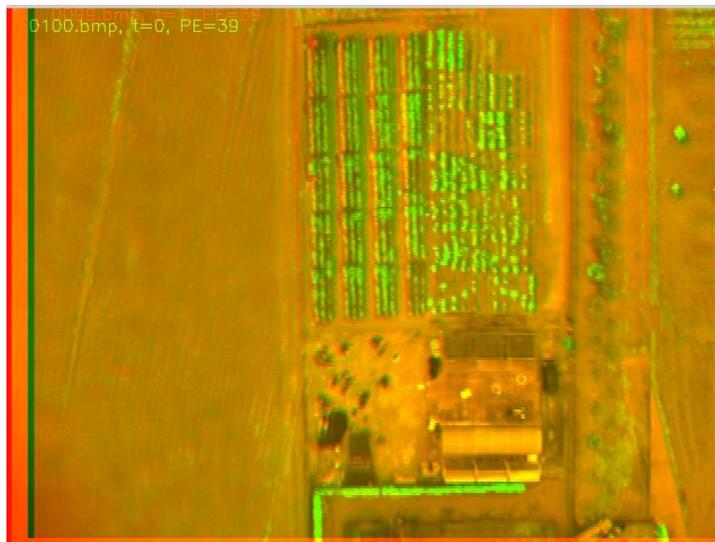


Figura 5.15 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-10,5] de nivel 1.

6to par de Imágenes:



Figura 5.16 Imagen de espectro infrarrojo cercano de cultivo N^o 0238.



Figura 5.17 Imagen de espectro rojo de cultivo N^o 0237.

Tabla 5.11

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[6,-13]	[3,-7]	[0,0]
wv2	[6,-13]	[3,-7]	[0,-1]
wv3	[0,0]	[3,-7]	[2,-4]
wv4	[6,-13]	[3,-7]	[4,0]
wv5	[0,0]	[3,-7]	[0,1]
wv6	[0,0]	[3,-7]	[2,-3]
Traslación real	[7,-13]	[3,-7]	[2,-4]

En la Tabla 5.11 se muestra la información de los vectores de traslación obtenidos utilizando el algoritmo de registro, además se muestra la traslación real la cual es obtenida ubicando de manera visual puntos pertenecientes a ambas imágenes.

Tabla 5.12

Error	[tx,ty]		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[-1,0]	[0,0]	[-2,4]
wv2	[-1,0]	[0,0]	[-2,3]
wv3	[-7,13]	[0,0]	[0,0]
wv4	[-1,0]	[0,0]	[2,4]
wv5	[-7,13]	[0,0]	[-2,5]
wv6	[-7,13]	[0,0]	[0,1]

El error es la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado Final



Figura 5.18 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [6,-13] de nivel 1.

7mo par de imágenes:



Figura 5.19 Imagen de espectro infrarrojo cercano de cultivo N° 0412.



Figura 5.20 Imagen de espectro rojo de cultivo N° 0413.

Tabla 5.13

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[-6,13]	[-2,2]	[0,0]
wv2	[-7,10]	[-4,4]	[0,2]
wv3	[0,0]	[-2,2]	[-1,1]
wv4	[-5,5]	[-3,6]	[-1,0]
wv5	[-7,10]	[-4,4]	[-2,2]
wv6	[0,0]	[-4,4]	[-2,2]
Traslación real	[-6,9]	[-2,5]	[-1,2]

En la Tabla 5.13 se muestra la información de los vectores de traslación obtenidos utilizando el algoritmo de registro, además se muestra la traslación real la cual es obtenida ubicando de manera visual puntos pertenecientes a ambas imágenes.

Tabla 5.14

Error	[tx,ty]		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[0,4]	[0,-3]	[1,-2]
wv2	[-1,1]	[-2,-1]	[1,0]
wv3	[6,-9]	[0,-3]	[0,-1]
wv4	[1,-4]	[-1,1]	[0,-2]
wv5	[-1,1]	[-2,-1]	[-1,0]
wv6	[6,-9]	[-2,-1]	[-1,0]

El error es la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado Final



Figura 5.21 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-7,10] de nivel 1.

8vo par de imágenes:

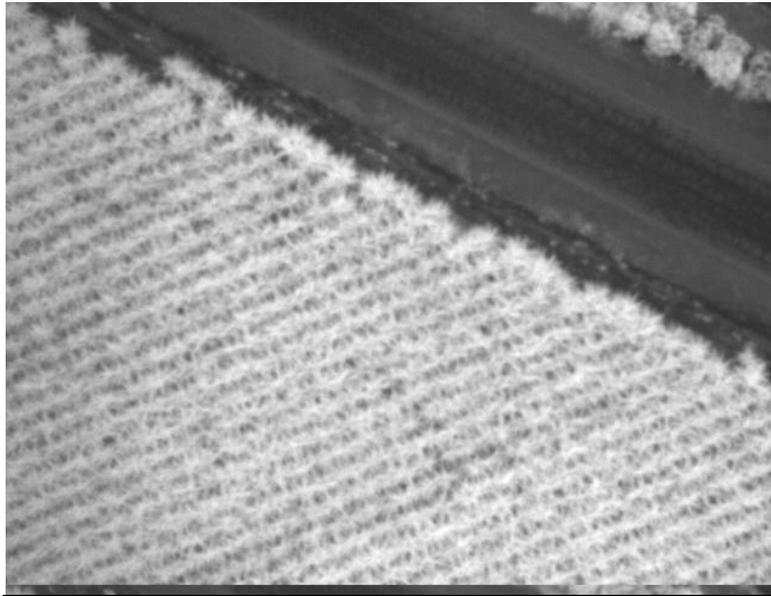


Figura 5.22 Imagen de espectro infrarrojo cercano de cultivo N^o 0017.



Figura 5.23 Imagen de espectro rojo de cultivo N^o 0016.

Tabla 5.15

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[-30,16]	[-15,8]	[6,0]
wv2	[-30,16]	[-15,8]	[-8,5]
wv3	[-30,16]	[-15,8]	[-7,3]
wv4	[-30,16]	[-15,8]	[-11,0]
wv5	[-30,16]	[-15,8]	[0,-2]
wv6	[-30,16]	[-15,8]	[-8,3]
Traslación real	[-30,16]	[-15,8]	[-7,4]

En la Tabla 5.15 se muestra la información de los vectores de traslación obtenidos utilizando el algoritmo de registro, además se muestra la traslación real la cual es obtenida ubicando de manera visual puntos pertenecientes a ambas imágenes.

Tabla 5.16

Error	[tx,ty]		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[0,0]	[0,0]	[13,-4]
wv2	[0,0]	[0,0]	[-1,1]
wv3	[0,0]	[0,0]	[0,-1]
wv4	[0,0]	[0,0]	[-4,-4]
wv5	[0,0]	[0,0]	[7,-6]
wv6	[0,0]	[0,0]	[-1,-1]

El error es la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado Final

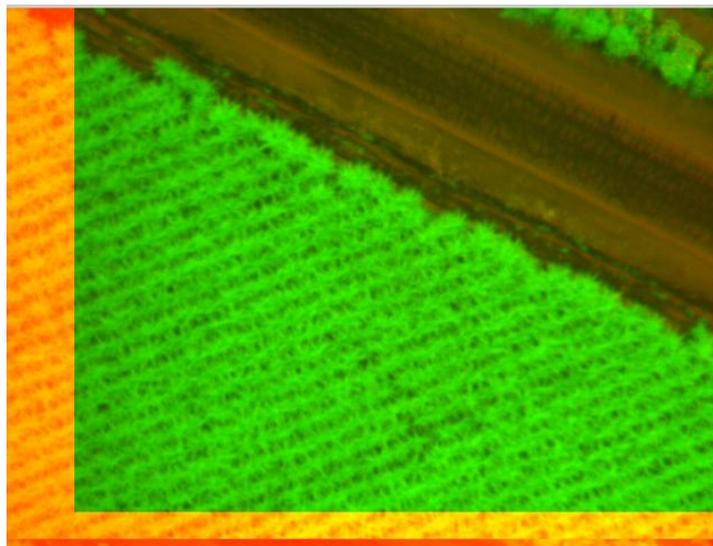


Figura 5.24 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-30,16] de nivel 1.

9no par de imágenes:

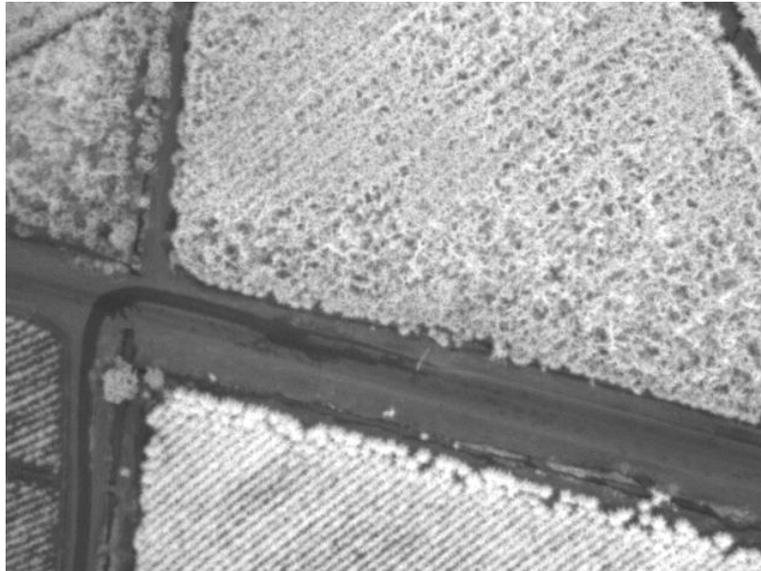


Figura 5.25 Imagen de espectro infrarrojo cercano de cultivo N° 0149.



Figura 5.26 Imagen de espectro rojo de cultivo N° 0150.

Tabla 5.17

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[5,-30]	[12,-12]	[8,0]
wv2	[-20,12]	[-10,6]	[0,2]
wv3	[-21,13]	[-10,6]	[-5,3]
wv4	[-19,12]	[-10,6]	[-2,0]
wv5	[-20,11]	[-10,6]	[0,-1]
wv6	[36,-5]	[-10,6]	[5,3]
Traslación real	[-20,12]	[-10,6]	[-5,3]

En la Tabla 5.17 se muestra la información de los vectores de traslación obtenidos utilizando el algoritmo de registro, además se muestra la traslación real la cual es obtenida ubicando de manera visual puntos pertenecientes a ambas imágenes.

