

# PUENTES DE HORMIGÓN PARA FERROCARRIL

POR JOSÉ LUIS MÚZQUIZ, INGENIERO DE CAMINOS

*Se trata de un estudio comparativo del mayor interés acerca de las soluciones más convenientes, según los casos, de puentes de hormigón para ferrocarril, basado en la experiencia de los trabajos realizados por la R. E. N. F. E. después de nuestra guerra. En este primer artículo se ocupa el autor de puentes de pequeñas luces, comparando las losas y los tableros.*

Al terminar la guerra de liberación de España, se encontraron las Compañías de Ferrocarriles españoles con un gran número de puentes destruidos y otros muchos insuficientes para el paso de las locomotoras modernas, cuyo peso se aproxima, cada vez más, al preceptuado por la Instrucción española vigente (1).

Fué, por tanto, preciso construir o sustituir, en poco tiempo, numerosos puentes de ferrocarril, obli-

gando la escasez y dificultad de adquisición de materiales metálicos, a emplear, en la mayoría de los casos, soluciones de hormigón, prescindiendo casi en absoluto de las metálicas.

En los presentes artículos vamos a dar una idea de los trabajos realizados por la R. E. N. F. E., después de la terminación de la guerra, comparando las ventajas e inconvenientes de unas y otras soluciones, y señalando los criterios que han influido o pueden influir en la adopción de un tipo u otro de obra.

Comparando los pesos de acero por metro lineal de los puentes en arco, con tableros de hormigón armado y con vigas metálicas, obtenemos el gráfico

(1) El peso, por eje, de las locomotoras "Santa Fe", últimamente puestas en servicio, es 21,5 Tn., y el de la Instrucción, 22 Tn. por eje.

