

## ANEXO V. INTERPOLACIÓN NUMÉRICA PARA OBTENER VALORES FUERA DE LA TABLA DE CALIBRACIÓN COLORIMÉTRICA

### 1. LA INTERPOLACIÓN CON MATLAB

La interpolación ha sido ejecutada utilizando la función de MATLAB 'interp1', en modalidad estándar, o bien en modalidad lineal. Es una de las técnicas más comunes: a partir de valores conocidos se logra sacar una estimación de una función en puntos en que esta función no está conocida<sup>1</sup>.

En la hipótesis en que la función que pasa por dos puntos dados pueda ser estimada por la ecuación de una línea recta, podremos calcular cualquier punto perteneciente a esta línea recta a través de la ecuación que se deduce desde la comparación entre triángulos parecidos. La ecuación general es:

$$f(x) = f(x_1) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} * (f(x_2) - f(x_1))$$

dónde  $f$  es la función;  $x$  es el punto que definir;  $x_1$  y  $x_2$  son respectivamente el punto conocido inicial y el punto conocido final de la línea recta.

Desde una cualquiera pareja de puntos resulta simple determinar, a través de la interpolación numérica, un cualquier otro punto que se encuentre sobre la línea que junta los dos puntos conocidos. El procedimiento por la valoración del punto de interpolación se compone de muchos pasos, en cuánto por cada punto para que se quiere determinar el valor interpolado MATLAB tiene que evaluar dentro de cuales datos conocidos esto se puede colocar.

En MATLAB está presente la función 'interp1' que efectúa todo el procedimiento para ejecutar la interpolación lineal; esta función realiza la interpolación utilizando dos vectores  $x$  e  $y$  que tienen que contener los datos a nuestra disposición, mientras un tercer vector, que llamaremos  $x_1$ , contendrá los valores de los puntos por los que se desea calcular los valores interpolados. Para hacer de modo que la función obras correctamente, los valores de las  $x$  tienen que ser ordenados de modo creciente, mientras que los valores de los  $x_1$  tendrán que ser conseguidos dentro del intervalo localizado por las  $x$ . El resultado será un vector continente las ordenadas de los puntos de interpolación<sup>2</sup>.

### 2. EL PROCESO DE INTERPOLACIÓN – VALORES XYZ TELECOLORÍMETRO

En MATLAB la sintaxis de mando por la función 'interp1' es: `>> y1=interp1(y,x,x1)`. El dato inicial es la tabla de calibración colorimétrica conseguida analizando el ColorChecker X-Rite:

TABLA DE CALIBRACIÓN COLORIMÉTRICA – TELECOLORÍMETRO						
PARCHE	X	Y	Z	R	G	B
1	10,9907	11,40703518	5,3566	60,6	52	35,35556
2	35,6608	35,92964824	18,0096	140,2	119,0222	90,91111
3	15,5969	19,67336683	23,8089	70,08889	79,57778	103,0444

<sup>1</sup> ETTER, Delores M. *Solución de problemas de ingeniería con MATLAB®*, pp165-170. Ver también en el manual online de MathWorks-MATLAB a la voz "interpolation".

<sup>2</sup> CIABURRO, Giuseppe. *Matlab, guida all'uso*. pp140-141.