Tabla 5.18

Error	[tx,ty]		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[25,-42]	[22,-18]	[13,-3]
wv2	[0,0]	[0,0]	[5,-1]
wv3	[-1,1]	[0,0]	[0,0]
wv4	[1,0]	[0,0]	[3,-3]
wv5	[0,-1]	[0,0]	[5,-4]
wv6	[56,-17]	[0,0]	[0,0]

El error es la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado Final

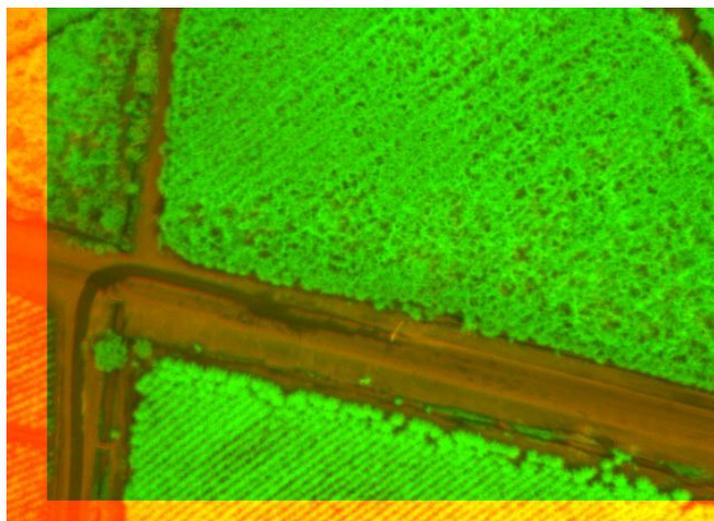


Figura 5.27 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-20,12] de nivel 1.

10mo par de imágenes:

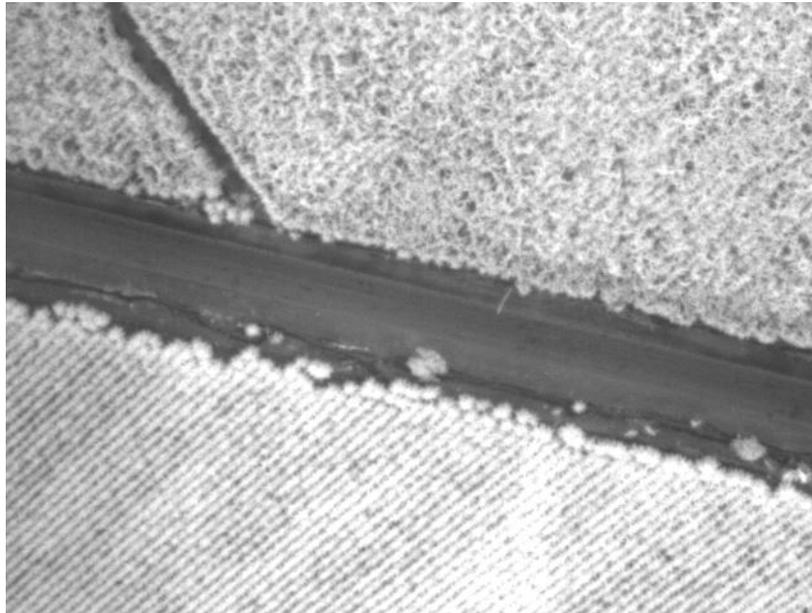


Figura 5.28 Imagen de espectro infrarrojo cercano de cultivo N^o 0131.

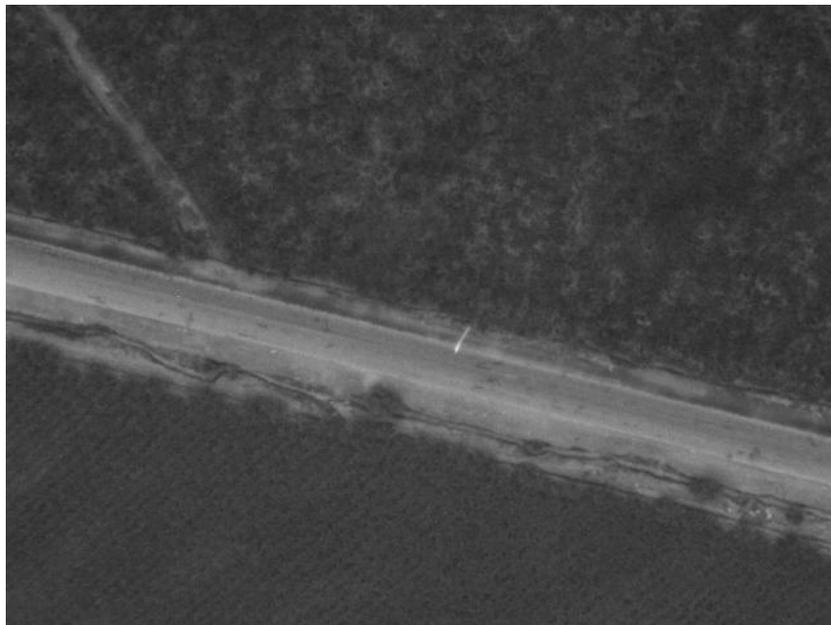


Figura 5.29 Imagen de espectro rojo de cultivo N^o 0130.

Tabla 5.19.

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[-19,3]	[-12,-1]	[1,0]
wv2	[-30,7]	[-10,5]	[-3,2]
wv3	[-29,-4]	[-11,3]	[-6,2]
wv4	[-22,11]	[-10,2]	[-8,0]
wv5	[-21,11]	[-10,6]	[0,0]
wv6	[-20,10]	[-10,6]	[-5,3]
Traslación real	[-21,11]	[-10,5]	[-5,3]

En la Tabla 5.19 se muestra la información de los vectores de traslación obtenidos utilizando el algoritmo de registro, además se muestra la traslación real la cual es obtenida ubicando de manera visual puntos pertenecientes a ambas imágenes.

Tabla 5.20

Error	[tx,ty]		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[2,-8]	[-2,-4]	[6,-3]
wv2	[-9,-4]	[0,0]	[2,-1]
wv3	[-8,-15]	[-1,-2]	[-1,-1]
wv4	[-1,0]	[0,-3]	[-3,-3]
wv5	[0,0]	[0,1]	[5,-3]
wv6	[1,1]	[0,1]	[0,0]

El error es la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado Final

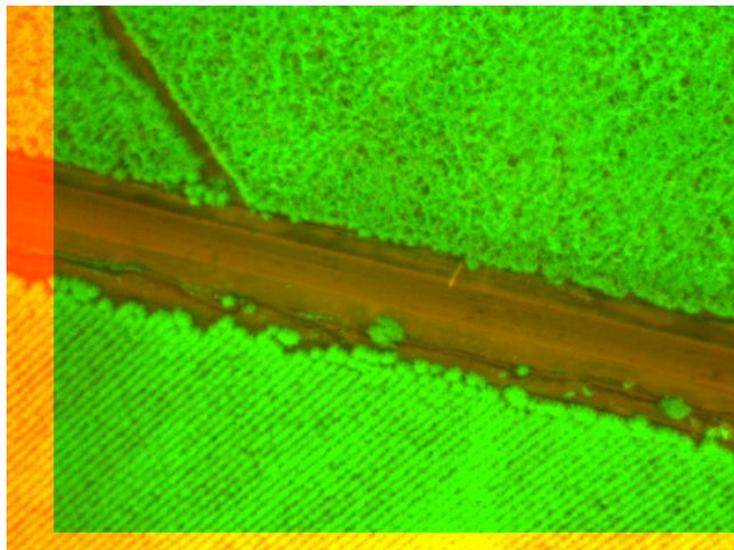


Figura 5.30 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-21,11] de nivel 1.

11mo par de imágenes:

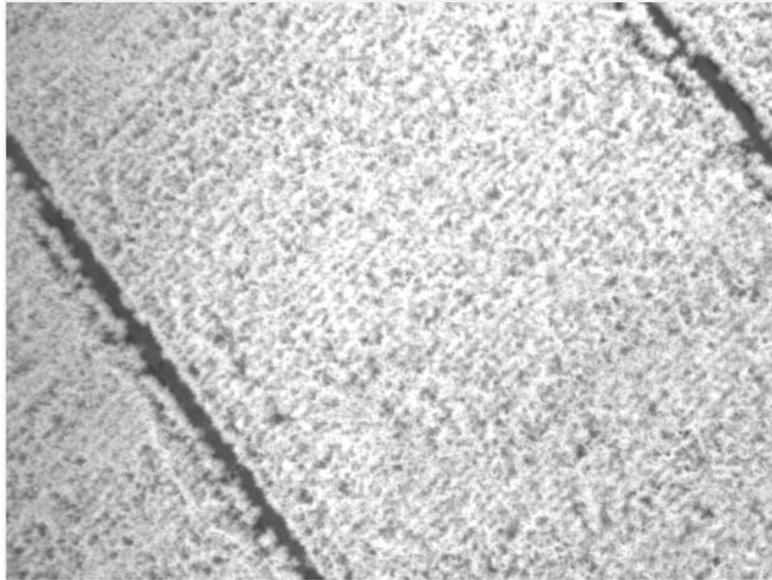


Figura 5.31 Imagen de espectro infrarrojo cercano de cultivo N° 0135.

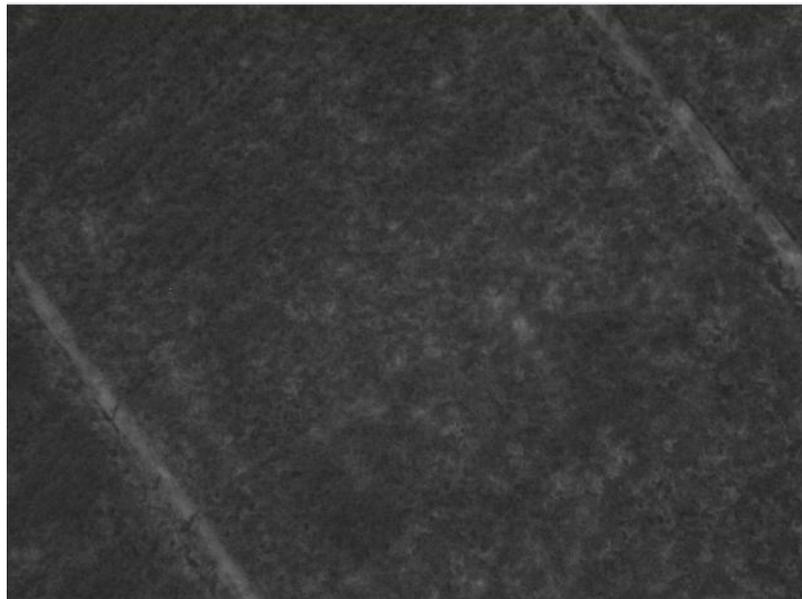


Figura 5.32 Imagen de espectro rojo de cultivo N° 0134.

Tabla 5.21

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[-20,11]	[-10,5]	[-1,0]
wv2	[-20,11]	[-10,5]	[-7,3]
wv3	[-20,10]	[-10,5]	[-6,2]
wv4	[-20,11]	[-10,5]	[-2,0]
wv5	[-20,10]	[-10,5]	[0,7]
wv6	[-20,10]	[-10,5]	[5,19]
Traslación real	[-20,11]	[-10,5]	[-5,3]

En la Tabla 5.21 se muestra la información de los vectores de traslación obtenidos utilizando el algoritmo de registro, además se muestra la traslación real la cual es obtenida ubicando de manera visual puntos pertenecientes a ambas imágenes.

