



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado - Anexos

Caracterización y automatización del proceso  
de evaluación de soldaduras en chapas  
metálicas

Autor

Pilar Salsé Rosera

Directores

Icía Alfaró Ruíz  
Jordi Jiménez Viader

Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
Curso 2020/21

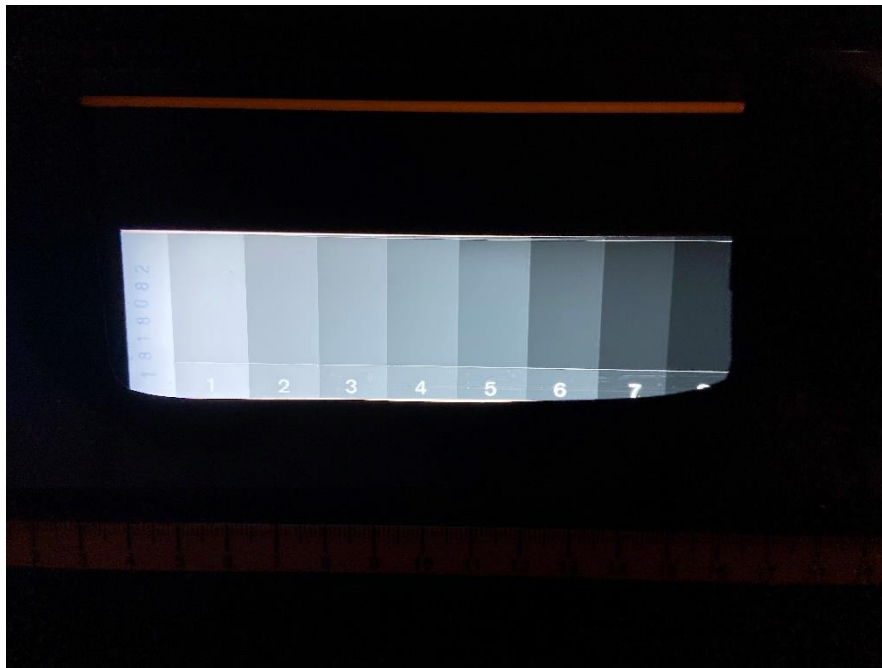
## ÍNDICE

ÍNDICE.....	1
TABLA DE ILUSTRACIONES.....	1
ANEXO I. Imágenes de la step tablet .....	2
ANEXO II. Imágenes tratadas con el programa final, tras adición de patrones en las esquinas.....	4
ANEXO III. Código completo de Matlab .....	8