4	10,9020	16,58291457	5,3525	58,84444	73,55556	33,68889
5	21,9473	24,49748744	30,8344	95,2	92,71111	125,1333
6	29,0550	46,98492462	31,9714	117,5111	153,9778	131,3556
7	36,7846	31,90954774	5,1705	155,2889	114,2222	44,71111
8	11,5255	11,7839196	28,3744	56,91111	54	120,4889
9	27,8427	20,1758794	9,6268	125	74,31111	59,24444
10	7,3080	7,060301508	10,4047	44,4	35,95556	59,42222
11	33,5075	51,75879397	8,3301	140,2	169,5333	61,93333
12	44,4327	48,99497487	5,7524	169,9778	155,1111	51,06667
13	6,6509	6,281407035	20,6581	37,77778	35,06667	99,86667
14	15,2485	28,3919598	7,7013	85,57778	123,8222	56,44444
15	19,5855	13,5678392	4,2236	101,2444	58,37778	34,51111
16	56,8944	69,84924623	6,8113	190,1111	189,7778	56,4
17	27,4233	20,60301508	23,0185	128,1778	80,48889	113,4667
18	13,8106	21,00502513	29,4199	72,06667	100	132,1556
19	81,6121	100	70,2771	218,2	221,5556	206
20	53,8299	65,82914573	46,9970	181,1556	185,6222	171,6
21	33,4896	40,95477387	29,2386	138,2667	141,8	129,3778
22	17,5483	21,38190955	15,0645	90,55556	92,44444	82,68889
23	8,9046	10,92964824	7,9060	58,44444	60,66667	54,13333
24	3,1816	3,91959799	2,8724	26,53333	27,31111	24,64444

La relación entre valores colorimétricos XYZ y números digitales RGB es: R=X; G=Y; B=Z

RELACIONES VALORES/NÚMEROS EN LA TABLA DE CALIBRACIÓN COLORIMÉTRICA									
PARCHE	X	=	R	Y	=	G	Z	=	B
1	10,9907		60,6	11,40703518		52	5,3566		35,35556
2	35,6608		140,2	35,92964824		119,0222	18,0096		90,91111
3	15,5969		70,08889	19,67336683		79,57778	23,8089		103,0444
4	10,9020		58,84444	16,58291457		73,55556	5,3525		33,68889
5	21,9473		95,2	24,49748744		92,71111	30,8344		125,1333
6	29,0550		117,5111	46,98492462		153,9778	31,9714		131,3556
7	36,7846		155,2889	31,90954774		114,2222	5,1705		44,71111
8	11,5255		56,91111	11,7839196		54	28,3744		120,4889
9	27,8427		125	20,1758794		74,31111	9,6268		59,24444
10	7,3080		44,4	7,060301508		35,95556	10,4047		59,42222
11	33,5075		140,2	51,75879397		169,5333	8,3301		61,93333
12	44,4327		169,9778	48,99497487		155,1111	5,7524		51,06667
13	6,6509		37,77778	6,281407035		35,06667	20,6581		99,86667
14	15,2485		85,57778	28,3919598		123,8222	7,7013		56,44444
15	19,5855		101,2444	13,5678392		58,37778	4,2236		34,51111
16	56,8944		190,1111	69,84924623		189,7778	6,8113		56,4

17	27,4233	128,1778	20,60301508	80,48889	23,0185	113,4667
18	13,8106	72,06667	21,00502513	100	29,4199	132,1556
19	81,6121	218,2	100	221,5556	70,2771	206
20	53,8299	181,1556	65,82914573	185,6222	46,9970	171,6
21	33,4896	138,2667	40,95477387	141,8	29,2386	129,3778
22	17,5483	90,55556	21,38190955	92,44444	15,0645	82,68889
23	8,9046	58,44444	10,92964824	60,66667	7,9060	54,13333
24	3,1816	26,53333	3,91959799	27,31111	2,8724	24,64444

Teniendo siempre en cuenta la necesidad de ordenar los números del vector x de manera creciente y hacer que los números del vector y sean en el mismo rango del vector x, se han creado variables R,G y B y X, Y y Z con 26 dígitos añadiendo un valor mínimo 1 y uno máximo 255:

Variables creadas para interpolación					
X	Y	Z	R	G	B
1	1	1	1	1	1
3,1816	3,919598	2,8724	26,53333	27,31111	24,64444
6,6509	6,281407	4,2236	37,77778	35,06667	33,68889
7,3080	7,060302	5,1705	44,4	35,95556	34,51111
8,9046	10,92965	5,3525	56,91111	52	35,35556
10,9020	11,40704	5,3566	58,44444	54	44,71111
10,9907	11,78392	5,7524	58,84444	58,37778	51,06667
11,5255	13,56784	6,8113	60,6	60,66667	54,13333
13,8106	16,58291	7,7013	70,08889	73,55556	56,4
15,2485	19,67337	7,9060	72,06667	74,31111	56,44444
15,5969	20,17588	8,3301	85,57778	79,57778	59,24444
17,5483	20,60302	9,6268	90,55556	80,48889	59,42222
19,5855	21,00503	10,4047	95,2	92,44444	61,93333
21,9473	21,38191	15,0645	101,2444	92,71111	82,68889
27,4233	24,49749	18,0096	117,5111	100	90,91111
27,8427	28,39196	20,6581	125	114,2222	99,86667
29,0550	31,90955	23,0185	128,1778	119,0222	103,0444
33,4896	35,92965	23,8089	138,2667	123,8222	113,4667
33,5075	40,95477	28,3744	140,2	141,8	120,4889
35,6608	46,98492	29,2386	140,2	153,9778	125,1333
36,7846	48,99497	29,4199	155,2889	155,1111	129,3778
44,4327	51,75879	30,8344	169,9778	169,5333	131,3556
53,8299	65,82915	31,9714	181,1556	185,6222	132,1556
56,8944	69,84925	46,9970	190,1111	189,7778	171,6
81,6121	100	70,2771	218,2	221,5556	206
255	255	255	255	255	255

## 2.1. Interpolación

Se han utilizado las siguientes variables:

Rtabla: 26 dígitos de la tabla de calibración colorimétrica, canal Red (rojo) del ColorChecker X-Rite

Gtabla: 26 dígitos de la tabla de calibración colorimétrica, canal Green (verde) del ColorChecker X-Rite

Btabla: 26 dígitos de la tabla de calibración colorimétrica, canal Blue (azul) del ColorChecker X-Rite

Xtabla: 26 dígitos de la tabla de calibración colorimétrica, canal X del ColorChecker X-Rite

Ytabla: 26 dígitos de la tabla de calibración colorimétrica, canal Y del ColorChecker X-Rite

Ztabla: 26 dígitos de la tabla de calibración colorimétrica, canal Z del ColorChecker X-Rite

Rladrillo: 8 dígitos relativos a las 8 muestra-color, canal Red (rojo)

Gladrillo: 8 dígitos relativos a las 8 muestra-color, canal Green (verde)

Bladrillo: 8 dígitos relativos a las 8 muestra-color, canal Blue (azul)

La secuencia de interpolación ha sido la siguiente:

```
>> x=Rtabla;
```

```
>> y=Xtabla;
```

```
>> x1=Rladrillo;
```

```
>> y1=interp1(y,x,x1)
```

```
y1 =
```

```
168.3550
```

```
178.5520
```

```
181.6971
```

```
183.8981
```

```
186.5740
```

```
188.4440
```

```
189.2628
```

```
193.6039
```

```
>> x=Gtabla;
```

```
>> y=Ytabla;
```

```
>> x1=Gladrillo;

>> y1=interp1(y,x,x1)

y1 =

    163.7306
    174.3046
    177.8326
    179.6484
    182.9814
    185.4125
    187.4276
    191.3894
```

```
>> x=Btabla;

>> y=Ztabla;

>> x1=Bladrillo;

>> y1=interp1(y,x,x1)

y1 =

    125.8171
    130.3469
    134.6991
    137.2056
    141.9427
    145.4645
    150.9351
    155.1960
```

Se han así conseguido por interpolación tres nuevas variables:  
Xladrillo            Yladrillo            Zladrillo

```
>>Xladrillo=

    168.3550
    178.5520
    181.6971
    183.8981
```

186.5740

188.4440

189.2628

193.6039

>>Yladrillo=

163.7306

174.3046

177.8326

179.6484

182.9814

185.4125

187.4276

191.3894

>>Zladrillo=

125.8171

130.3469

134.6991

137.2056

141.9427

145.4645

150.9351

155.1960

Los tres vectores resultantes han sido agrupados por fin en una única variable, exportable en EXCEL, definida:

>> XYZladrillo

XYZladrillo =

168.3550	163.7306	125.8171
----------	----------	----------

178.5520	174.3046	130.3469
----------	----------	----------

181.6971	177.8326	134.6991
----------	----------	----------

183.8981	179.6484	137.2056
----------	----------	----------

186.5740	182.9814	141.9427
----------	----------	----------

188.4440	185.4125	145.4645
----------	----------	----------

189.2628	187.4276	150.9351
----------	----------	----------

193.6039	191.3894	155.1960
----------	----------	----------

### 3. EL PROCESO DE INTERPOLACIÓN – VALORES XYZ ESPECTROFOTÓMETRO

Teniendo en cuenta la mismas consideraciones generales hechas en el párrafo 2 de este anexo, otro proceso de interpolación ha sido hecho utilizando en la tabla de calibración los valores XYZ derivados del espectrofotómetro:

TABLA DE CALIBRACIÓN COLORIMÉTRICA – ESPECTROFOTÓMETRO						
PARCHE	X	Y	Z	R	G	B
1	11,7152	10,6829	7,4084	60,6	52	35,35556
2	36,2651	34,2059	24,5461	140,2	119,0222	90,91111
3	17,7886	19,5292	33,9533	70,08889	79,57778	103,0444
4	11,2069	13,5016	7,237	58,84444	73,55556	33,68889
5	24,7014	24,3659	43,5424	95,2	92,71111	125,1333
6	31,569	42,8437	43,8136	117,5111	153,9778	131,3556
7	36,6779	28,8746	6,5398	155,2889	114,2222	44,71111
8	13,9817	13,2446	40,3855	56,91111	54	120,4889
9	26,318	18,2963	13,3469	125	74,31111	59,24444
10	8,6336	7,0637	14,9031	44,4	35,95556	59,42222
11	33,9175	42,3028	10,9112	140,2	169,5333	61,93333
12	43,4505	39,2771	7,5863	169,9778	155,1111	51,06667
13	8,0596	7,2313	28,426	37,77778	35,06667	99,86667
14	15,1619	22,9678	9,6895	85,57778	123,8222	56,44444
15	18,7019	11,9468	5,4129	101,2444	58,37778	34,51111
16	55,7719	57,0004	8,6793	190,1111	189,7778	56,4
17	28,832	20,1834	32,0035	128,1778	80,48889	113,4667
18	15,0924	21,2958	39,2796	72,06667	100	132,1556
19	83,7923	88,703	92,4279	218,2	221,5556	206
20	55,358	58,5759	62,7621	181,1556	185,6222	171,6
21	34,6176	36,6322	39,6884	138,2667	141,8	129,3778
22	18,3055	19,2952	20,6005	90,55556	92,44444	82,68889
23	8,8433	9,3961	10,292	58,44444	60,66667	54,13333
24	3,1775	3,3539	3,6878	26,53333	27,31111	24,64444

La relación entre valores colorimétricos XYZ y números digitales RGB es:  $R=X$ ;  $G=Y$ ;  $B=Z$ .

Para ejecutar la interpolación entre números RGB y valores colorimétricos XYZ derivados desde espectrofotómetro se ha utilizado el mismo procedimiento explicado en el párrafo anterior, añadiendo un número inicial y un número final no reales para crear vectores compatibles en fase de operaciones de interpolación con MatLab:

Variables creadas para interpolación					
X	Y	Z	R	G	B
1	1	1	1	1	1
11,7152	10,6829	7,4084	26,53333	27,31111	24,64444
36,2651	34,2059	24,5461	37,77778	35,06667	33,68889