Tabla 5.22

Error	[tx,ty]		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[0,0]	[0,0]	[4,-3]
wv2	[0,0]	[0,0]	[-2,0]
wv3	[0,-1]	[0,0]	[-1,-1]
wv4	[0,0]	[0,0]	[3,-3]
wv5	[0,-1]	[0,0]	[5,4]
wv6	[0,-1]	[0,0]	[10,16]

El error es la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado Final

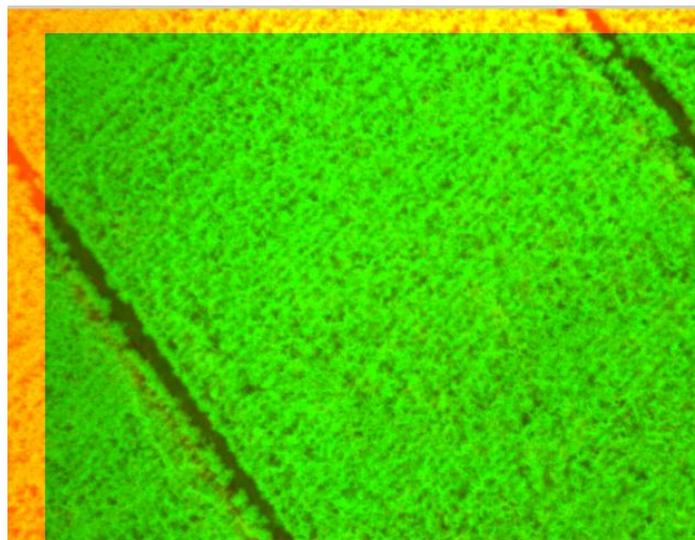


Figura 5.33 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-20,11] de nivel 1.

12vo par de imágenes:

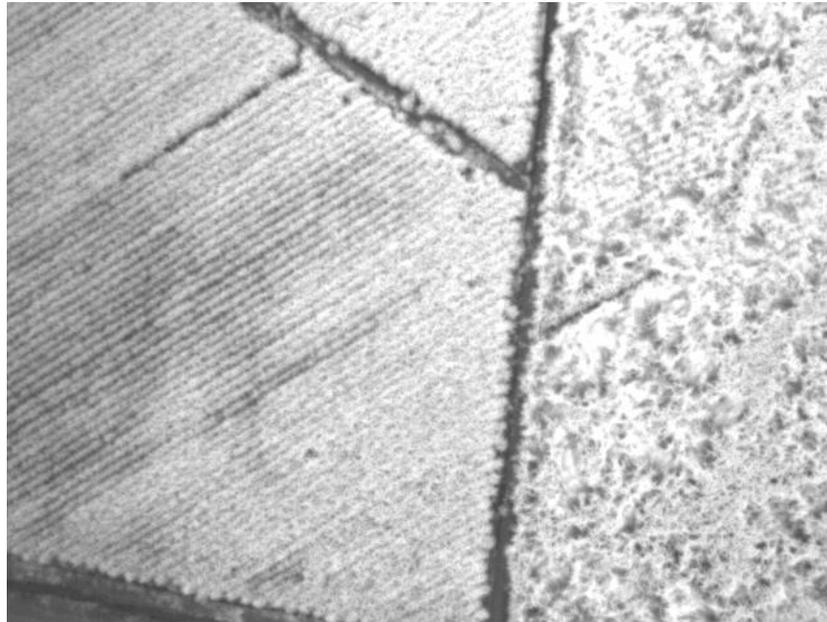


Figura 5.34 Imagen de espectro infrarrojo cercano de cultivo N° 0167.

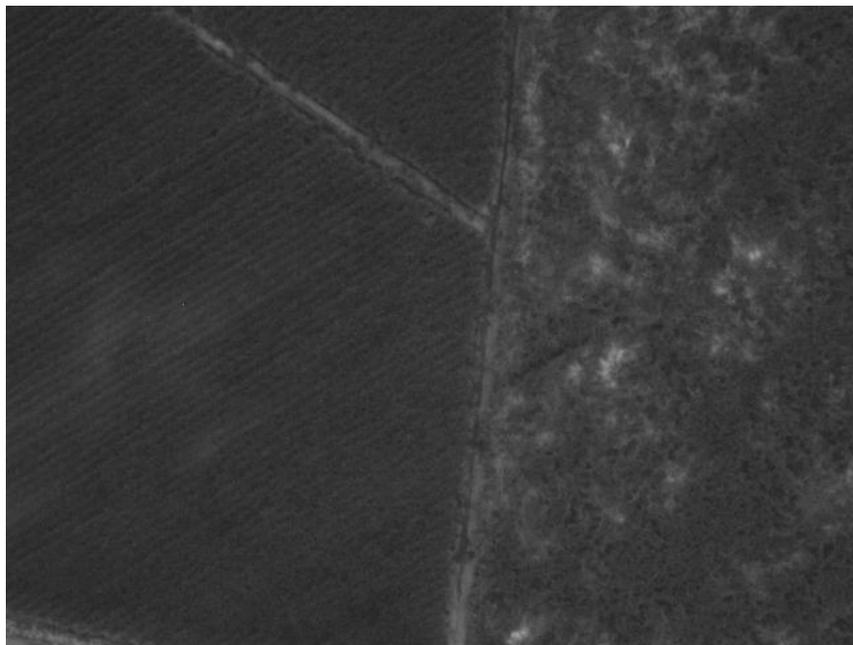


Figura 5.35 Imagen de espectro rojo de cultivo N° 0166.

Tabla 5.23

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[-20,12]	[-10,6]	[0,0]
wv2	[-20,12]	[-10,6]	[-7,3]
wv3	[-21,12]	[-10,6]	[-5,3]
wv4	[-21,12]	[-10,6]	[0,0]
wv5	[-21,13]	[-10,6]	[0,0]
wv6	[-20,11]	[-11,5]	[-5,3]
Traslación real	[-19,12]	[-10,6]	[-5,3]

En la Tabla 5.23 se muestra la información de los vectores de traslación obtenidos utilizando el algoritmo de registro, además se muestra la traslación real la cual es obtenida ubicando de manera visual puntos pertenecientes a ambas imágenes.

Tabla 5.24

Error	[tx,ty]		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[-1,0]	[0,0]	[5,-3]
wv2	[-1,0]	[0,0]	[-2,0]
wv3	[-2,0]	[0,0]	[0,0]
wv4	[-2,0]	[0,0]	[5,-3]
wv5	[-2,1]	[0,0]	[5,-3]
wv6	[-1,-1]	[-1,-1]	[0,0]

El error es la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado Final

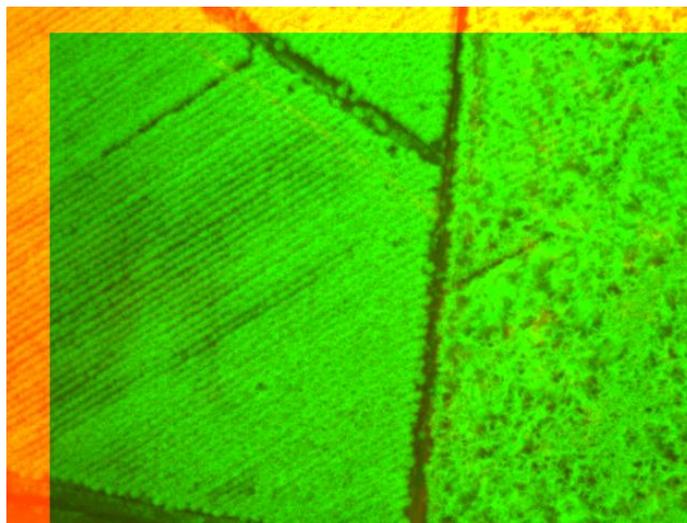


Figura 5.36 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-20,12] de nivel 1.

13vo par de imágenes:



Figura 5.37 Imagen de espectro infrarrojo cercano de cultivo N° 0211.

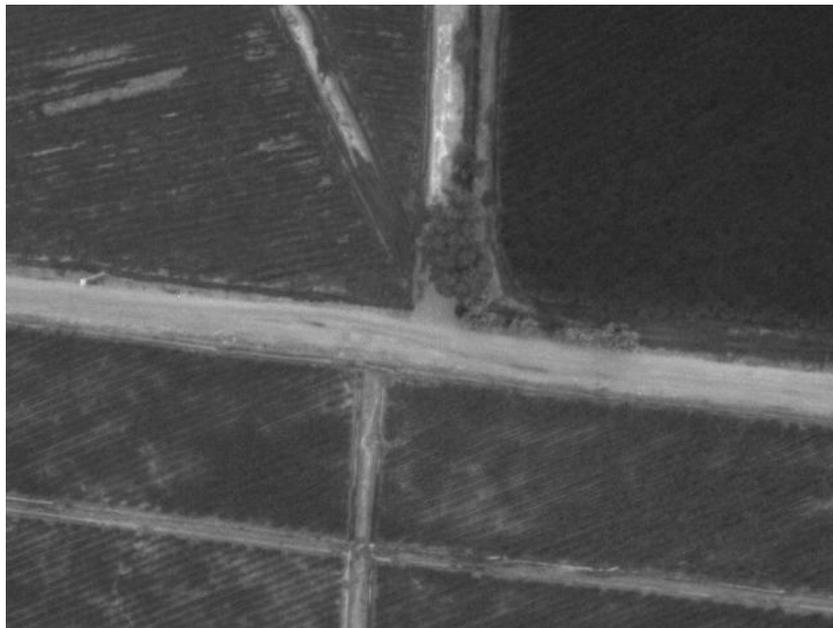


Figura 5.38 Imagen de espectro rojo de cultivo N° 0210.

Tabla 5.25

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[-2,-9]	[-2,-4]	[-8,0]
wv2	[-21,13]	[0,-79]	[0,39]
wv3	[-2,-9]	[-11,7]	[-5,-5]
wv4	[-20,13]	[-11,3]	[-12,0]
wv5	[-21,13]	[-10,7]	[0,1]
wv6	[-37,-22]	[-10,7]	[-7,-1]
Traslación real	[-21,13]	[-11,7]	[-5,3]

En la Tabla 5.25 se muestra la información de los vectores de traslación obtenidos utilizando el algoritmo de registro, además se muestra la traslación real la cual es obtenida ubicando de manera visual puntos pertenecientes a ambas imágenes.