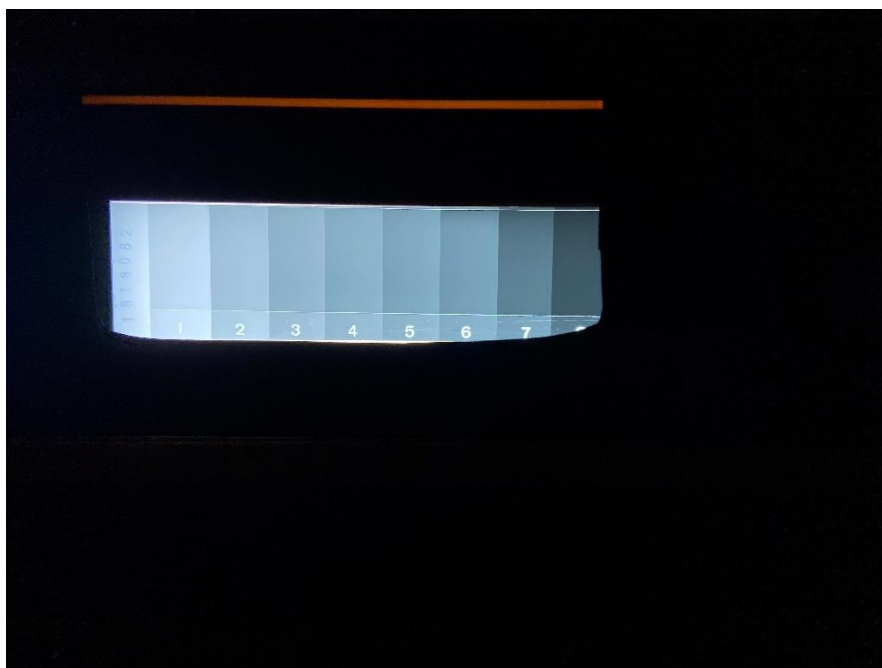
## TABLA DE ILUSTRACIONES

<a href="#">Ilustración A. Fotografía 1 de los escalones de la step tablet desde el 1 hasta el 8</a> .....	2
<a href="#">Ilustración B. Fotografía 2 de los escalones de la step tablet desde el 1 hasta el 8</a> .....	2
<a href="#">Ilustración C. Fotografía 1 de los escalones de la step tablet desde el 6 hasta el 14</a> .....	3
<a href="#">Ilustración D. Fotografía 2 de los escalones de la step tablet desde el 6 hasta el 14</a> .....	3
<a href="#">Ilustración E. Fotografía de la "Prueba 1" (1.1)</a> .....	4
<a href="#">Ilustración F. Fotografía de la "Prueba 1" (1.2)</a> .....	5
<a href="#">Ilustración G. Fotografía de la "Prueba 1" (1.3)</a> .....	5
<a href="#">Ilustración H. Fotografía de la "Prueba 2" (2.1)</a> .....	6
<a href="#">Ilustración I. Fotografía de la "Prueba 2" (2.2)</a> .....	6
<a href="#">Ilustración J. Fotografía de la "Prueba 3" (3.1)</a> .....	7
<a href="#">Ilustración K. Fotografía de la "Prueba 3" (3.2)</a> .....	7

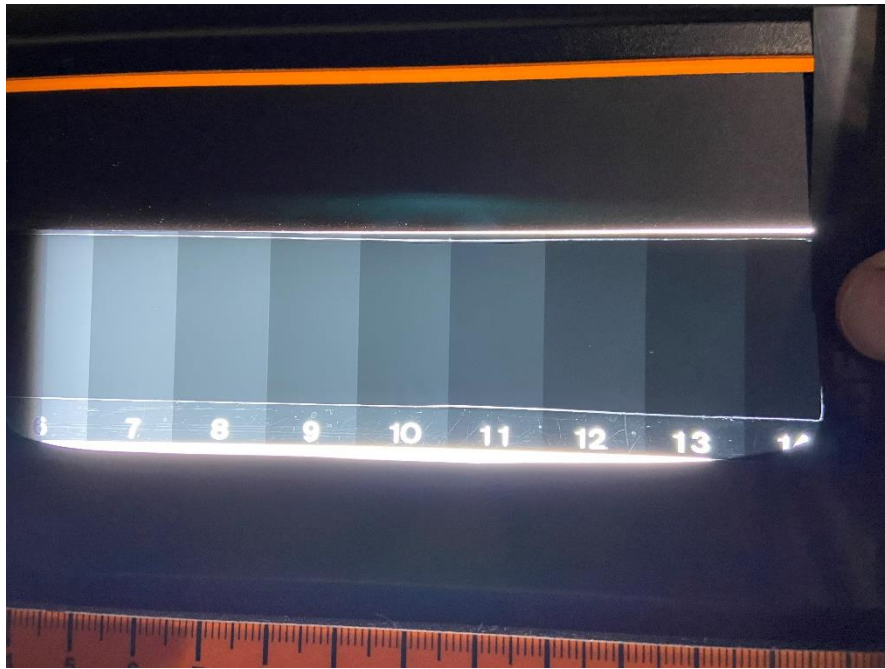
## ANEXO I. Imágenes de la step tablet



*Ilustración A. Fotografía 1 de los escalones de la step tablet desde el 1 hasta el 8*



*Ilustración B. Fotografía 2 de los escalones de la step tablet desde el 1 hasta el 8*



*Ilustración C. Fotografía 1 de los escalones de la step tablet desde el 6 hasta el 14*



*Ilustración D. Fotografía 2 de los escalones de la step tablet desde el 6 hasta el 14*

## ANEXO II. Imágenes tratadas con el programa final, tras adición de patrones en las esquinas

Las imágenes expuestas a continuación son las que se han considerado para realizar el código final del programa. Son las realizadas tras la adición de patrones (imanes) en las esquinas, que aparezcan tras el radiografiado y que sirven de referencia. Se realizaron fotos directamente al negatoscopio de la misma imagen desde perspectivas diferentes, para contemplar posibles variaciones a la hora de realizar las fotos el técnico.