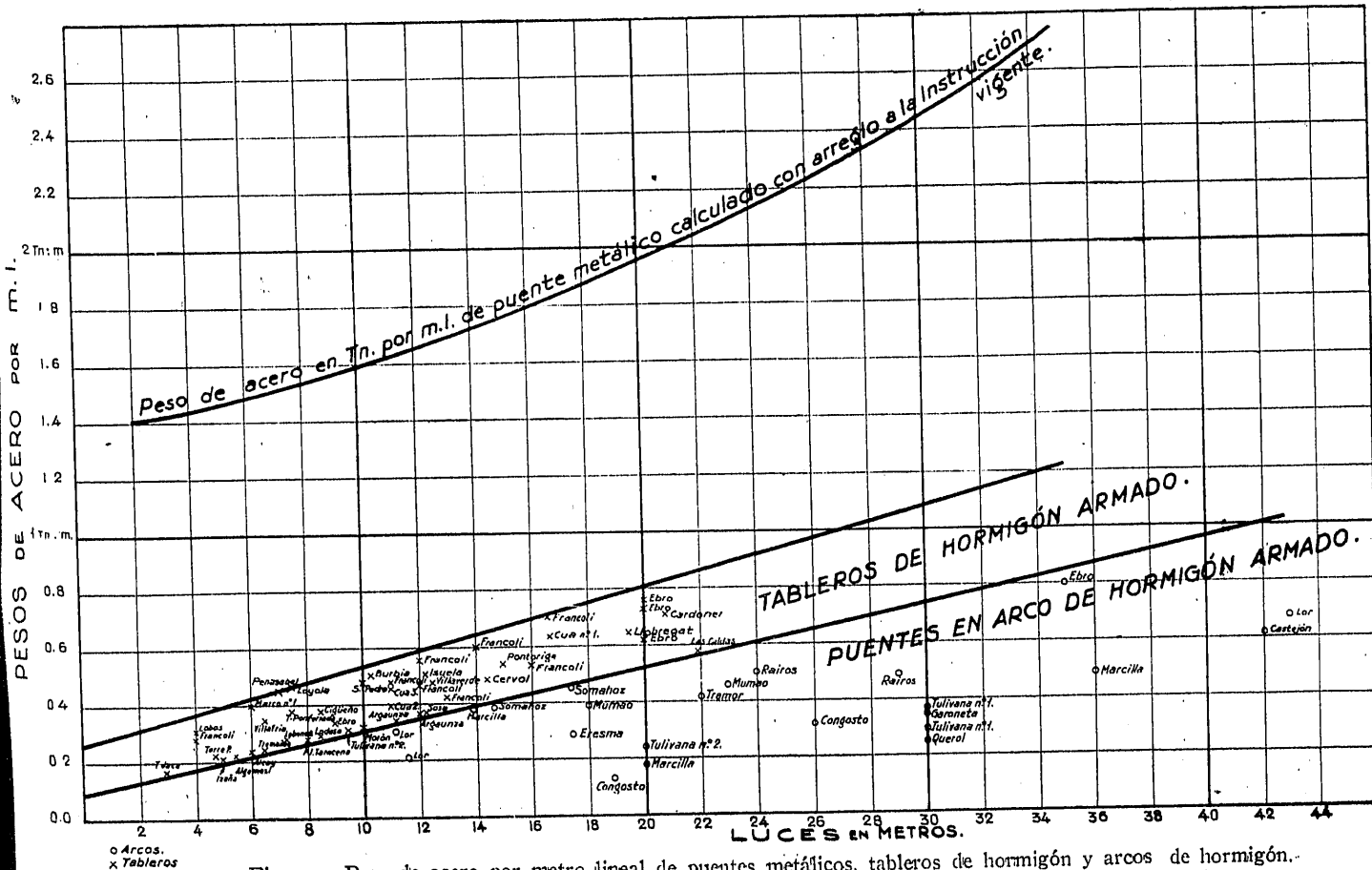


Fig. 1. — Peso de acero por metro lineal de puentes metálicos, tableros de hormigón y arcos de hormigón.



I. Losas y tableros de hormigón armado.

Para pequeñas luces es ventajoso el empleo de losas, especialmente en los casos en que no pueda elevarse todo lo necesario la rasante de la vía ni disminuirse el desagüe o la altura del camino, si se trata de un paso inferior.

PONTÓN CUA

Luz libre = 5.50

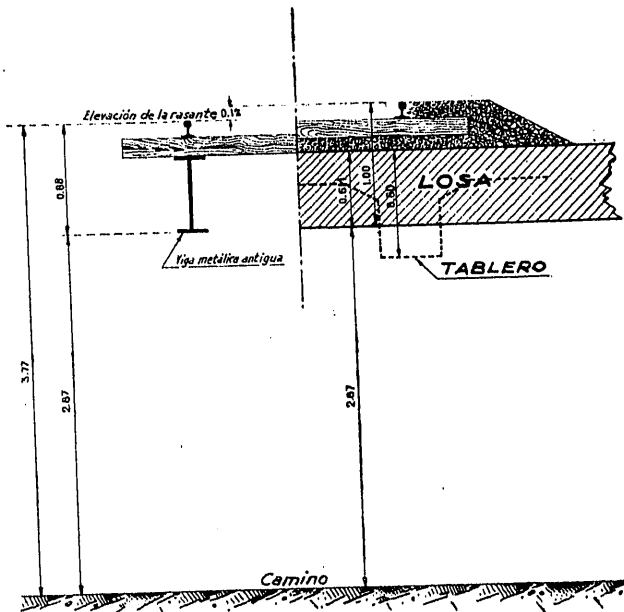


Fig. 4. — Pontón Cua, en la línea de Galicia. Comparación de los cantos de las soluciones metálica, con losa y con tablero de hormigón armado.

PASO INFERIOR DE LOYOLA

Sección transversal.