Tabla 5.26

Error	[tx,ty]		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[19,-22]	[9,-11]	[-3,-3]
wv2	[0,0]	[11,-86]	[5,-42]
wv3	[19,-22]	[0,0]	[0,-8]
wv4	[1,0]	[0,-4]	[-7,-3]
wv5	[0,0]	[1,0]	[5,-2]
wv6	[-16,-35]	[1,0]	[-2,-4]

El error es la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado Final

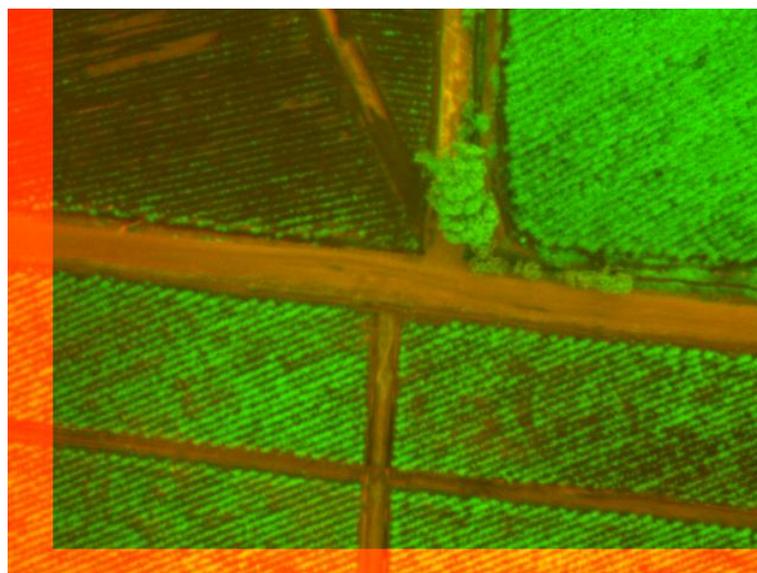


Figura 5.39 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-21,13] de nivel 1.

14vo par de imágenes:

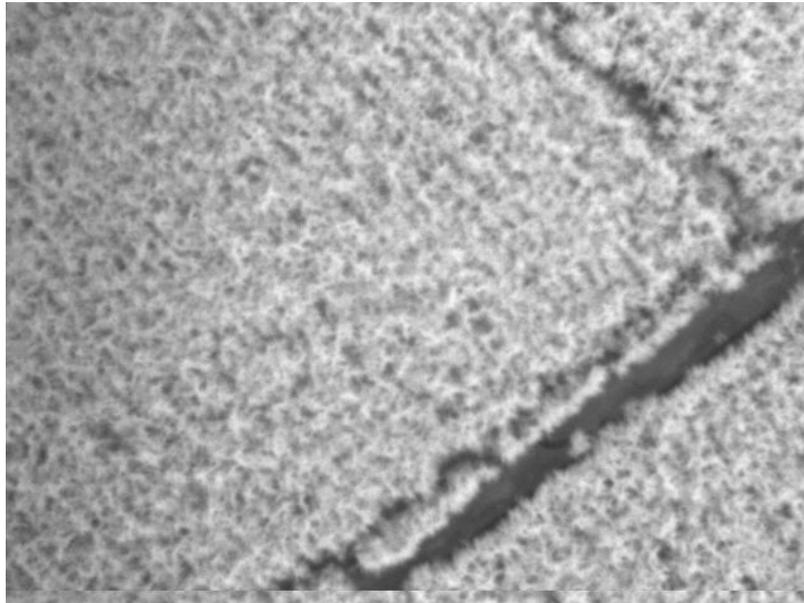


Figura 5.40 Imagen de espectro infrarrojo cercano de cultivo N° 3109.

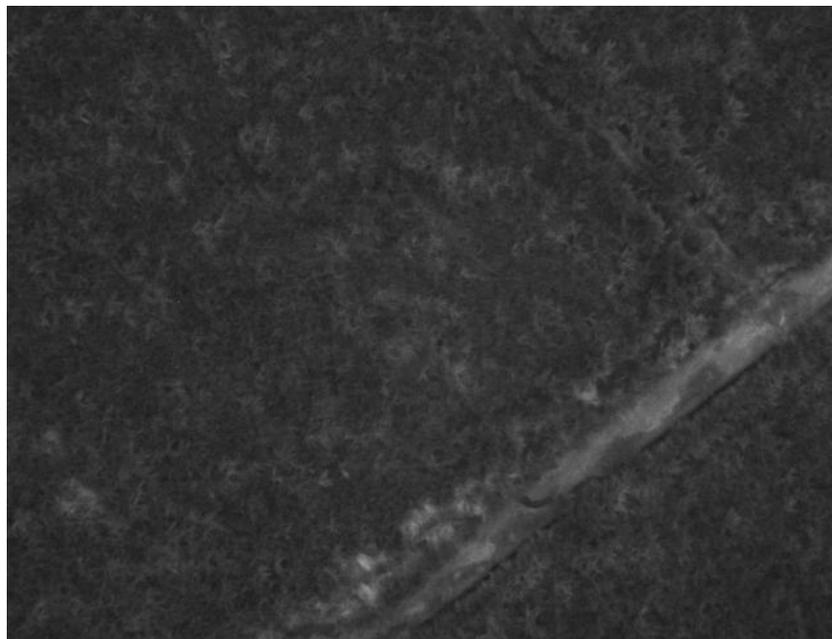


Figura 5.41 Imagen de espectro rojo de cultivo N° 3110.

Tabla 5.27

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[-14,13]	[-7,6]	[4,0]
wv2	[-14,13]	[-7,6]	[-3,2]
wv3	[-14,13]	[-7,6]	[-4,4]
wv4	[-14,13]	[-7,6]	[-4,0]
wv5	[-14,13]	[-7,6]	[0,2]
wv6	[-14,13]	[-7,6]	[-3,4]
Traslación real	[-14,13]	[-7,6]	[-4,3]

En la Tabla 5.27 se muestra la información de los vectores de traslación obtenidos utilizando el algoritmo de registro, además se muestra la traslación real la cual es obtenida ubicando de manera visual puntos pertenecientes a ambas imágenes.

Tabla 5.28

Error	[tx,ty]		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[0,0]	[0,0]	[8,-3]
wv2	[0,0]	[0,0]	[1,-1]
wv3	[0,0]	[0,0]	[0,1]
wv4	[0,0]	[0,0]	[0,-3]
wv5	[0,0]	[0,0]	[4,-1]
wv6	[0,0]	[0,0]	[1,1]

El error es la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado Final

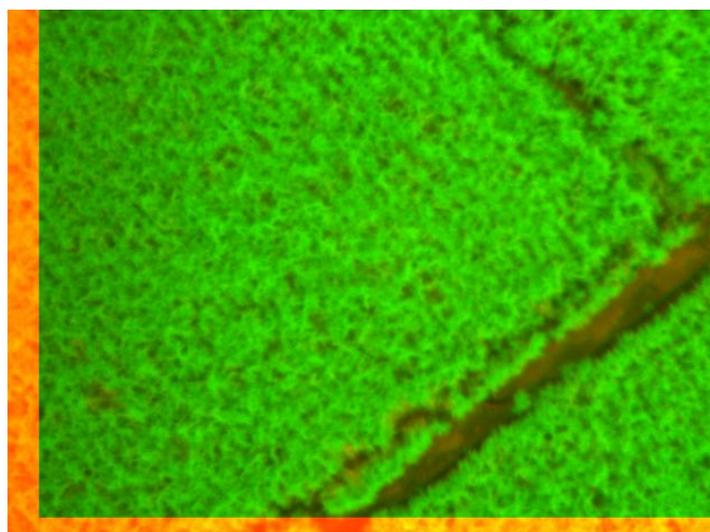


Figura 5.42 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-14,13] de nivel 1.

15vo par de imágenes:

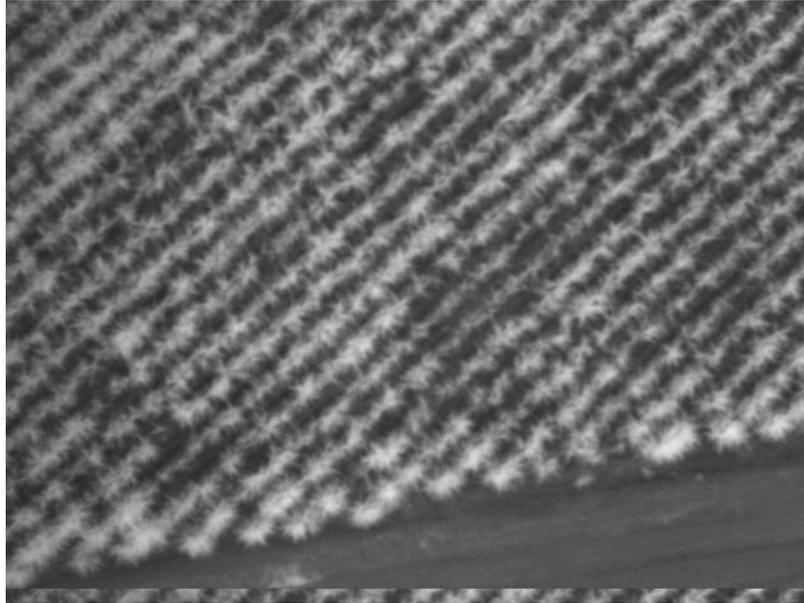


Figura 5.43 Imagen de espectro infrarrojo cercano de cultivo N° 3687.

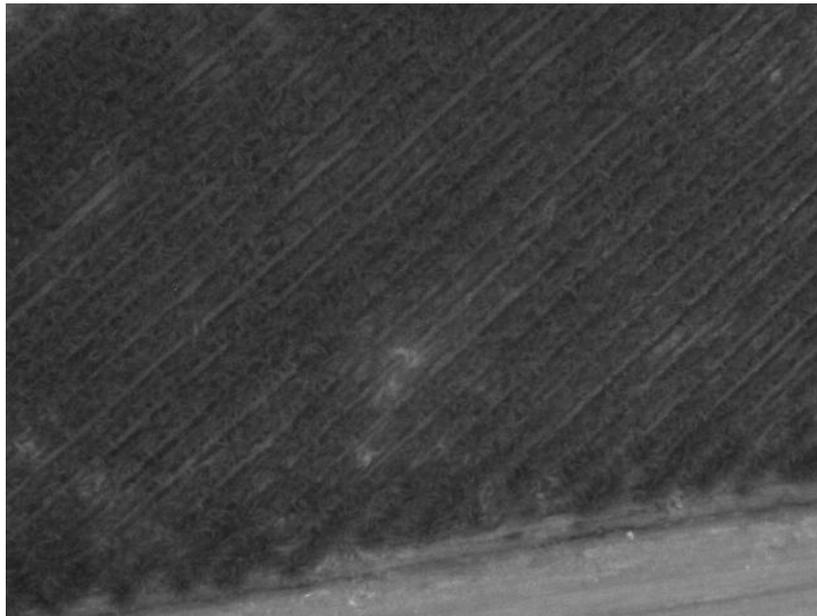


Figura 5.44 Imagen de espectro rojo de cultivo N° 3686.

