

PONTE SOBRE O RÍO LÉREZ EN PONTEVEDRA

INDICE

I.- MOTIVACIÓN DE LA PROPUESTA

I.a.- Pontevedra. La ciudad, el río y sus puentes

I.b.- El quinto puente

II.- FICHA TÉCNICA DEL PUENTE

II.a.- Características fundamentales del puente

II.b.- Cantidades de obra

II.c.- Programa de obra

II.d.- Costo de la obra

III.- DESCRIPCIÓN DEL PUENTE

III.a.- Estructura general

III.b.- Tablero

III.c.- Torre

III.d.- Contrapesos

III.e.- Tirantes

III.f.- Construcción

IV.- DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

I.- MOTIVACIÓN DE LA PROPUESTA

El nuevo puente de Pontevedra es urbano porque comunica dos partes de la ciudad que están separadas por el río.

Su necesidad se debe a la expansión urbana hacia el interior por los bordes del río, lo que ha requerido una nueva comunicación aguas arriba de las existentes. Sirve también de comunicación entre las carreteras que llegan a la ciudad, desviando parte del tráfico de paso, que antes tenía que pasar por el casco urbano.

Al contemplar la ría en el lugar donde está situado el nuevo puente, nos encontramos con un cauce de gran anchura, lleno de agua de orilla a orilla, salvo cuando la marea está baja; por ello se ha hecho un puente que salva la ría de lado a lado, sin alterar el agua; sus 126 metros de ancho no requieren un puente de gran luz, pero pasar de 100 metros es siempre una luz importante. Partiendo de estas condiciones básicas se ha tratado de hacer un puente que sea representativo del momento actual y de potenciar al máximo sus posibilidades expresivas.

La estructura más actual es el puente atirantado, la más reciente de las que se utilizan en los puentes; se desarrolló a mediados de nuestro siglo, a diferencia de todos los demás, puentes arco, puentes viga, puentes pórtico, y puentes colgantes, que se desarrollaron como puentes modernos en el siglo XIX.

En los puentes atirantados, uno de sus elementos más expresivos son los tirantes. En este puente su expresividad se ha tratado de potenciar al máximo, dentro de la lógica de su estructura resistente, haciendo un atirantamiento espacial donde los haces traseros forman paraboloides hiperbólicos, una de las figuras más sugerentes en la geometría de la construcción.

Está situado en una ciudad con larga tradición de puentes, y por ello es necesario enmarcarlo en ella, tanto en el tiempo como en el espacio.

I.a.- Pontevedra. La ciudad, el río y sus puentes

El origen de Pontevedra es seguramente portuario, como el de todas las ciudades romanas de la costa. Se formó en la orilla del río Lérez aprovechando su último meandro, situado ya en la ría, próximo a su desembocadura.

La ciudad ha estado siempre muy ligada a sus puentes y a ellos debe sus nombres, tanto el romano como el actual; su nombre romano fue *Duos Pontes*, y era mansión del Itinerario de Antonino en la vía nº 20 de la numeración de Saavedra, *Item per loca maritima a Bracara Asturicam*. El nombre actual de la ciudad deriva del nombre del puente medieval, *Ponte Veteris* (Puente Viejo).

Hasta el siglo XIX el único puente que había en la ciudad era el Puente del Burgo, el *Ponte Veteris*, un puente de piedra medieval, posiblemente de origen romano. A finales del ese siglo se construyó aguas abajo del medieval un puente metálico de vigas en celosía, para el ferrocarril de La Coruña a Pontevedra del que

se conservan únicamente las pilas. El trazado del ferrocarril se desplazó hacia el interior sacándolo del casco urbano, y ello obligó a construir un nuevo puente aguas arriba del primero, fuera ya de la ciudad. El primer puente se desmontó, pero se dejaron las pilas.

En los años 30 de nuestro siglo se construyó el puente de la Barca, un arco triarticulado inspirado en los puentes de R. Maillart, ingeniero suizo de principios del siglo XX. Su traza coincide sensiblemente con la del primitivo ferrocarril, aunque se corta oblicuamente con él y a distinta altura. Este puente ha soportado el tráfico de la comunicación de la ciudad con el Norte, por la costa, y con frecuencia se congestionaba por exceso de tráfico.

Uno de los problemas que ha tenido siempre la ciudad de Pontevedra ha sido la insuficiencia de puentes. En los años 50 se ensanchó el puente del Burgo, pero esto no resolvió las necesidades del tráfico procedente de la carretera de Santiago; por ello en 1980 se construyó, aguas arriba del Burgo, el puente de Santiago que sustituyó a éste como acceso a la ciudad de esa carretera. En 1992 se terminó el puente de la Autopista del Atlántico, aguas abajo del de la Barca, que además de servir al tráfico de la autopista Vigo-Santiago, sirve también de circunvalación Oeste, y ello ha descargado de tráfico al puente de la Barca, suavizando uno de los problemas más graves del tráfico en la ciudad, porque con él, el tráfico de paso Norte-Sur no necesita entrar en ella.