Las densidades de cada placa, en las referencias y en el cordón de soldadura, tomadas con un densitómetro por el técnico, son las siguientes:

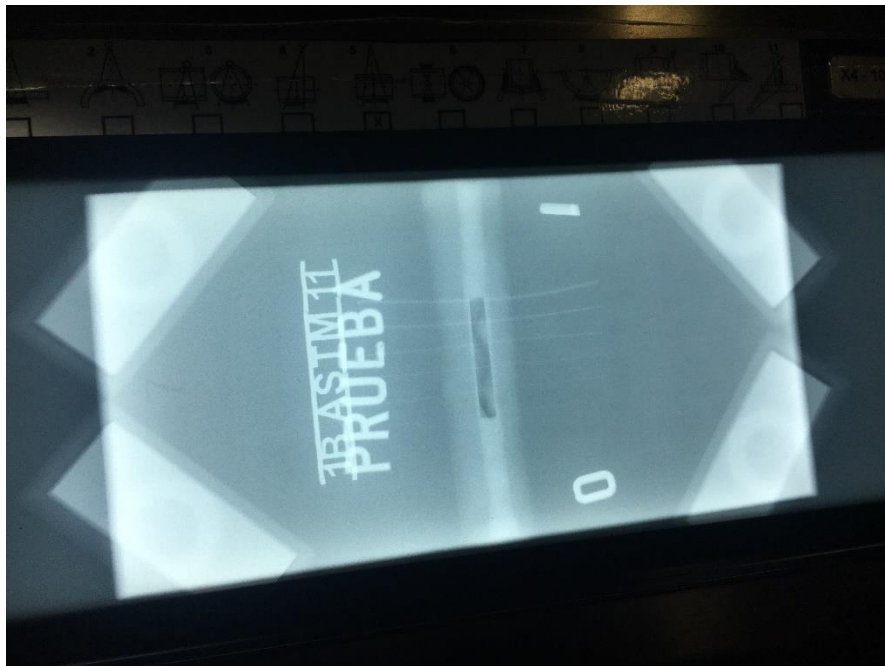
- "Prueba 1": Densidad en referencias, 1.85. Densidad en cordón, 2.25.
- "Prueba 2": Densidad en referencias, 6.9. Densidad en cordón, 7.
- "Prueba 3": Densidad en referencias, 3.9. Densidad en cordón, 4.2.



Ilustración E. Fotografía de la "Prueba 1" (1.1)



*Ilustración F. Fotografía de la "Prueba 1" (1.2)*



*Ilustración G. Fotografía de la "Prueba 1" (1.3)*



Ilustración H. Fotografía de la "Prueba 2" (2.1)



Ilustración I. Fotografía de la "Prueba 2" (2.2)



Ilustración J. Fotografía de la "Prueba 3" (3.1)



Ilustración K. Fotografía de la "Prueba 3" (3.2)



