

**FERRO CARRIL
DE CIUDAD-REAL A BADAJOZ.**

PUENTE SOBRE EL RIO GUADIANA.

La obra de fábrica más notable que se ha construido en el ferro-carril de Ciudad-Real á Badajoz, es indudablemente el puente para el paso del Guadiana. Este puente se ha establecido en jurisdicción de la villa de Zorza-Alange, 14 kilómetros antes de la ciudad de Mérida. Consta de once tramos de hierro sobre estribos y pilas de fábrica: cada uno de los dos tramos extremos tiene de luz 42^m,60 entre los paramentos de los macizos que los sostienen: la longitud de cada uno de los otros nueve es de 50^m,00 también entre los paramentos de las pilas. El puente es oblicuo y los ejes de dichas pilas forman un ángulo de 70° con el de la vía. En la dirección de esta, cada pila tiene en su parte superior un espesor de 2^m,98, resultando que la longitud total del puente entre paramentos de estribos es de 565 metros.

Vamos á hacer una breve descripción de la obra, dividiendo para ello este artículo en tres partes: trataremos en la primera de los cimientos; en la segunda de los macizos de fábrica; y en la tercera de la parte de hierro.

PRIMERA PARTE.—CIMENTOS.

El lecho del río en el punto en que se ha establecido la obra, presenta á la vista una inmensa capa de acarreo, bajo la cual, á más ó menos profundidad, se encuentra otra de granito. Esta última, bajo una costra algo tierna de débil espesor, ofrece á poco que en ella se escave una dureza muy suficiente para cimentar en ella con toda seguridad. Las obras de fundación se han reducido por consiguiente á descubrir dicha capa de granito, arreglando después en uno ó más tramos horizontales el terreno natural sobre que habían de insistir los macizos. Se fijó para plano de enrase de estos el que pasa á 0^m,50 debajo de las aguas de estiaje del Guadiana.

Tomo XIII.

Las excavaciones para los cimientos no dejaban de ofrecer trabajo, pues se comprende que en atención á la permeabilidad del terreno, se había de encontrar agua á poco que se profundizase. Así es que hubo necesidad de agotamientos, los cuales se practicaron con varias bombas Letesm de dos cuerpos, de 0^m,16 á 0^m,40 de diámetro, movidas estas últimas con locomóviles de vapor. De todos modos, excepto en dos pilas, estos trabajos se ejecutaron en circunstancias que nada tuvieron de excepcionales y sin grandes obstáculos que vencer.

Las pilas cuarta y quinta (á contar desde la margen izquierda) caían en el lecho ordinario del río, y por consiguiente hubo necesidad de estudiar el sistema más conveniente para la ejecución de sus cimientos. Después de examinadas las circunstancias locales, se adoptó el siguiente, notable por su sencillez, y que se llevó á cabo con un éxito satisfactorio.

Se redujo este sistema á aislar primeramente el área del cimiento de la cuarta pila por un malecón de tierra, que contorneando dicha área, se arraigaba en la margen izquierda del lecho ordinario. Constituía, pues, este malecón una ataguía, que en vez de limitar la superficie estrictamente necesaria para la obra, como sucede con las ataguías ordinarias, contenía dentro de sí un espacio mucho mayor, puesto que llegaba hasta la margen del río: así es que la superficie cubierta de agua dentro del malecón, no bajaba de 5.500 metros cuadrados, cuando el macizo á lo más hubiera exigido un espacio de 300. Hecho el agotamiento de esta especie de balsa, se procedió á las excavaciones y demás operaciones de la fundación. Una obra análoga se ejecutó después para el cimiento de la pila 5.ª, destruyendo el malecón hecho para la 4.ª, con el objeto de dar paso á las aguas del río, arraigando la nueva ataguía á la margen derecha.

El malecón lo constituía un terraplen, cuyo núcleo era de tierra arcillosa y cuyos taludes se revistieron simplemente con los productos de las excavaciones de los cimientos de las pilas inmediatas. En la coronación se le dió una latitud de 5^m,00:

Madrid 1.º de Julio de 1865.

por el interior el talud era el natural que tomaban las tierras y por el exterior el de dos por uno.