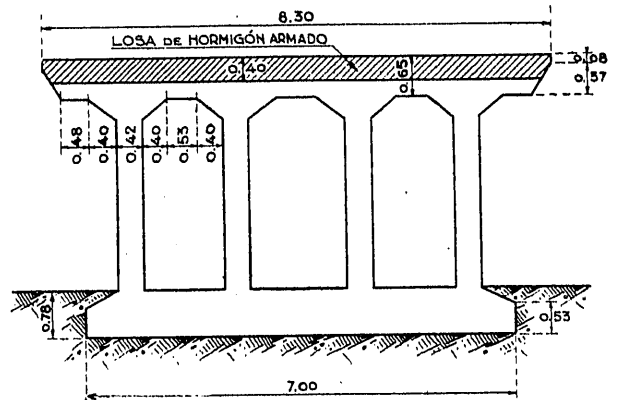


Figura 5.

LOSA

Peso de acero: 26 788,45 Kg. (55,6 % del peso total de acero).  
 Volumen de hormigón: 156,330 m.<sup>3</sup> (57,9 % del volumen total).  
 $\frac{\text{Kg.}}{\text{m.}^3} = 171.$

VIGAS TRANSVERSALES SOBRE LOS APOYOS

Peso de acero: 8 730,99 Kg. (18,1 % del peso total de acero).  
 Volumen de hormigón: 43,160 m.<sup>3</sup> (16 % del volumen total).  
 $\frac{\text{Kg.}}{\text{m.}^3} = 202.$

PILARES ZUNCHADOS

Peso de acero: 3 194,91 Kg. (6,6 % del peso total de acero).  
 Volumen de hormigón: 6,62 m.<sup>3</sup> (2,5 % del volumen total).  
 $\frac{\text{Kg.}}{\text{m.}^3} = 483.$

ZAPATAS

Peso de acero: 9 477,52 Kg. (19,7 % del peso total de acero).  
 Volumen de hormigón: 63,84 m.<sup>3</sup> (23,6 % del volumen total).  
 $\frac{\text{Kg.}}{\text{m.}^3} = 148.$

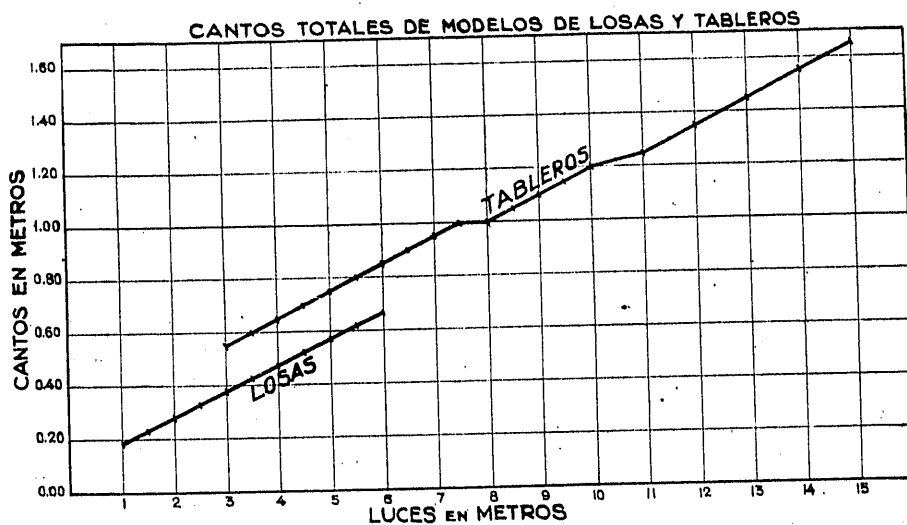


Figura 6.

Así, en la sustitución de los pontones de La Barrosa (fig. 3), Valdomar y Cúa (fig. 4), de la línea de Galicia, ha sido preciso emplear losas de 4 m., con armadura simétrica en los dos primeros, y de 5,50 m. en el de Cúa, no obstante ser más económica en estos casos la solución de tablero.