Tabla 5.29

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[-30,18]	[-15,9]	[-1,0]
wv2	[-30,18]	[-15,9]	[-8,6]
wv3	[-30,18]	[-15,9]	[-8,5]
wv4,	[-30,18]	[-15,9]	[-1,0]
wv5	[-30,18]	[-15,9]	[0,-1]
wv6	[-30,18]	[-15,9]	[-8,4]
Traslación real	[-30,18]	[-15,9]	[-7,4]

En la Tabla 5.29 se muestra la información de los vectores de traslación obtenidos utilizando el algoritmo de registro, además se muestra la traslación real la cual es obtenida ubicando de manera visual puntos pertenecientes a ambas imágenes.

Tabla 5.30

Error	[tx,ty]		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[0,0]	[0,0]	[6,-4]
wv2	[0,0]	[0,0]	[-1,2]
wv3	[0,0]	[0,0]	[-1,1]
wv4	[0,0]	[0,0]	[6,-4]
wv5	[0,0]	[0,0]	[7,-5]
wv6	[0,0]	[0,0]	[-1,0]

El error es la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado Final

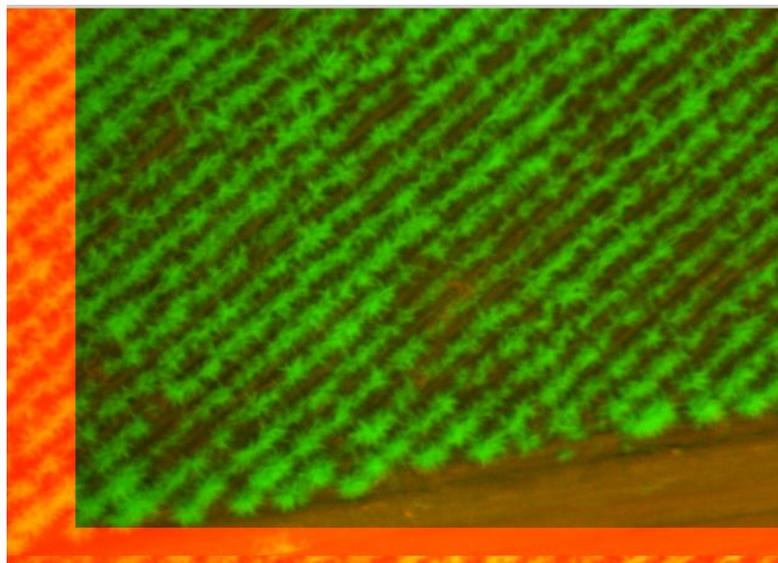


Figura 5.45 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-30,18] de nivel 1.

16vo par de imágenes:

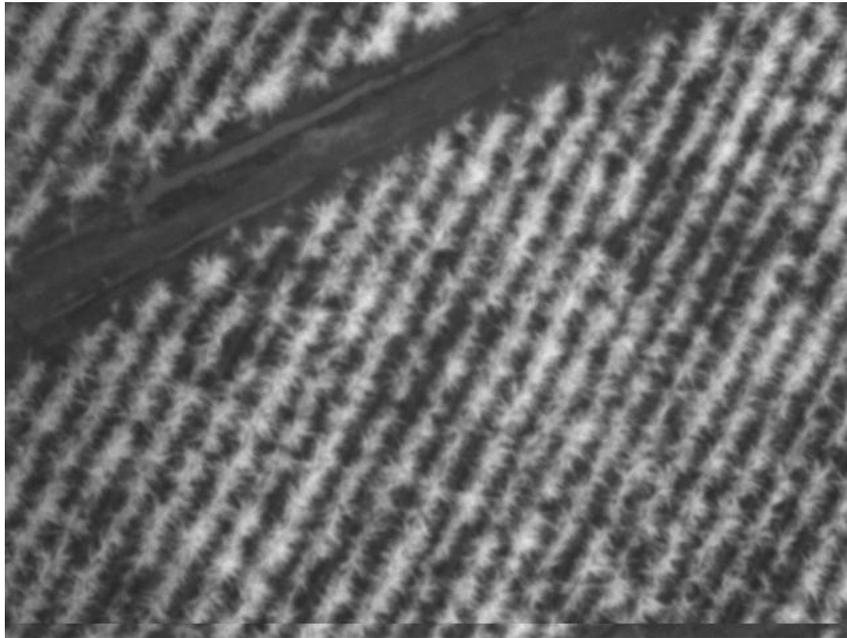


Figura 5.46 Imagen de espectro infrarrojo cercano de cultivo N° 3743.

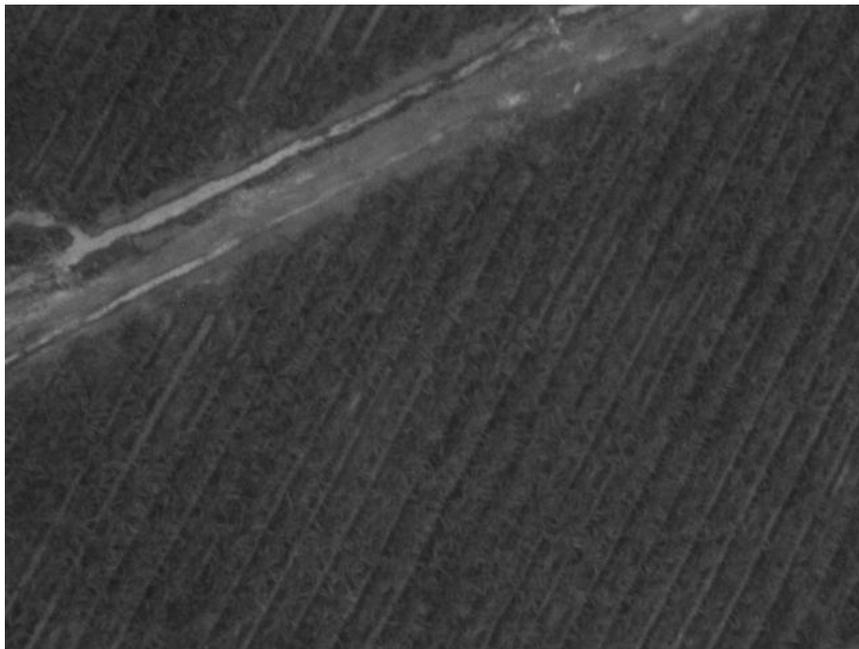


Figura 5.47 Imagen de espectro rojo de cultivo N° 3742.

Tabla 5.31

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[-30,21]	[-15,11]	[-4,0]
wv2	[-30,21]	[-15,11]	[-7,5]
wv3	[-30,21]	[-15,11]	[-8,6]
wv4	[-29,21]	[-15,10]	[-4,0]
wv5	[-30,20]	[-15,10]	[0,-1]
wv6	[-29,21]	[-15,10]	[-7,6]
Traslación real	[-29,21]	[-15,10]	[-7,5]

En la Tabla 5.31 se muestra la información de los vectores de traslación obtenidos utilizando el algoritmo de registro, además se muestra la traslación real la cual es obtenida ubicando de manera visual puntos pertenecientes a ambas imágenes.

Tabla 5.32

Error	[tx,ty]		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[-1,0]	[0,1]	[3,-5]
wv2	[-1,0]	[0,1]	[0,0]
wv3	[-1,0]	[0,1]	[-1,1]
wv4	[0,0]	[0,0]	[3,-5]
wv5	[-1,-1]	[0,0]	[7,-6]
wv6	[0,0]	[0,0]	[0,1]

El error es la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado Final

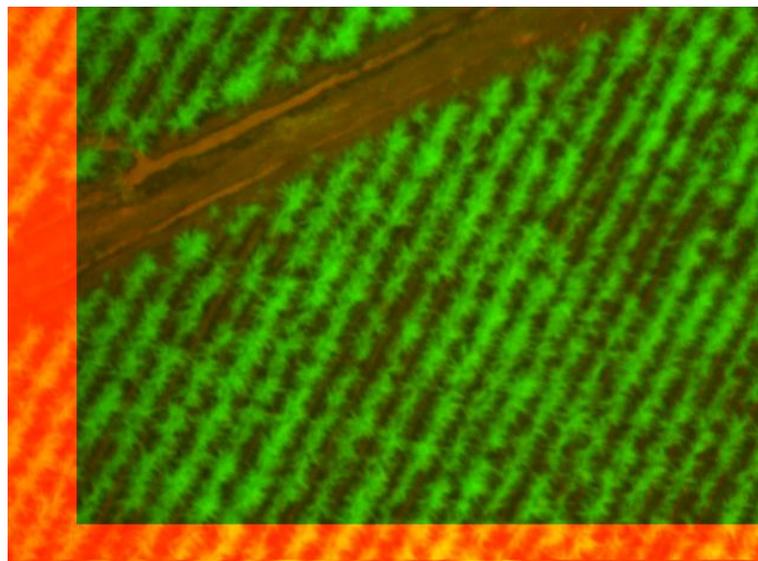


Figura 5.48 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-29,21] de nivel 1.

17vo par de imágenes:

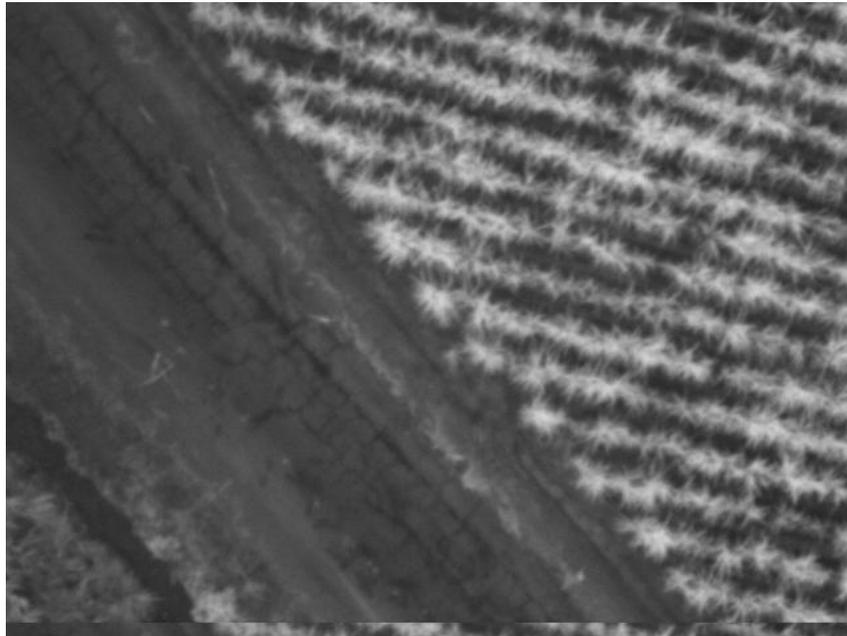


Figura 5.49 Imagen de espectro infrarrojo cercano de cultivo N° 3779.