Las ventajas del sistema adoptado se comprenderán a primera vista, observando que el malecón se construyó como un terraplen ordinario con carros que iban avanzando desde las orillas del río: que dicho malecón proporcionaba una comunicación espedita para los trasportes de materiales, y que sirvió además para la cómoda colocación de las bombas y máquinas empleadas en los agotamientos. En prueba de la facilidad de la ejecución de esta obra auxiliar, diremos que en la construcción del malecón para la pila 4.ª, se emplearon veinticuatro días, y sólo quince en el de la 5.ª. Por lo demás, los agotamientos de los embalses cerrados por las ataguías tampoco ocasionaron gran trabajo, pues se tuvo la precaución para hacerlos de aprovechar la estación más favorable del año, en que no son de temer las crecidas, como es costumbre en las obras de esta clase.

Es a continuación una nota de las profundidades a que se encontró para cada apoyo el terreno firme. Los números de la primera columna del estado siguiente manifiestan la altura de la fábrica del cimiento para cada macizo y los de la segunda indican las profundidades de las excavaciones que ha sido necesario practicar, en su mayor parte en el terreno cascajoso que recubre el granito.

Nota de las profundidades a que se ha encontrado el terreno firme.

	DEBAJO DEL PLANO DE ENRASE.	DEBAJO DEL TERRENO NATURAL.
	Metros.	Metros.
Estribo izquierdo.....	2,00	6,00
Pila primera.....	4,18	8,75
Idem segunda.....	5,80	8,25
Idem tercera.....	4,00	4,75
Idem cuarta.....	4,83	4,00
Idem quinta.....	6,50	5,00
Idem sexta.....	3,68	6,87
Idem séptima.....	3,44	6,00
Idem octava.....	2,91	5,00
Idem novena.....	4,45	6,12
Idem décima.....	2,60	5,25
Estribo derecho.....	0,50	4,62

Los macizos de los cimientos son de mampostería ordinaria fabricada con mortero hidráulico. los ángulos se han ejecutado con sillares desbastados y los paramentos en los de las pilas 4.ª y 5.ª se han hecho de mampostería concertada, tomando las juntas con cemento puro.

La cantidad de obra que ha habido que ejecutar en la totalidad de los cimientos, ha sido la siguiente:

- 15.571 metros cúbicos de excavación en tierra y grava.
- 1.455 idem idem de idem en roca floja ó granito descompuesto.
- 1.114 idem idem de idem en granito duro para igualar el terreno en planos horizontales.
- 4.065 idem idem de mampostería ejecutada con mortero hidráulico.
- 165 idem idem de sillería sin labra.
- 50 idem idem de mampostería concertada.

Habiéndose construido todo el trabajo de los cimientos por administración, pueden darse detalles acerca del coste que han tenido. Creemos estos datos sumamente curiosos y su publicación de gran utilidad para los lectores de la REVISTA.

Segun las cuentas llevadas con toda escrupulosidad por los agentes de la Empresa que ha construido esta obra, los gastos han sido los siguientes:

	Rs. vn.	Cs.
Haberes de sobrestantes, capataces, alistadores y demás empleados subalternos encargados de la vigilancia de los trabajos.	57.798,87	
Jornales de obreros especiales, carpinteros, herreros, mamposeros y canteros.	81.557,99	
Jornales de peones ordinarios.	518.509,88	
Id. de carros y caballerías.	95.077,75	
Suman los jornales.	752.924,49	

Los materiales empleados y su coste son los siguientes:

155 metros cúbicos de cemento procedente de la fábrica La Fé de San Sebastian (Guipúzcoa), á 900 rs. al pie de obra.	139.500,00
702 id., id. de cal común en vivo á 111 rs., 75 cént.	78.454,46
586 kilogramos de pólvora á 10 reales, 12 cént.	3.906,52
Transporte de los 165 metros cúbicos de sillería de los ángulos, segun ajuste, á 90 rs. metro cúbico.	14.850,00
Saca, desbaste y conducción de los 50 metros cúbicos de mampostería concertada de las pilas 4.ª y 5.ª á 172 rs. por ajuste.	5.160,00
7.475 kilogramos de carbon de Belmez para las locomóviles á 9 rs., 40 cént.	2.990,00
Suman los materiales.	244.840,78

A estos gastos debe agregarse la cantidad de 8.000 rs. por indemnización pagada al dueño de un molino establecido aguas abajo de la obra, y cuyo trabajo fué suspendido por una temporada para facilitar la ejecución de los trabajos.