17,7886	19,5292	33,9533	44,4	35,95556	34,51111
11,2069	13,5016	7,237	56,91111	52	35,35556
24,7014	24,3659	43,5424	58,44444	54	44,71111
31,569	42,8437	43,8136	58,84444	58,37778	51,06667
36,6779	28,8746	6,5398	60,6	60,66667	54,13333
13,9817	13,2446	40,3855	70,08889	73,55556	56,4
26,318	18,2963	13,3469	72,06667	74,31111	56,44444
8,6336	7,0637	14,9031	85,57778	79,57778	59,24444
33,9175	42,3028	10,9112	90,55556	80,48889	59,42222
43,4505	39,2771	7,5863	95,2	92,44444	61,93333
8,0596	7,2313	28,426	101,2444	92,71111	82,68889
15,1619	22,9678	9,6895	117,5111	100	90,91111
18,7019	11,9468	5,4129	125	114,2222	99,86667
55,7719	57,0004	8,6793	128,1778	119,0222	103,0444
28,832	20,1834	32,0035	138,2667	123,8222	113,4667
15,0924	21,2958	39,2796	140,2	141,8	120,4889
83,7923	88,703	92,4279	140,2	153,9778	125,1333
55,358	58,5759	62,7621	155,2889	155,1111	129,3778
34,6176	36,6322	39,6884	169,9778	169,5333	131,3556
18,3055	19,2952	20,6005	181,1556	185,6222	132,1556
8,8433	9,3961	10,292	190,1111	189,7778	171,6
3,1775	3,3539	3,6878	218,2	221,5556	206
255	255	255	255	255	255

### 3.1. Interpolación

Se han utilizado las siguientes variables:

Rtabla: 26 dígitos de la tabla de calibración colorimétrica, canal Red (rojo) del ColorChecker X-Rite

Gtabla: 26 dígitos de la tabla de calibración colorimétrica, canal Green (verde) del ColorChecker X-Rite

Btabla: 26 dígitos de la tabla de calibración colorimétrica, canal Blue (azul) del ColorChecker X-Rite

Xtabla: 26 dígitos de la tabla de calibración colorimétrica, canal X del ColorChecker X-Rite

Ytabla: 26 dígitos de la tabla de calibración colorimétrica, canal Y del ColorChecker X-Rite

Ztabla: 26 dígitos de la tabla de calibración colorimétrica, canal Z del ColorChecker X-Rite

Rladrillo: 8 dígitos relativos a las 8 muestra-color, canal Red (rojo)

Gladrillo: 8 dígitos relativos a las 8 muestra-color, canal Green (verde)

Bladrillo: 8 dígitos relativos a las 8 muestra-color, canal Blue (azul)



La secuencia de interpolación ha sido la siguiente:

```
>> x=Rtabla;  
y=Xtabla;  
x1=RIadrillo;  
y1=interp1(y,x,x1)  
y1 =  
  
167.2517  
177.5785  
180.7637  
182.9927  
185.7026  
187.5965  
188.4257  
192.8220
```

```
>> x=Gtabla;  
y=Ytabla;  
x1=GIadrillo;  
y1=interp1(y,x,x1)  
y1 =  
  
169.9308  
179.7864  
183.0748  
184.7672  
187.8738  
190.1398  
192.0180  
195.7106
```

```

>> x=Btabla;

y=Ztabla;

x1=Bladrillo;

y1=interp1(y,x,x1)

y1 =

    128.8391

    127.2415

    126.3558

    125.8457

    126.5384

    130.5401

    136.7561

    141.5975

>>

```

Se han así conseguido por interpolación tres nuevas variables:

Xladrillo	Yladrillo	Zladrillo
>>Xladrillo=		
167.2517		
177.5785		
180.7637		
182.9927		
185.7026		
187.5965		
188.4257		
192.8220		
>>Yladrillo=		
169.9308		

179.7864

183.0748

184.7672

187.8738

190.1398

192.0180

195.7106

>>Zladrillo=

128.8391

127.2415

126.3558

125.8457

126.5384

130.5401

136.7561

141.5975

Los tres vectores resultantes han sido agrupados por fin en una única variable, exportable en EXCEL, definida:

>> XYZladrillo

XYZladrillo =

167.2517 169.9308 128.8391

177.5785 179.7864 127.2415

180.7637 183.0748 126.3558

182.9927 184.7672 125.8457

185.7026 187.8738 126.5384

187.5965 190.1398 130.5401

188.4257 192.0180 136.7561

192.8220 195.7106 141.5975