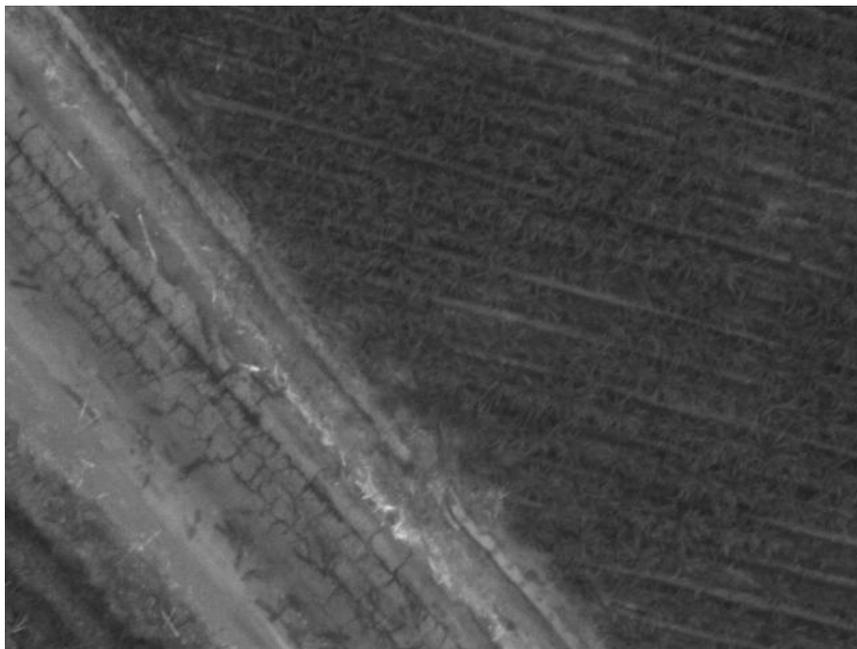


Figura 5.50 Imagen de espectro rojo de cultivo N° 3778

Tabla 5.33

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[-28,16]	[-14,8]	[-9,0]
wv2	[-28,16]	[-14,8]	[-7,4]
wv3	[-28,16]	[-14,8]	[-7,4]
wv4	[-28,16]	[-14,8]	[-10,0]
wv5	[-28,15]	[-14,8]	[-7,4]
wv6	[-28,15]	[-14,8]	[-7,4]
Traslación real	[-26,17]	[-13,8]	[-7,4]

En la Tabla 5.33 se muestra la información de los vectores de traslación obtenidos utilizando el algoritmo de registro, además se muestra la traslación real la cual es obtenida ubicando de manera visual puntos pertenecientes a ambas imágenes.

Tabla 5.34

Error	[tx,ty]		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
wv1	[-2,-1]	[-1,0]	[-2,-4]
wv2	[-2,-1]	[-1,0]	[0,0]
wv3	[-2,-1]	[-1,0]	[0,0]
wv4	[-2,-1]	[-1,0]	[-3,-4]
wv5	[-2,-2]	[-1,0]	[0,0]
wv6	[-2,-2]	[-1,0]	[0,0]

El error es la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado Final

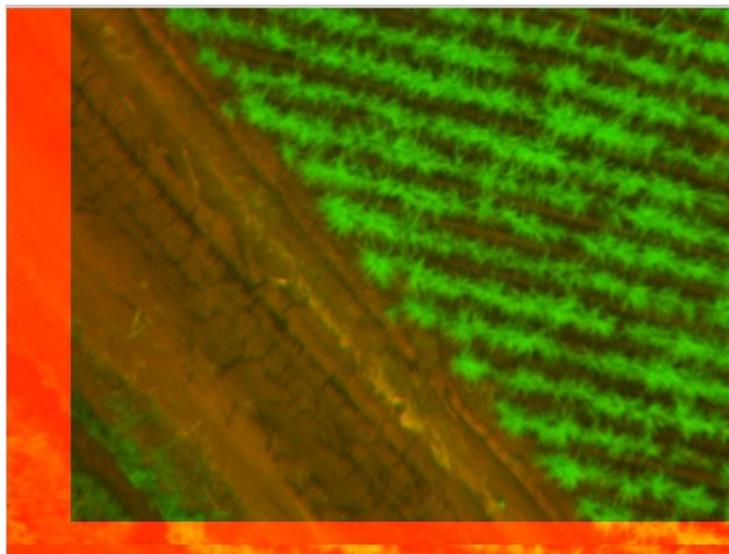


Figura 5.51 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de $[-28,16]$ de nivel 1.

Anexo 6

6.1 Evaluación del registro de imágenes con la transformada de wavelet discreta:

Para los pares de imágenes aéreas mostradas se realizó pruebas utilizando Wavelets estándar.

Imágenes N° 0241 y N° 0242

Tabla 6.1

	Nivel 1
wh1	[35,-15]
wv2	[43,39]
wd3	[42,104]
Traslación real	[21,27]

La tabla 6.1 muestra los vectores de traslaciones de las tres sub bandas que se obtienen horizontal (wh_1), vertical (wv_2) y diagonal (wd_3).

Tabla 6.2

Error	[tx,ty] Nivel 1
wh1	[14,-42]
wv2	[22,12]
wd3	[21,77]

La tabla 6.2 muestra la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado del registro

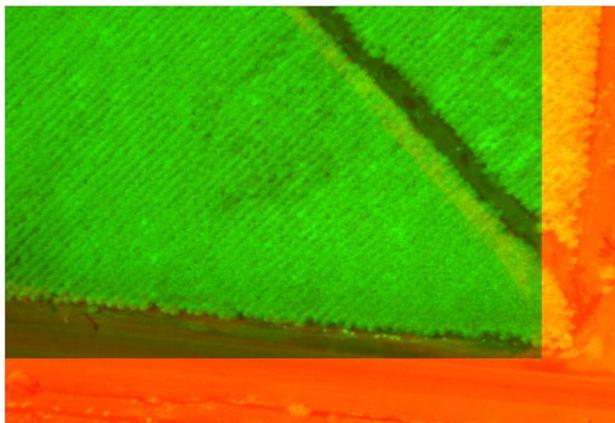


Figura 6.1 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [43,39] de nivel 1.

Tabla 6.3

	Nivel 1
wh1	[3,8]
wv2	[-53,-19]
wd3	[-76,-11]
Traslación real	[3,10]

La tabla 6.3 muestra los vectores de traslaciones de las tres sub bandas que se obtienen horizontal (wh1), vertical (wv2) y diagonal (wd3).

Tabla 6.4

	[tx,ty]
Error	Nivel 1
wh1	[0,-2]
wv2	[-56,-29]
wd3	[-79,-21]

La tabla 6.4 muestra la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado del registro

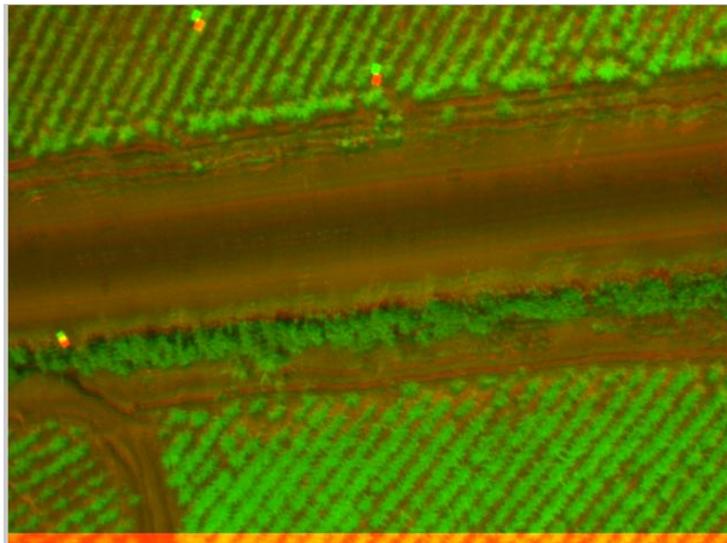


Figura 6.2 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [3,8] de nivel 1.

Imágenes N° 3131 y N° 3132

Tabla 6.5

	Nivel 1
wh1	[-2,13]
wv2	[-1,12]
wd3	[-39,-5]
Traslación real	[0,11]

La tabla 6.5 muestra los vectores de traslaciones de las tres sub bandas que se obtienen horizontal (wh1), vertical (wv2) y diagonal (wd3).

Tabla 6.6

Error	[tx,ty]
	Nivel 1
wh ₁	[-2,2]
wv ₂	[-1,1]
wd ₃	[-39,-15]

La tabla 6.6 muestra la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado del registro



Figura 6.3 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-1,12] de nivel 1.

Tabla 6.7

	Nivel 1
wh1	[0,0]
wv2	[0,0]
wd3	[0,0]
Traslación real	[22,15]

La tabla 6.7 muestra los vectores de traslaciones de las tres sub bandas que se obtienen horizontal (wh1), vertical (wv2) y diagonal (wd3).

Tabla 6.8

	[tx,ty]
Error	Nivel 1
wh1	[-22,-15]
Wv2	[-22,-15]
Wd3	[-22,-15]

La tabla 6.8 muestra la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado del registro

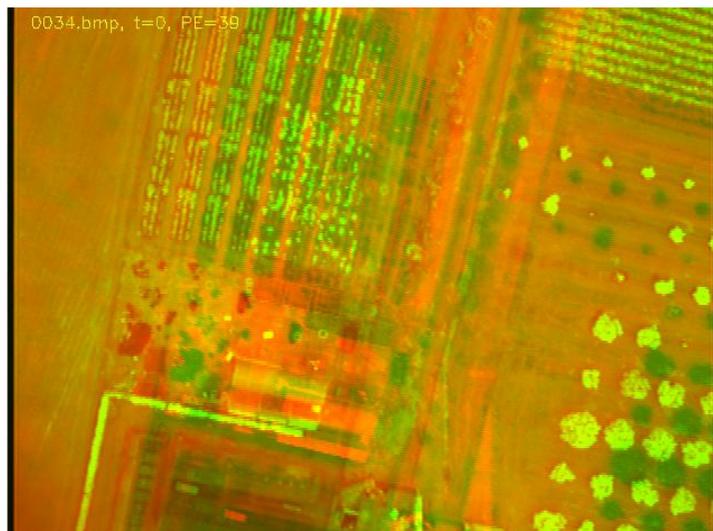


Figura 6.4 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [0,0] de nivel 1.

Imágenes N° 0100 y N° 0099

Tabla 6.9

	Nivel 1
wh1	[0,0]
wv2	[0,0]
wd3	[0,0]
Traslación real	[-10,5]

La tabla 6.9 muestra los vectores de traslaciones de las tres sub bandas que se obtienen horizontal (wh1), vertical (wv2) y diagonal (wd3).