También en el paso inferior de Loyola (fig. 5), a la salida hacia Irún de la estación de San Sebastián, se ha tenido que proyectar una solución con losa continua, cuya distribución de luces (10,80-5,85-5,85-

guiente aumento de coste y complicación de la obra, ni disminuirse la cota inferior del tablero, por quedar solamente 3,20 m. libres sobre la calzada, ni tampoco rebajarse el nivel de ésta, por encontrarse muy por encima de las pleamares máximas.

En la figura 6 indicamos un gráfico en el que se señalan los cantos totales de tableros y losas en dos colecciones-tipo estudiadas. La diferencia de canto es de 18 a 20 cm. a favor de las losas. Por razones de encofrado es también conveniente el empleo de éstas,

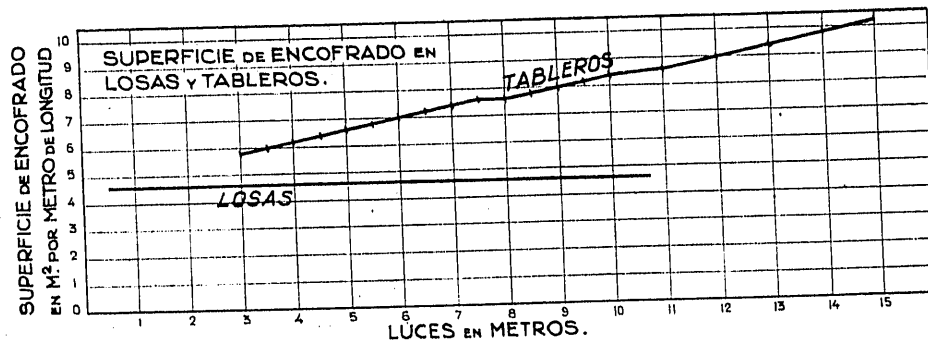


Figura 7.

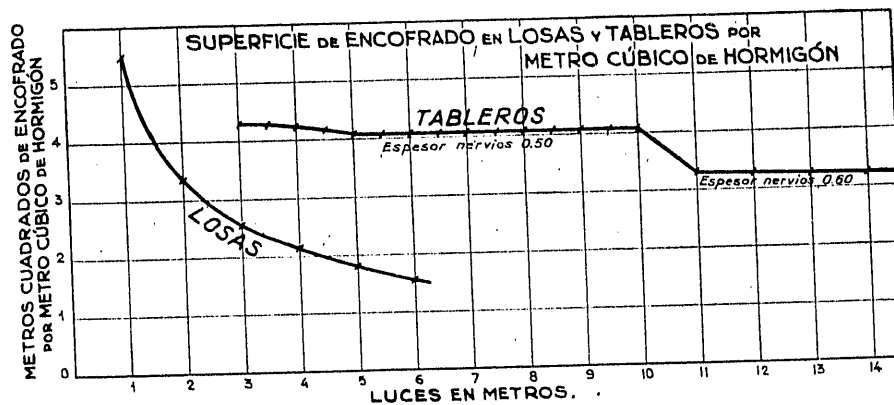


Figura 8.

6,00) ha venido obligada por la necesidad de que los estribos y calzada estuvieran alineados con las fachadas y aceras de las calles próximas. El canto en la losa central se ha conseguido quede reducido a 40 centímetros, siendo la luz de 5,85 m. La losa está articulada sobre una de las filas de pilares y apoyada en las demás, a fin de evitar los momentos de empujamiento en las cabezas de los mismos, que hubieran disminuído notablemente su esbeltez. Por otra parte, al estar situado el paso inferior en la zona de maniobras de la estación, no era posible elevar la rasante más de 20 cm., ya que, de otro modo, tendría que haberse elevado en toda la estación, con el consi-

no sólo por su menor superficie, tanto absoluta como por metro cúbico de hormigón (gráficos de las figuras 7 y 8), sino por su mayor facilidad y rapidez de construcción. Sin embargo, la posibilidad de aprovecharse un mismo encofrado para distintas obras, podrá influir en la elección de una u otra solución en el caso de que se sustituya una serie de pontones en un trayecto o en dos trayectos próximos.