El nuevo puente, el quinto de Pontevedra, está situado aguas arriba del de Santiago, y además de ser un puente urbano de comunicación local, sirve también de circunvalación Este porque comunica la carretera de Orense con la de Santiago y con la autopista Vigo-Santiago, sin necesidad de entrar en la ciudad. Es consecuencia de un concurso de proyectos convocado por la Consellería de Política Territorial, Obras Públicas e Vivenda, de la Xunta de Galicia.

El escudo de Pontevedra es un puente con cuatro ojos y dos torres sobre él. El nuevo puente tiene un solo ojo y una sola torre, lo que es un buen reflejo de la evolución de los puentes a lo largo de la Historia.

I.b.- El quinto puente

No son muchos los puentes en nuestro país que tienen un cauce de estas dimensiones, lleno de agua la mayor parte del tiempo, y muchos de los que tienen esa suerte, están en rías análogas a ésta.

La ría, después de regularizada, tiene, en la zona del puente, un ancho de 126 metros. Esta dimensión y su morfología, delimitada por dos calles de borde situadas un poco más altas que el agua pero muy próximas a su nivel máximo, nos ha llevado a plantear un puente de una sola luz que se apoye únicamente en las orillas, sin pilas intermedias que perturben la lámina de agua, siempre tranquila,

porque nos encontramos muy lejos del mar abierto. Teniendo en cuenta las posibilidades de los puentes actuales, 126 m. no es una luz desmesurada que haga el puente excesivamente costoso.

Al tratarse de una zona urbana, el nuevo puente se debe situar al nivel de las calles actuales de las dos orillas, que se encuentran a muy poca altura sobre el nivel del agua. Ello obligó a buscar una solución para el puente que permita hacer el tablero con canto mínimo, y también a levantar en lo posible las calles de las orillas para separar lo más posible el puente del agua.

Para conseguir canto mínimo en un puente de 126 metros de luz, es necesario que la estructura que soporta el tablero esté situada por encima de él, y de las soluciones posibles, arco superior, viga triangulada, puente colgante, etc, hemos optado por el puente atirantado, la más actual de todas ellas, porque en nuestra opinión es la que mejor encaja en el lugar y la que permite hacer un puente más expresivo para los que vayan verlo y utilizarlo en el futuro.

Este puente es singular entre los atirantados porque tiene un solo vano claramente definido, sin compensaciones en las márgenes. Por ello se ha adoptado una solución de vano único atirantado desde una sola torre y compensado mediante contrapesos situados en la orilla. La torre está situada en la margen izquierda, es decir, del lado de la ciudad histórica.

El tablero se ha atirantado en el eje con dos haces de tirantes contenidos en planos paralelos muy próximos; pensamos que esta solución tiene las ventajas de las dos formas de atirantamiento que se pueden utilizar en un puente de este tipo, la claridad de visión de un solo haz de atirantamiento en el eje central del tablero, y, la complejidad del doble haz en los bordes exteriores.

Los contrapesos se sitúan en los lados de las calzadas, fuera ya del puente, y por ello los tirantes de compensación se abren en dos haces divergentes, que en este caso, dada la posición relativa de la torre y los contrapesos, forman superficies en paraboloides hiperbólicos. Los tirantes de compensación pasan sobre las calzadas del puente, creando de esta forma una simbólica puerta de entrada a la margen izquierda, donde se inició la ciudad. La disposición de los tirantes en paraboloides hiperbólicos hacen que la puerta de entrada sea lo más abierta que se puede lograr con la estructura adoptada. Pasan también los tirantes sobre una de las calzadas de la ribera, de forma que el viajero tendrá la impresión que se mete dentro del puente, que terminará convirtiéndose en algo próximo y conocido para él, y por tanto querido.

La torre, junto con los tirantes, es probablemente el elemento más visible del puente y por tanto el que lo caracteriza en mayor medida. Por ello es el elemento formalmente más cuidado. La inclinación tiene su origen en el equilibrio de las fuerzas de los tirantes, la torre y el dintel, y además formalmente pensamos que es positiva en la composición del puente.