Resumiendo los gastos resulta :

	Rs. vn.	Cs.
Importe de los jornales.	752,924,49	
Id. de los materiales.	244,840,78	
Indemnizaciones.	8,000,00	
<i>Suma.</i>	1,005,765,27	

Se agrega un 12 por 100 de esta suma para tener en cuenta los desperfectos de bombas, locomóviles, herramientas y demás útiles, ó sea. 120.691,85

Total coste de los cimientos. 1.126.457,10

De los datos que preceden y de las notas llevadas durante la ejecución de los trabajos, se han deducido para las diversas obras los precios siguientes, que pueden considerarse como muy aproximados á la exactitud.

	Rs. vn.	Cs.
Metro cúbico de escavacion en tierra y grava, comprendiendo los gastos de agotamiento correspondientes. .	27,28	
Id., id. de id. en granito descompuesto, incluidos los mismos gastos. . .	54,56	
Id., id. de id. en granito duro, con la misma circunstancia.	156,40	
Id., id. de id. en general con los mismos gastos.	57,45	
Id., id. de silleria desbastada para los ángulos de los macizos.	581,46	
Id., id. de mamposteria concertada en las pilas 4.º y 5.º	544,91	
Id., id. de mamposteria ordinaria con mortero de tres partes de arena y dos de cal comun	87,17	
Id., id. de id. con mortero compuesto de cinco partes de arena, tres de cal comun y una de cemento. . . .	156,95	
Id., id. de id. con mortero compuesto de tres partes de arena, dos de cal ordinaria y una de cemento. . . .	165,65	
Id., id. de id. con mortero de una parte de arena, otra de cal comun y otra de cemento.	245,75	
Id., id. de id. en general (ó precio medio de la mamposteria ordinaria). .	110,56	

Id., id. de fábrica de todas clases empleada en los macizos (ó precio medio general). 122,52

Por último, constando el puente de doce apoyos de fábricas, dos estribos y diez pilas, resulta el coste medio por macizo de. 95.871,45

Y teniendo una longitud de 565 metros entre paramentos de estribos, resulta el coste por metro lineal de. . 1.995,75

SEGUNDA PARTE. — MACIZOS DE FABRICA.

A los macizos de fábrica se les ha dado las dimensiones necesarias para dos vías, si bien, segun la costumbre admitida, y arreglándose á lo que en esta parte prescribia el proyecto oficial; los tramos de hierro sólo se han establecido para una.

Los estribos tienen las formas usuales en esta clase de construcciones. Sobre el plano de enrase llevan dos zócalos de 0^m,50 de altura cada uno, elevándose encima el cuerpo del estribo, que termina por una impostilla á la altura en que descansan los extremos de los tramos de hierro; y por una imposta á la altura de la rasante, habiéndose construido sobre dicha imposta unos dados sencillos para ocultar á la vista la parte de hierro superior á la rasante. Las alturas generales de cada estribo sobre el plano de enrase de los cimientos son : 11^m,80 hasta la parte superior de la impostilla en que insiste el tramo; 14^m,556 hasta la parte superior de la imposta ó rasante de la vía; y 16^m,456 hasta la parte superior de los dados.

Cada pila lleva en primer lugar sobre el plano de enrase de cimientos un doble zócalo análogo al de los estribos, encima del cual se eleva un cuerpo en talud con tajamares elípticos á los extremos, coronado con una impostilla en su parte superior á la altura á que próximamente llegan las mayores crecidas del rio. Sobre este cuerpo va otro de paramentos verticales coronado con una imposta, en la que insiste el hierro. Las alturas sobre cimientos son : 10^m,50 hasta la parte superior de la impostilla que corona los tajamares, y 14^m,80 hasta la de la imposta superior.

En las dos avenidas del puente ha habido necesidad de construir muros de sostenimiento para defender los terraplenes de las invasiones de las aguas en las crecidas.

Los estribos llevan de silleria labrada con es-

mero: los zócalos, ángulos, cadenas verticales, tres fajas horizontales á diversas alturas y las impostillas é impostas. Los entrepaños, ó partes de los paramentos comprendidas entre las cadenas y fajas antes mencionadas, se han construido tambien de silleria, pero á media labra. Toda la parte interior de los macizos se ha hecho de mamposteria ordinaria.