Y tampoco el empleo ventajoso de las losas es indefinido. El peso de acero y el volumen de hormigón por metro lineal de puente aumenta más rápidamente en las losas que en los tableros, como se aprecia en los gráficos de las figuras 9 y 10, por lo

que, para luces superiores a cuatro metros, es muy raro el empleo de losas.

**II. Losas armadas con carriles.**

En algunos casos se han empleado carriles viejos como armadura de las losas.

En la figura 11 indicamos los pesos de acero por metro lineal para losas de igual canto, armadas con

luces comprendidas entre tres y cuatro metros, si bien los tableros exigen menores cantidades de acero y hormigón, en cambio, su canto es mayor y requieren más encofrado. Como las diferencias no son muy grandes, la elección de uno u otro tipo vendrá determinada por circunstancias locales o de desagüe. Para luces superiores a cuatro metros es casi siempre ventajoso el empleo de tableros, debido al ahorro de materiales; por el contrario, para luces inferior-

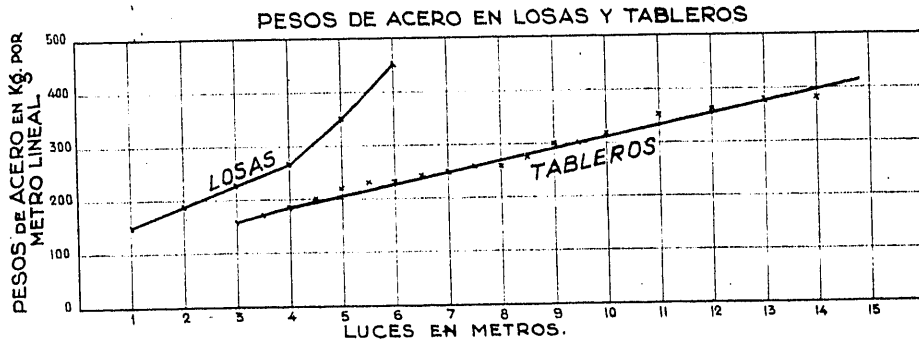


Figura 9.

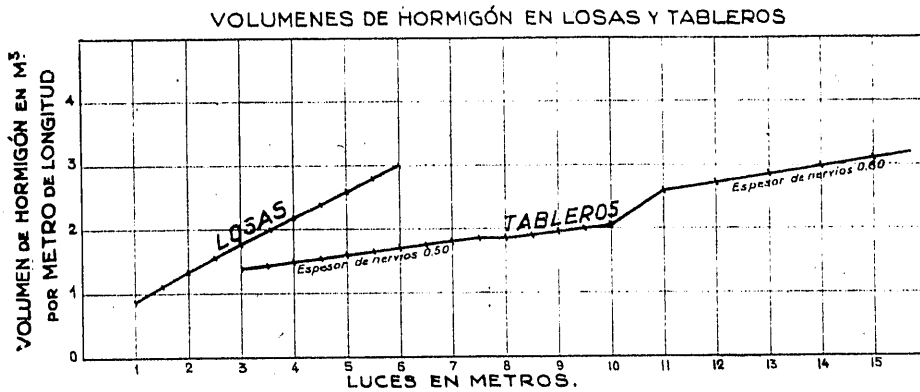


Figura 10.

redondos y con carriles. Dado el precio actual del acero, la solución con carriles es totalmente inaceptable. La diferencia de pesos se debe principalmente a no aprovecharse bien la sección de acero, cuyo centro de gravedad queda muy separado del borde de la losa, disminuyendo así notablemente el canto útil.

**III. Tableros de hormigón.**

Luces para las que es conveniente su empleo. Límite inferior:

En los gráficos comparativos de las losas y tableros (figs. 6, 7, 8, 9 y 10), hemos visto que, para

res a tres metros, el ahorro de éstos es pequeño y no compensa la complicación de construcción y de encofrado.