Tabla 6.10

	[tx,ty]
Error	Nivel 1
wh1	[10,-5]
Wv2	[10,-5]
Wd3	[10,-5]

La tabla 6.10 muestra la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado del registro

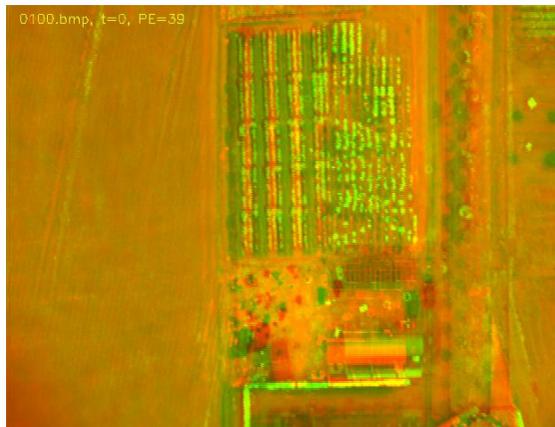


Figura 6.5 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [0,0] de nivel 1.

Tabla 6.11

	Nivel 1
wh1	[0,0]
wv2	[0,0]
wd3	[0,0]
Traslación real	[7,-13]

La tabla 6.11 muestra los vectores de traslaciones de las tres sub bandas que se obtienen horizontal (wh1), vertical (wv2) y diagonal (wd3).

Tabla 6.12

Error	[tx,ty]
	Nivel 1
wh1	[-7,13]
wv2	[-7,13]
wd3	[-7,13]

La tabla 6.12 muestra la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado del registro

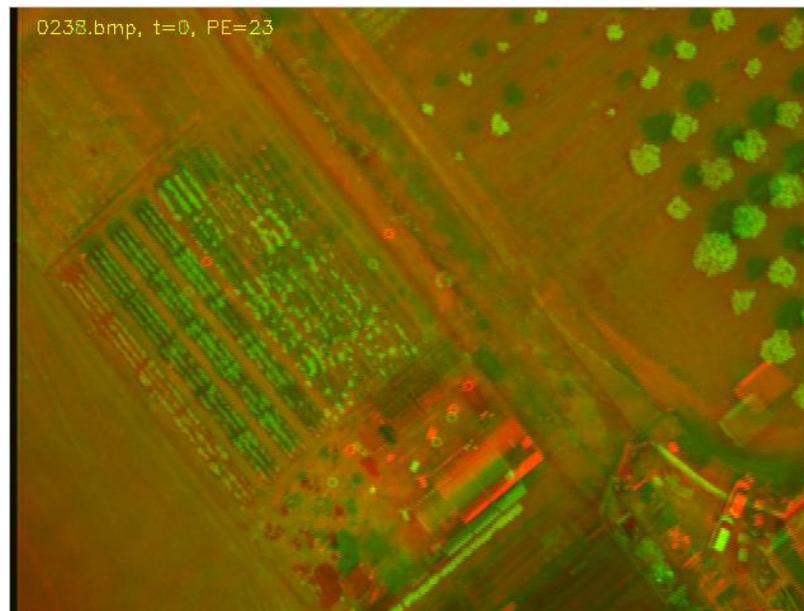


Figura 6.6 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [0,0] de nivel 1.

Imágenes N° 0412 y N° 0413

Tabla 6.13

	Nivel 1
wh1	[0,0]
wv2	[0,0]
wd3	[0,0]
Traslación real	[-6,9]

La tabla 6.13 muestra los vectores de traslaciones de las tres sub bandas que se obtienen horizontal (wh1), vertical (wv2) y diagonal (wd3).

Tabla 6.14

Error	[tx,ty]
	Nivel 1
wh1	[6,-9]
wv2	[6,-9]
wd3	[6,-9]

La tabla 6.14 muestra la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado del registro

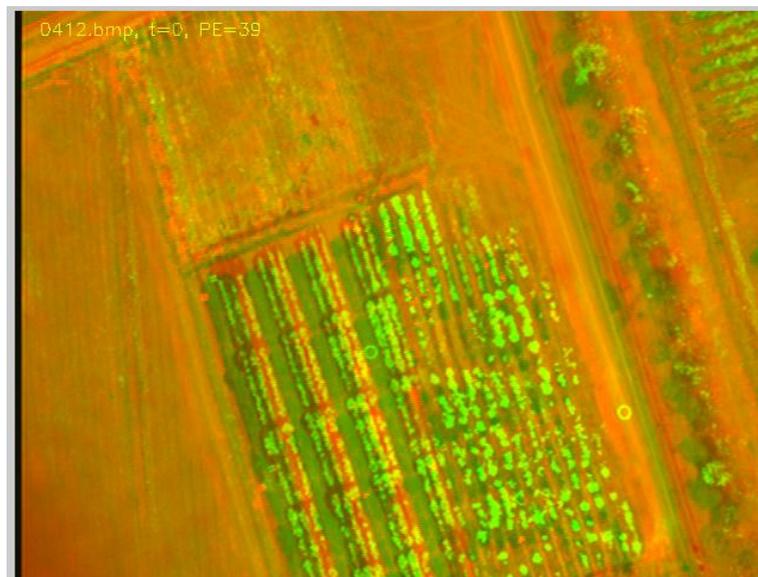


Figura 6.7 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [0,0] de nivel 1.

Tabla 6.15

	Nivel 1
wh1	[-30,16]
wv2	[-30,15]
wd3	[-84,-69]
Traslación real	[-30,16]

La tabla 6.15 muestra los vectores de traslaciones de las tres sub bandas que se obtienen horizontal (wh1), vertical (wv2) y diagonal (wd3).

Tabla 6.16

Error	[tx,ty]
	Nivel 1
wh1	[0,0]
wv2	[-1,0]
wd3	[-54,-85]

La tabla 6.16 muestra la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado del registro

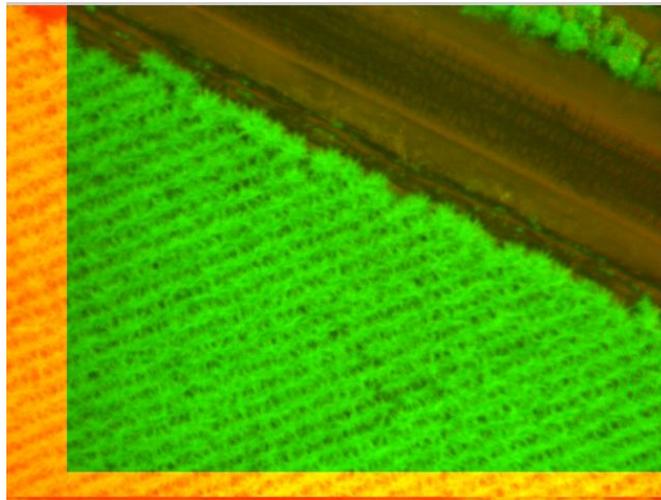


Figura 6.8 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-30,16] de nivel 1.

Tabla 6.17

	Nivel 1
wh1	[-21,11]
wv2	[-20,10]
wd3	[-7,-33]
Traslación real	[-20,12]

La tabla 6.17 muestra los vectores de traslaciones de las tres sub bandas que se obtienen horizontal (wh1), vertical (wv2) y diagonal (wd3).

Tabla 6.18

Error	[tx,ty]
	Nivel 1
wh1	[-1,-1]
wv2	[0,-2]
wd3	[13,-45]

La tabla 6.18 muestra la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado del registro

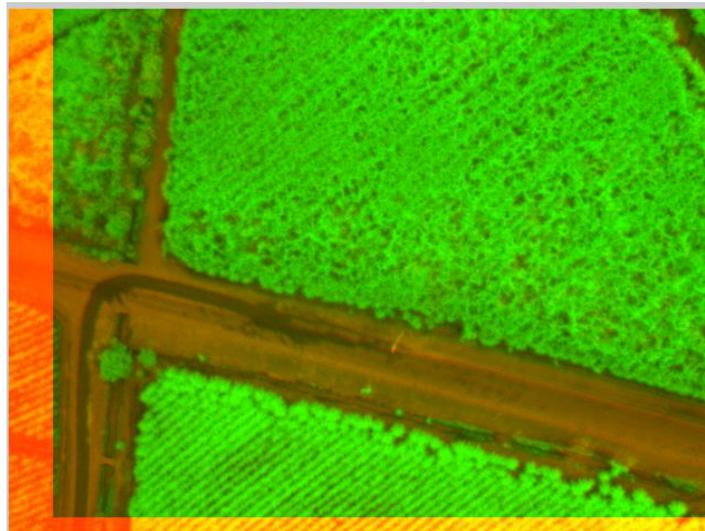


Figura 6.9 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-20,10] de nivel 1.

Tabla 6.19

	Nivel 1
wh1	[-20,10]
wv2	[-14,42]
wd3	[-46,-6]
Traslación real	[-21,11]

La tabla 6.19 muestra los vectores de traslaciones de las tres sub bandas que se obtienen horizontal (wh1), vertical (wv2) y diagonal (wd3).

Tabla 6.20

Error	[tx,ty]
	Nivel 1
wh1	[1,-1]
wv2	[7,31]
wd3	[-25,-17]

La tabla 6.20 muestra la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado del registro

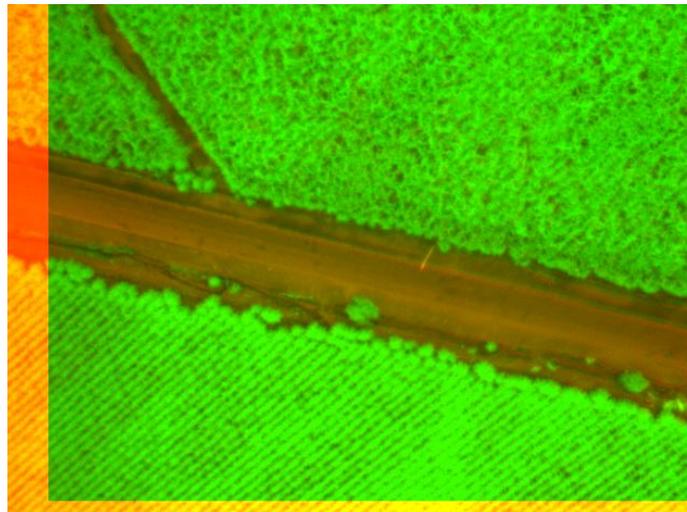


Figura 6.10 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-20,10] de nivel 1.

Tabla 6.21

	Nivel 1
wh1	[-20,10]
wv2	[-20,10]
wd3	[46,-10]
Traslación real	[-20,11]

La tabla 6.21 muestra los vectores de traslaciones de las tres sub bandas que se obtienen horizontal (wh1), vertical (wv2) y diagonal (wd3).