Se ha empleado silleria con labra completa en los zócalos, extremos y coronaciones de los dados, y silleria tambien, pero sólo apiconada, en el resto de los mismos.

En las pilas se han construido con silleria labrada totalmente los zócalos, tajamares, cadenas, fajas, impostillas é impostas; con silleria á media labra los entrepaños de paramentos de la parte en talud; con sillarejo los del cuerpo que va sobre las impostillas, y con mamposteria ordinaria el interior de los macizos.

La silleria de todas las pilas se ha construido exactamente con arreglo á un mismo aparejo, y la altura de las hiladas, que es igual en todos los macizos, es uniformemente de 0 m. 40, á excepcion de los zócalos que tienen 0 m. 50, segun se ha indicado antes.

Los muros de sostenimiento contiguos á los estribos, se han construido de mamposteria ordinaria, cargada en las paramentos, y se han coronado con una sencilla imposta de silleria.

Debe advertirse que, como consecuencia de haberse fijado el plano de enrase de todos los estribos á 0 m. 30 debajo de las aguas de estiaje, cualquiera que por otra parte fuese el espesor de la capa de acarreo que se encontraba encima del mismo plano al tiempo de la ejecucion, ha quedado enterada en dicha capa una considerable parte de la obra. No por eso se ha ejecutado esta parte con más descuento que el resto, porque la gran movilidad del hecho ocasionará probablemente á cada vez una profunda variación de forma en virtud de las que se descubrirán las partes ahora concluidas, y por lo tanto se ha procurado economizar algún tanto el gusto, de exponerse á que en alguna de estas ocasiones quedase el cimientó á la vista. Esto por otra parte ha proporcionado la ventaja de introducir en el aparejo de los apoyos la uniformidad antes indicada, facilitándose así su ejecucion.

Toda la parte de fábrica de que se va hablando ha sido ejecutada por contrata y se ha pagado á los precios siguientes:

	Rs.	Cs.
Metro cúbico de silleria de labra completa.	800	»
Id id. de id. á media labra.	500	»
Id. id. de sillarejo empleado en los entrepaños de los cuerpos superiores de las pilas.	180	»
Id. id. de mamposteria ordinaria para muros con la obligacion de carear los paramentos.	68	»
Id. id. de id. para rellenos de los macizos.	65	»
Id. id. de escavacion para cimientos en terreno seco.	4	»
Id. id. de id. en terreno que exija agotamientos.	8	»
Id. id. de terraplen en las avenidas.	4	75

Valuada á estos precios la cantidad de obra de cada clase ejecutada, resulta que el coste ha sido de 2.477.880 reales 19 céntimos, á la que agregando 125.000 rs. que se han abonado por un puente provisional de servicio y por andamiajes y otros trabajos auxiliares de la construccion, el importe total es de 2.602.880 rs. 19 cs.

	Reales	Cts.
Cada estribo ha costado.	186.658	
Cada pila.	178.572	
Y las dos avenidas.	445.888	

Por metro lineal de la longitud del puente entre paramentos de estribos la obra de fábrica ha resultado á un coste de 4.606,87

TERCERA PARTE.—TRAMPA DE HIERRO.

La parte de hierro del puente se ha establecido, segun se ha indicado, para una sola via, aun cuando los macizos de fábrica se hayan ejecutado para dos. El sistema empleado ha sido el de celosia. A cada lado de la via lleva el puente un bastidor de 4 m. 04 de altura total. Se compone cada bastidor de 1.º De dos bandas horizontales, una superior y otra inferior, cuyo grueso es de 0 m. 048 en los puntos de apoyo sobre las pilas y de 0 m. 052 en medio de los tramos. 2.º De cuatro hierros de escuadra que unen las bandas á las aspás de los bastidores y que tienen 0 m. 150 en su brazo vertical, 0 m. 090 en el horizontal y 0 m. 015 de grueso. 3.º De hierros de T verticales colocados á 1 m. 892 de eje á eje cuyas dimensiones son 0 m. 125 por 0 m. 075, con un grueso de 0 m. 012 y 4.º De las aspás que forman la celosia.