El paraboloides hiperbólico, es una superficie singular y formalmente sugestiva para el espectador. Por ello, utilizada en los tirantes de un puente

atirantado con una lógica estructural como tiene en este caso, le da al conjunto uno de sus mayores valores formales, porque el espectador ve por partida doble todas las transformaciones visuales que se producen en estas superficies al ir variando el punto de vista, vale porque hay dos superficies simétricas.

Los tirantes delanteros, situados en dos planos paralelos, tienen una geometría más simple, pero su mayor envergadura les da un peso en el conjunto igual o mayor que el de los cables traseros.

Estos planteamientos básicos que hemos descrito son consecuencia de la idea primera que presidió el proyecto: hacer un puente que esté a la altura de la ciudad de Pontevedra, cuyo nombre, como hemos visto, se debe a un antiguo puente de piedra, y su escudo de armas es ese mismo puente.

II.- FICHA TÉCNICA DEL PUENTE

PROPIEDAD:	CONSELLERIA DE POLITICA TERRITORIAL, OBRAS PUBLICAS E VIVENDA DE LA XUNTA DE GALICIA - DIRECCION XERAL DE OBRAS PUBLICAS.
DIRECTOR DE PROYECTO Y OBRA:	Fausto Núñez Vilar adscrito a la Dirección Xeral de Obras Públicas
INGENIERO TECNICO:	Miguel Ambles adscrito a la Dirección Xeral de Obras Públicas
PROYECTO:	CARLOS FERNANDEZ CASADO, S.L.. Leonardo Fernández Troyano Javier Manterola Armisen, Miguel Angel Astiz Suarez José Cuervo Fernández Javier Muñoz-Rojas Fernández Agustín Sevilla Bayal
CONSTRUCCION:	FERROVIAL S.A. Y CASTRO MATELO S.A. Arsenio González Juan Lozano Agustín Fernández Vigo
TIRANTES:	FREYSSINET S.A.
PRETENSADO:	TECPRESA - DYWIDAG
PILOTES Y PANTALLAS:	PILOTES POSADA S.A.

II.a.- Características fundamentales del puente

Tablero: Luz libre 126 metros. Ancho total del tablero 20 metros. Cajón monocelular de 7 metros de ancho en la losa inferior y 2 metros de canto, triangulado interior y exteriormente mediante cuchillos cada 3 metros. Pretensado longitudinal mediante un número variable de unidades de 12 cables de 0,6" en losas superior e inferior, y 8 unidades de 17 cables de 0,6" constantes en losa superior, que se empalmaban en las dovelas durante la construcción. Pretensado vertical de almas mediante barras ### 32 A 85/105. Pretensado de las costillas interiores al cajón en los anclajes de los tirantes mediante dos unidades de 9 cables de 0,6".

Torre: Altura de la torre desde cimientos 63 metros. Altura desde el tablero 56 metros; altura de la base 5 metros; nudo de unión con el tablero 2 metros. Ancho de la torre 3,74 metros. Pretensado transversal mediante barras ### 32 A 85/105.

Contrapesos Tienen una planta de 9x28 metros y una altura variable de 5 metros a 3,50.

Están pretensados en su cara superior mediante unidades de 10 cables de 0,6". Están anclados al terreno mediante 7 anclajes pretensados de 12 cables de 0,6"; diámetro de la perforación 200 mm.

- Tirantes:** Cuatro haces de 17 tirantes formados por cables de 0,6" galvanizados y protegidos individualmente con vainas de PVC blanco. El número de cables por tirante varía de 8 a 31. Los tirantes se anclan en el tablero cada 6 metros.
- Cimientos:** Cimentación de la torre: 24 pilotes ### 1,50 empotrados en el granito; se recogen con un encepado de 11x17,3x3,5 metros de donde parte la base de la torre.
Contrapesos: 8 pilotes ### 80 por contrapeso. Anclajes al terreno 7 unidades de 12 cables de 0,6" por contrapeso.
- Estribos:** Estribo margen izquierda. Muros pantalla de 0,60 metros de espesor con pantallas transversales y anclajes al terreno de 9 cables de 0,6".
 Estribo margen derecha. Muros pantalla de 0,80 metros empotrados en el terreno.

II.b.- Cantidades de obra

Tablero

Hormigón..... 1.370 m³
 Acero de pretensado en cables 59.327 kg
 Acero de pretensado en barras..... 658 kg
 Armadura pasiva..... 411.995 kg

Torre

Hormigón..... 767 m³
 Acero de pretensado en barras..... 1.022 kg
 Armadura pasiva..... 223.642 kg

Tirantes

Acero en cables 106.443 kg

Longitud de los pilotes de la cimentación de la torre

1,50 m. 480 m.

Longitud de los pilotes de los contrapesos

0,80 m. 170 m.