Respecto al límite superior de los tableros, no conviene, en general, pasar de 12 a 15 metros, ya que aumentarían excesivamente los materiales y el canto (ver figs. 6, 9 y 10).

En este caso, habrá que pensar en subdividir las luces, en soluciones con tableros continuos o arcos, y, en algún caso especial, en tramos metálicos, como en el puente del Fresma, ya citado.

Sucesivamente, iremos estudiando los tableros continuos y arcos; pero antes de terminar esta primera

parte, citaremos una colección de tableros-tipo proyectada por el servicio de Estudios de Vías y Obras de la R. E. N. F. E.

Estos tableros se han calculado con sección en  $\Pi$  para resistir las sobrecargas e impactos señalados en la Instrucción española con la reducción del  $\frac{11}{14}$ , admitida en el caso de considerar la cuarta hipótesis de la Instrucción (peso propio, sobrecarga e impacto). Las tensiones de trabajo del hormigón y del acero no exceden de 60 Kg./cm.<sup>2</sup> y 1 200 Kg./cm.<sup>2</sup>, respectivamente; aunque son un poco elevadas, especialmente para el hormigón, hay que tener en cuenta que el efecto de impacto que prescribe la Instrucción queda muy atenuado por la capa de balasto.

Los nervios son de 50 cm. de espesor para los tableros de luces inferiores a 10 metros y de 60 centímetros para los restantes. Esta uniformidad de espesores permitirá aprovechar el mismo encofrado para los tableros de diversas luces, y emplear encofrados metálicos en los que sólo sean variables los lados verticales.

El canto se ha procurado sea el menor posible, a fin de no disminuir excesivamente el desagüe, ya que, al reemplazar los pontones metálicos por los de hormigón, aumenta siempre la altura total, al tener que colocarse la capa de balasto no existente en aquéllos.

Para el tablero de tres metros de luz, el canto total es 0,55 metros; para el de 10 metros, 1,20 metros, y para el de 15 metros, 1,65 metros.

En las proximidades de los apoyos se ha previsto la colocación de estribos con exceso, aun en los tableros de pequeñas luces, en los que la fibra neu-

tra cae dentro de la cabeza de la  $\Pi$ . Sin embargo, se han proyectado así para evitar las grietas que con tanta frecuencia se producen en los tableros de hormigón, y que son la ruina de los mismos.

LOSAS ARMADAS CON REDONDOS Y CARRILES  
PESOS DE ACERO POR METRO LINEAL

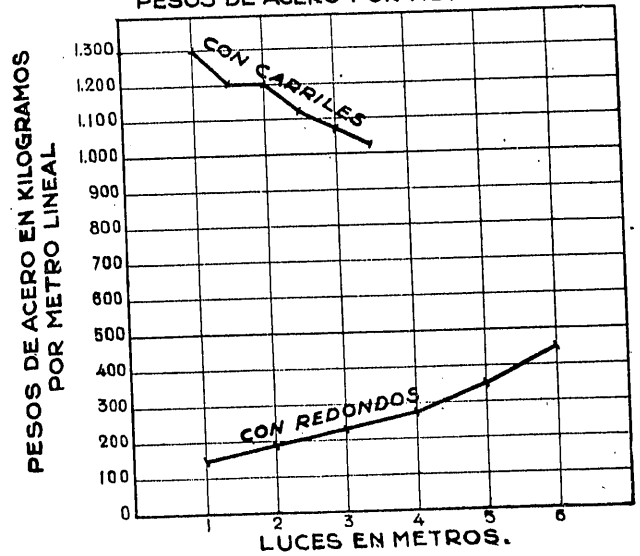


Figura 11.

En la figura 12 indicamos la sección transversal tipo del tablero de 7,50 metros de luz para doble vía y vía única. El andén se eleva a 10 centímetros para contener el balasto.