A una altura de 2 m. 62 se coloca desde la parte inferior de los cuchillos, van los traveseros que sostienen el piso, sujetos por uno y otro lado á los

hierros de T de que antes se ha hablado. Cada travesero es una pieza de doble T compuesta de chapas de 0^m,008 de grueso y 0^m,450 de altura, reforzadas en su parte superior é inferior con hierros de ángulo. Sobre dichos traveseros van largueros de madera reforzados con escuadras de hierro para sostener los carriles.

Los cuchillos se han establecido á 4^m,68 de distancia de eje á eje, de los que 1^m,74 para la vía y el resto para andenes á uno y otro lado de la misma. El sistema se consolida debajo del piso por medio de cruces verticales y horizontales, para impedir todo movimiento lateral. En los puntos de apoyo sobre las pilas, los cuchillos se refuerzan colocando los hierros de T verticales á 0^m,475 de distancia de uno á otro. El puente insiste sobre los macizos, excepto en una de las pilas, sobre rodillos de fundicion encajonados en almohadillas sujetas y selladas en la fábrica, que en esta parte es toda de sillería.

Siendo este sistema bastante conocido, creemos innecesario insistir más en su descripción. Por razones análogas no nos detenemos á presentar los cálculos de resistencia, sabiendo dar á conocer que el puente ha soportado sin la menor novedad, el paso de los trenes de construcción, que hace mucho tiempo circulan sobre él.

No poseemos datos seguros acerca del coste de la parte de hierro, creyéramos, sin embargo, que completo nuestro trabajo, si no diésemos una idea siquiera aproximada de la cantidad á que puede haber ascendido, según lo que han costado obras análogas en el mismo ferro-carril. De estos antecedentes nos valdremos para nuestro objeto, que se consigna en las cifras que van á continuación.

El precio á que debe salir el metro lineal de puente de hierro, en las circunstancias que se refieren, el del Cuartidiana, comprendiendo su ejecución en fábrica, su embalaje y transporte hasta Lisboa, su montaje y una mano de pinturas de fondo, según el presupuesto de 1863.

Transporte de Lisboa á pie de obra por ferro-carril, teniendo en cuenta que el peso por metro lineal es de 2,40 toneladas, que la distancia es de 556 kilómetros y el precio de transporte 58 céntimos de real por tonelada y kilómetro.

Se agrega por descarga en Lisboa según gunda mano de pintura y gastos extraordinarios é imprevistos.

Total. 6.168

Teniendo el puente una longitud total de 570 metros (contando la parte que insiste sobre los estribos) resultará el coste total de la parte de hierro de. . . 5.515.760

El coste por metro lineal de la longitud comprendida entre parámetros de estribos (565 metros) será de. 6.222,58

RESUMEN.

De todos los datos suministrados en este artículo, resulta que el coste total de la obra ha sido el siguiente:

	Reales	cts.
Cimientos.	1.126.457,10	
Parte de fábrica.	2.602.880,19	
Parte de hierro.	5.515.760	»
Total.	7.245.097,29	

A la cantidad expresada debería en realidad agregarse para la completa exactitud, un tanto por ciento para gastos generales, dirección y administración. Téngase, pues, en cuenta que estos gastos que no pueden ser apreciados determinadamente, no han entrado para nada en los datos que estamos manifestando.

El coste por metro lineal, tomando como siempre la longitud entre parámetros de estribos, ha resultado ser el siguiente:

Por cimientos.	1.995,75
Por obra de fábrica.	4.606,87
Por la parte de hierro.	6.222,58
Total.	12.825,18

Las cimentaciones y la parte de fábrica de los muelles, han sido ejecutados por la Empresa constructora que hasta fines del mes de febrero de 1863, contratados estos trabajos con la Compañía constructora. Dichas obras han sido dirigidas con acierto é inteligencia superiores, en todo, á un reconocimiento por D. Agapito Ruiz Tamayo, Ayudante de Obras públicas y Jefe de la Sección de Obras, que se halla situado el puente. La parte de hierro ha sido construida y montada también con acierto, que nada deja que desear, por la Empresa de Schaken y compañía, al dirigiente de esta parte del trabajo los Ingenieros de la misma casa.

Madrid, Mayo de 1863.