## ANEXO III. Código completo de Matlab

```
clc
clear all;
close all;

[P1]
J=imread('prueba_1_1.jpg'); %Carga imagen a Matlab

[P2]
grayImage = rgb2gray(J); %Convierte imagen a escala de grises para poder operar con ella
%Convierte imagen en binario
level=multithresh(grayImage) %Obtiene el umbral al cual la imagen cambiará a binario
%Se introduce un condicional que aumente si es necesario el valor del umbral (level) para la binarización, puesto que
está demostrado que con valores menores de 200, no se distinguen bien las dos zonas y no queda una imagen
adecuadamente separada
if level<140
    indicator=1
    level=level*2
end
binaryImage = grayImage < level;
% Se eliminan posibles líneas horizontales fuera de la zona de interés (dilatación de 9 píxeles)
se = true(9, 1);
binaryImage = imopen(binaryImage, se);
binaryImage = bwareafilt(binaryImage, 1); %Se asegura de que sólo queda una zona de interés
%Selecciona la zona de interés o 'bounding box'
props = regionprops(binaryImage, 'BoundingBox');
boundingBox = props.BoundingBox;
width = boundingBox(3)
height = boundingBox(4)
% Corta la parte de arriba oscurecida, que será aproximadamente el 20% de la altura de la bounding box. De nuevo,
si el umbral era menor de 140, será menor la altura puesto que detectará algo peor la foto binaria
if indicator==1
    f=0.22
else f=0.25
end
```

```
newHeight = height * (1 - f)
```

```
%Se crea la nueva zona de interés y se recorta
```

```
xLeft = boundingBox(1);
```

```
yTop = boundingBox(2);
```

```
boundingBox2 = [xLeft, yTop+f*height, width, newHeight];
```

```
newGrayScaleImage = imcrop(grayImage, boundingBox2);
```

```
%Como se ha eliminado solo la parte oscura de arriba, se gira la imagen para volver a eliminarla (ahora corresponderá a la parte que quedaba abajo sin recortar)
```

```
R=imrotate(newGrayScaleImage,180)
```

```
newGrayScaleImageRotated=imcrop(R,boundingBox2)
```

```
%Se vuelve a girar para verla de frente
```

```
finalImage=imrotate(newGrayScaleImageRotated,180);
```

```
%Se recortan también los laterales, calculando que sean aproximadamente un sexto por cada lado de la anchura total
```

```
finalImageSize=size(finalImage); %Primero se toma el tamaño de la imagen
```

```
targetSize=[finalImageSize(1),(finalImageSize(2).*(4/6))] %Se aplica el recorte de un sexto por cada lado
```

```
r = centerCropWindow2d(size(finalImage),targetSize);
```

```
I=imcrop(finalImage,r);
```

### [P3]

```
%Se muestra la imagen final y se abre al usuario la posibilidad de elegir las cuatro referencias
```

```
imshow(I);
```

```
roi1 = drawcircle('StripeColor','y');
```

```
roi2 = drawcircle('StripeColor','y');
```

```
roi3 = drawcircle('StripeColor','y');
```

```
roi4 = drawcircle('StripeColor','y');
```

```
%De cada referencia, se tomará la zona rectangular de alrededor del círculo dibujado (la función imcrop no permite corte circular). Se toman las medias de esas zonas como media representativa de las cuatro referencias
```

```
C1=roi1.Center;
```

```
C11=C1(1);
```

```
C12=C1(2);
```

```
R1=roi1.Radius;
```

```
I1=imcrop(I,[(C11-R1) (C12-R1) (2*R1) (2*R1)]);
```

```
M1=mean2(I1);
```

```
C2=roi2.Center;
```

```
C21=C2(1);
```

```

C22=C2(2);
R2=roi2.Radius;
I2=imcrop(I,[(C21-R2) (C22-R2) (2*R2) (2*R2)]);
M2=mean2(I2);

C3=roi3.Center;
C31=C3(1);
C32=C3(2);
R3=roi3.Radius;
I3=imcrop(I,[(C31-R3) (C32-R3) (2*R3) (2*R3)]);
M3=mean2(I3);

C4=roi4.Center;
C41=C4(1);
C42=C4(2);
R4=roi4.Radius;
I4=imcrop(I,[(C41-R4) (C42-R4) (2*R4) (2*R4)]);
M4=mean2(I4);
close(figure(1));
%El usuario inserta densidad de los puntos de las esquinas
prompt = 'Inserte densidad de los puntos de las esquinas, y posteriormente pulse ENTER: ';
dens_circ = input(prompt);