En el cuadro siguiente se reseñan las principales características de los tableros-tipo:

# MODELOS DE TABLEROS DE HORMIGÓN ARMADO

## CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES

Luz libre — M.	Anchura — M.	Altura total — M.	Espesor nervios — M.	ARMADURA PRINCIPAL				Longitud total	Peso total de acero	Hormigón — M. <sup>3</sup>	Kg./long. por ancho	Kg./m. <sup>3</sup>	M. <sup>3</sup> long.	M. <sup>2</sup> long. por ancho	A máx. en Kg./cm. <sup>2</sup>	H máx. en Kg./cm. <sup>2</sup>
				Número por nervio	Díámetro en mm.	Longitud en m/m.	Peso en kgs.									
3,00	4,55	0,55	0,50	8	30	67,72	375,846	4,00	645,292	5,600	161,323	115,231	1,400	0,308	1.162	56,2
3,50	4,55	0,60	0,50	9	30	84,56	469,300	4,50	778,73	6,525	173,051	119,346	1,450	0,319	1.154	53,1
4,00	4,55	0,65	0,50	10	30	105,08	583,194	5,00	933,10	7,500	186,782	124,521	1,500	0,330	1.200	54,3
4,50	4,55	0,70	0,50	12	30	131,68	730,830	5,50	1.119,09	8,525	203,471	131,271	1,550	0,341	1.118	51,9
5,00	4,55	0,75	0,50	13	30	159,64	886,000	6,00	1.308,33	9,600	218,055	136,284	1,600	0,352	1.144	52,9
5,50	4,55	0,80	0,50	14	30	182,60	1.013,43	6,50	1.477,90	10,725	227,369	137,799	1,650	0,363	1.137	52,4
6,00	4,55	0,85	0,50	11	34	154,16	1.099,16	7,00	1.667,74	11,900	229,677	135,104	1,700	0,374	1.182	56,1
6,50	4,55	0,90	0,50	12	34	182,08	1.298,23	7,50	1.847,52	13,125	246,336	140,763	1,750	0,385	1.180	54,2
7,00	4,55	0,95	0,50	12	34	194,20	1.384,64	8,00	1.989,65	14,400	248,706	138,170	1,800	0,396	1.194	53,0
7,50	4,55	1,00	0,50	13	34	219,68	1.566,32	8,50	2.209,98	15,725	259,998	140,539	1,850	0,407	1.175	53,2
8,00	4,55	1,00	0,50	14	34	230,72	1.645,033	9,00	2.340,292	16,650	260,032	140,558	1,850	0,407	1.200	53,8
8,50	4,55	1,05	0,50	14	34	262,40	1.870,91	9,50	2.601,83	18,049	273,877	144,154	1,900	0,418	1.200	55,7
9,00	4,55	1,10	0,50	11	40	220,40	2.173,13	10,00	2.935,25	19,500	293,525	150,526	1,950	0,429	1.137	53,4
9,50	4,55	1,15	0,50	11	40	227,96	2.247,686	10,50	3.064,721	20,999	291,871	145,946	2,000	0,439	1.174	54,5
10,00	4,55	1,20	0,50	12	40	264,12	2.604,21	11,00	3.464,26	22,550	314,932	153,626	2,050	0,450	1.121	54,5
11,00	4,55	1,25	0,60	13	40	304,36	3.001,00	12,00	4.031,98	31,275	335,99	128,92	2,606	0,572	1.200	59,3
12,00	4,55	1,35	0,60	14	40	362,76	3.576,81	13,00	4.702,30	35,441	361,71	132,68	2,726	0,599	1.183	59,7
13,00	4,55	1,45	0,60	15	40	415,88	4.100,56	14,00	5.253,23	39,847	375,23	131,83	2,846	0,625	1.163	59,9
14,00	4,55	1,55	0,60	16	40	464,60	4.580,95	15,20	5.779,18	45,087	380,21	128,18	2,966	0,652	1.142	59,0
15,00	4,55	1,65	0,60	18	40	553,52	5.457,71	16,20	6.746,61	49,997	416,46	134,94	3,092	0,679	1.096	60,0