Tabla 6.22

Error	[tx,ty]
	Nivel 1
wh ₁	[0,-1]
wv ₂	[0,-1]
wd ₃	[67,-21]

La tabla 6.22 muestra la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado del registro

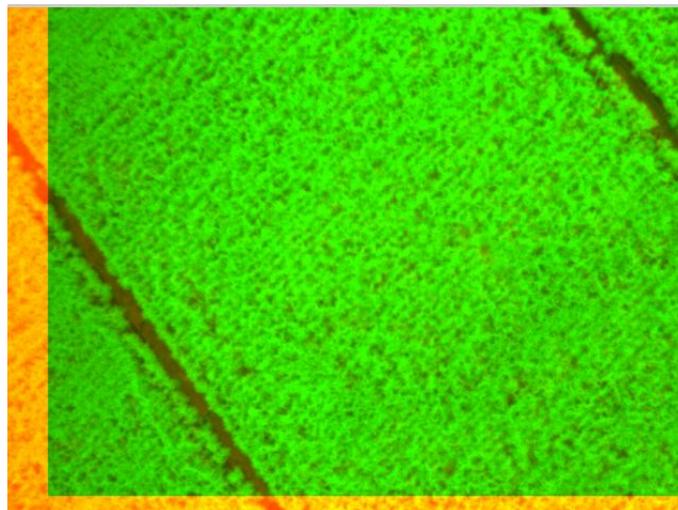


Figura 6.11 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-20,10] de nivel 1.

Tabla 6.23

	Nivel 1
wh1	[-20,11]
wv2	[-61,13]
wd3	[23,56]
Traslación real	[-19,12]

La tabla 6.23 muestra los vectores de traslaciones de las tres sub bandas que se obtienen horizontal (wh1), vertical (wv2) y diagonal (wd3).

Tabla 6.24

Error	[tx,ty]
	Nivel 1
wh1	[-1,-1]
wv2	[-42,-1]
wd3	[42,-4]

La tabla 6.24 muestra la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado del registro

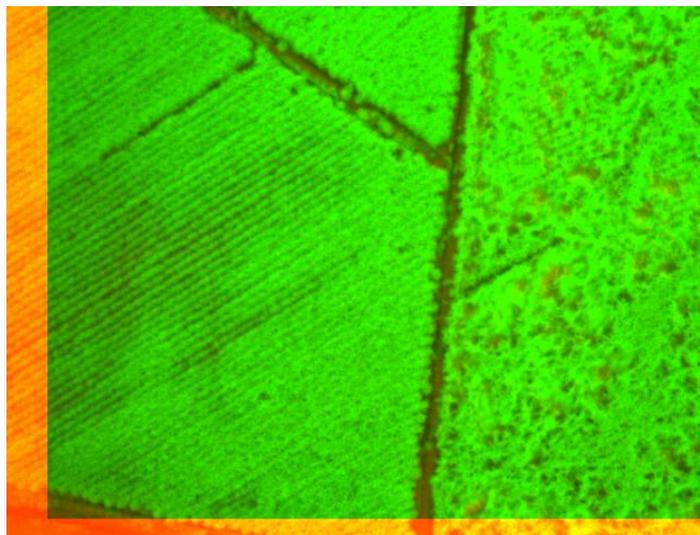


Figura 6.12 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-20,11] de nivel 1.

Tabla 6.25

	Nivel 1
wh1	[2,-3]
wv2	[-88,-19]
wd3	[-71,-20]
Traslación real	[-21,13]

La tabla 6.25 muestra los vectores de traslaciones de las tres sub bandas que se obtienen horizontal (wh1), vertical (wv2) y diagonal (wd3).

Tabla 6.26

Error	[tx,ty]
	Nivel 1
wh1	[23,-16]
wv2	[-67,-32]
wd3	[-50,-33]

La tabla 6.26 muestra la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado del registro

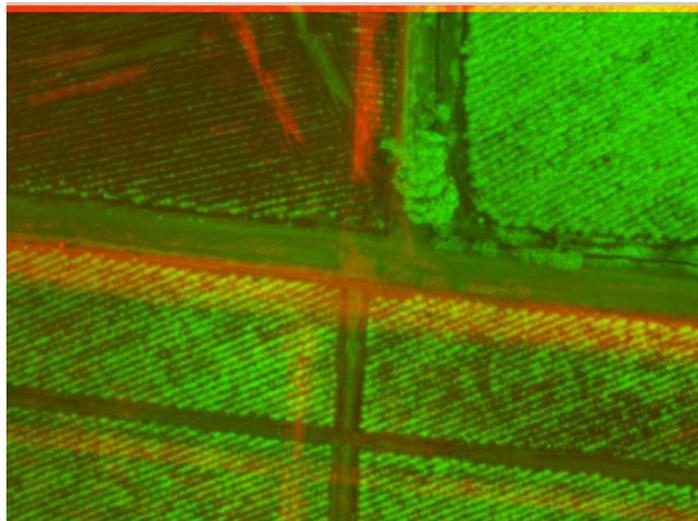


Figura 6.13 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [2,-3] de nivel 1.

Tabla 6.27

	Nivel 1
wh1	[-14,13]
wv2	[-14,13]
wd3	[-40,41]
Traslación real	[-14,13]

La tabla 6.27 muestra los vectores de traslaciones de las tres sub bandas que se obtienen horizontal (wh1), vertical (wv2) y diagonal (wd3).

Tabla 6.28

Error	[tx,ty]
	Nivel 1
wh1	[0,0]
wv2	[0,0]
wd3	[-26,28]

La tabla 6.28 muestra la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado del registro

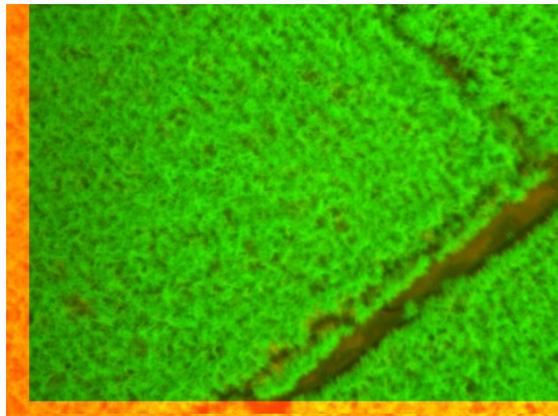


Figura 6.14 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-14,13] de nivel 1.

Tabla 6.29

	Nivel 1
wh1	[-30,18]
wv2	[-30,18]
wd3	[1,12]
Traslación real	[-30,18]

La tabla 6.29 muestra los vectores de traslaciones de las tres sub bandas que se obtienen horizontal (wh1), vertical (wv2) y diagonal (wd3).

Tabla 6.30

Error	[tx,ty]
	Nivel 1
wh1	[0,0]
wv2	[0,0]
wd3	[31,-6]

La tabla 6.30 muestra la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado del registro

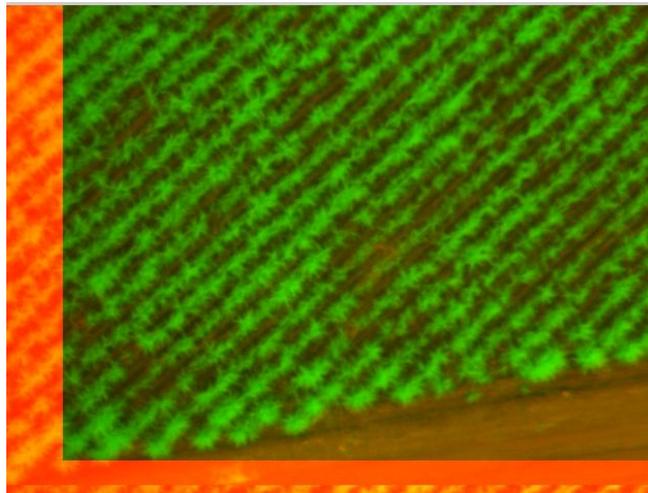


Figura 6.15 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de $[-30,18]$ de nivel 1.

Tabla 6.31

	Nivel 1
wh1	[-29,21]
wv2	[-30,20]
wd3	[-13,-14]
Traslación real	[-29,21]

La tabla 6.31 muestra los vectores de traslaciones de las tres sub bandas que se obtienen horizontal (wh1), vertical (wv2) y diagonal (wd3).

Tabla 6.32

Error	[tx,ty]
	Nivel 1
wh1	[0,0]
wv2	[-1,-1]
wd3	[16,-35]

La tabla 6.32 muestra la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado del registro

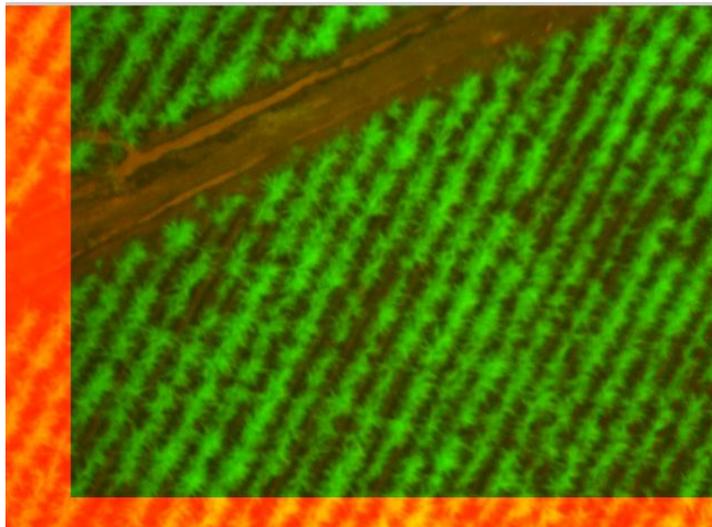


Figura 6.16 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-29,21] de nivel 1.

Tabla 6.33

	Nivel 1
wh1	[-27,15]
wv2	[-27,15]
wd3	[15,-5]
Traslación real	[-26,17]

La tabla 6.33 muestra los vectores de traslaciones de las tres sub bandas que se obtienen horizontal (wh1), vertical (wv2) y diagonal (wd3).

Tabla 6.34

Error	[tx,ty]
	Nivel 1
wh1	[-1,-2]
wv2	[-1,-2]
wd3	[41,-22]

La tabla 6.34 muestra la diferencia de los parámetros del vector de traslación estimado y real.

Resultado del registro

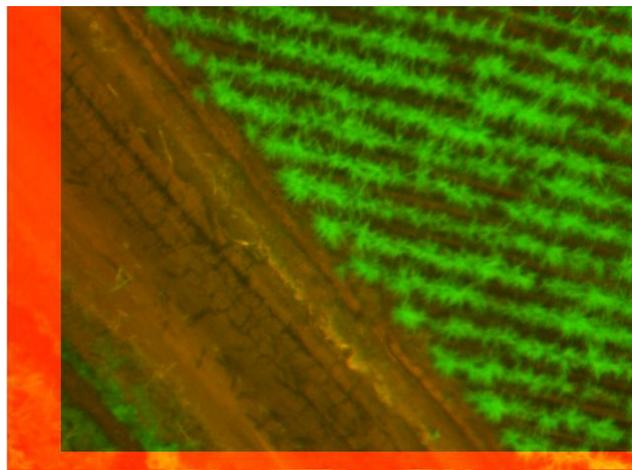


Figura 6.17 Imagen registrada, obtenida con un vector de traslación de [-27,15] de nivel 1.