```

#### [P4]

%Se calcula el gris correspondiente a la densidad que tienen las referencias en la realidad, que ha introducido el técnico

```
GrayCorrRealDensity=283.377+(dens_circ)*(-55.401);
```

%Se calcula la diferencia existente entre el gris de las referencias y el que les correspondería por la densidad real, a tres de los cuatro círculos

```
DIF1=(M1-GrayCorrRealDensity);
```

```
DIF2=(M2-GrayCorrRealDensity);
```

```
DIF3=(M3-GrayCorrRealDensity);
```

%Se introducen las medias de cada densidad según la step tablet

```
media1=255;
```

```
media2=241.95898;
```

```
media3=228.91796;
```

```

media4=215.876939
media5=202.835919;
media6=188.668142;
media7=179.007392;
media8=162.586102;
media9=146.257653;
media10=128.702314;
media11=108.607858;
media12=80.5627142;
media13=58.4360178;
media14=29.7218222;

```

%Se calcula la relación existente entre la diferencia de cada círculo con la realidad, y sus coordenadas

```

A=[C11 C12 1; C21 C22 1; C31 C32 1];
b=[DIF1;DIF2;DIF3];
n=length(b);
d=det(A);
x=zeros(n,1);
for i=1:n
Ab=[A(:,1:i-1),b,A(:,i+1:n)];
x(i)=det(Ab)/d;
end

```

**[P5]**

```
DIF4=(x(1)*C41)+(x(2)*C42)+x(3);
```

%Se calcula el valor que debería tener la media del gris reconstruido

```
ReconsGray4=DIF4+GrayCorrRealDensity;
```

**[P6]**

%Se evalúa si el error es aceptable (buena reconstrucción) o no (la foto es defectuosa por iluminación inadecuada). Si es buena, se permite al usuario seguir con la evaluación

```

mistake=ReconsGray4-M4
if mistake>30
disp 'La fotografía no es adecuada. Repite fotografía'
else if mistake<-30

```

```

close()

disp 'La fotografía no es adecuada. Repite fotografía'

else

imshow(I);

roi5=drawrectangle('StripeColor','y'); %El usuario selecciona el cordón de soldadura

P5=roi5.Position;

I5=imcrop(I,[P5]);

close(figure(1));

```

%Se obtienen las coordenadas correspondientes al centro del cordón, para ver qué diferencia se le tiene que aplicar, según la relación hallada anteriormente

```
xwelding=P5(1)+(P5(3)./2);
```

```
ywelding=P5(2)+(P5(4)./2);
```

```
DIFwelding=(x(1)*xwelding)+(x(2)*ywelding)+x(3);
```

%Se relaciona el gris de la imagen con el que le correspondería tras el arreglo de la diferencia y se compara con los valores de la step tablet

```
welding_gray=(max(I5,[],'all'))-DIFwelding;
```

[P7]

```
if (media1>=welding_gray) && (welding_gray>media2)
```

```
disp 'El film tiene densidad entre 0.30 y 0.58, NO APTO'
```

```
else if (media2>=welding_gray) && (welding_gray>media3)
```

```
disp 'El film tiene densidad entre 0.58 y 0.9, NO APTO'
```

```
else if (media3>=welding_gray) && (welding_gray>media4)
```

```
disp 'El film tiene densidad entre 0.9 y 1.2, NO APTO'
```

```
else if (media4>=welding_gray) && (welding_gray>media5)
```

```
disp 'El film tiene densidad entre 1.2 y 1.51, NO APTO'
```

```
else if (media5>=welding_gray) && (welding_gray>media6)
```

```
disp 'El film tiene densidad entre 1.51 y 1.8, NO APTO'
```

```
else if (media6>=welding_gray) && (welding_gray>media7)
```

```
disp 'El film tiene densidad entre 1.8 y 2.1, NO APTO'
```

```
else if (media7>=welding_gray) && (welding_gray>media8)
```

```
disp 'El film tiene densidad entre 2.1 y 2.39, APTO'
```

```
else if (media8>=welding_gray) && (welding_gray>media9)
```

```
disp 'El film tiene densidad entre 2.39 y 2.68, APTO'
```