II.c.- Programa de obra

El puente se construyó en veinticinco meses, desde que se iniciaron las obras hasta que se puso en servicio en junio de 1995.

Los tiempos de construcción de los elementos principales del puente fueron los siguientes:

Cimentaciones	8 meses
Contrapesos	5 meses
Torre	6 meses
Tablero	7 meses

Estas operaciones no fueron todas ellas consecutivas sino que algunas de ellas se solaparon. A estos tiempos hay que sumar el desvío de servicios que se hizo inicialmente y las terminaciones finales de la obra. Todo ello completa el tiempo total de veinticinco meses.

II.d.- Costo de la obra

El costo total de la obra de ejecución por contrata fue de 671 Millones de pesetas.

III.- DESCRIPCIÓN DEL PUENTE

III.a.- Estructura general

El puente tiene una luz libre entre la base de la torre y el estribo de margen derecha de 126 metros.

Como ya hemos visto, se compone de un solo vano, atirantado desde una sola torre inclinada situada en la margen izquierda del río.

De la torre parten cuatro haces de tirantes; dos haces atirantan el tablero del puente y están formados por dos planos paralelos con una separación entre ellos de 0,70 metros que se anclan en la mediana del tablero.

La compensación de los tirantes que sustentan el tablero se consigue mediante dos haces de tirantes divergentes, que parten de la torre y se anclan en los contrapesos, situados en las isletas laterales de la intersección de la Avenida de Buenos Aires con la avenida de la Eiriña.

La compensación de la componente vertical ascendente de las fuerzas de los tirantes traseros se resiste en parte mediante el peso de los contrapesos de hormigón, y en parte mediante anclajes pretensados a la roca subyacente.

La trayectoria de las fuerzas que actúan en el conjunto del puente es lo que da forma a los distintos elementos:

La resultante de las fuerzas de los tirantes delanteros y traseros tiene la inclinación de la parte superior de la torre; de esta forma los momentos en ella, son mínimos y debidos fundamentalmente a la oscilación de las sobrecargas.

En la base de la torre, la fuerza resultante de los tirantes en ella se compone con la del tablero, y por ello la nueva resultante tiene una inclinación en sentido contrario a la de la torre; esta nueva alineación define la inclinación de la base. Ambas inclinaciones, la de la torre y la de su base, se han compensado para que el conjunto sea estable durante todo el proceso de construcción.

La componente horizontal de la fuerza inclinada de la base de la torre que llega a la zapata, y la que los tirantes transmiten al contrapeso se equilibran entre sí mediante unas vigas que enlazan ambos elementos y permiten cerrar el polígono de fuerzas.

El tablero del puente está atirantado en el eje mediante dos planos de cables gemelos, y por ello el comportamiento longitudinal del tablero es el de una viga sobre apoyos elásticos cada seis metros, sin coacción ninguna a torsión, que se deberá transmitir a los extremos del puente, donde los apoyos situados en los bordes del cajón estabilizan el puente a torsión.

Su comportamiento transversal es el de una doble ménsula de 10 metros de vuelo apoyada en los anclajes de los tirantes, que están situados en el centro de la sección.

Las condiciones resistentes anteriores han llevado a organizar la sección transversal del tablero en cajón monocelular, solución muy adecuada para resistir las torsiones, con costillas transversales cada tres metros que resisten la flexión transversal y transfieren toda la carga del tablero a los anclajes, situados cada seis metros en el centro del cajón. La flexión de la losa superior debida a las cargas directas del tráfico se limita a la luz de tres metros que hay entre costillas.

En los puentes atirantados desde una sola torre, la flexión longitudinal máxima se produce a consecuencia del apoyo extremo, que es muy rígido en relación con los apoyos elásticos que generan los tirantes. La flexión longitudinal, la flexión transversal, y la torsión, obligan a dar al tablero un canto de dos metros, valor muy adecuado para un puente atirantado de estas características. El canto de dos metros tiene además la ventaja de que el interior del cajón es accesible, lo que permite poner en carga los tirantes desde el tablero, si se considera conveniente.

III.b.- Tablero

El cajón monocelular que forma el tablero tiene forma trapezoidal, con una base inferior de siete metros y una base superior de nueve, prolongada con voladizos de cinco metros y medio; el canto total es de dos metros.

El tablero se arma longitudinalmente con un pretensado inicial casi constante, que es necesario para el proceso de construcción, y que necesita empalmes en una dovela sí y otra no. Al pretensado del proceso de construcción se suma el pretensado debido a la flexión longitudinal de sobrecarga, generada por el apoyo rígido de la torre y el del estribo opuesto a la torre. Se introduce una vez que el puente se ha apoyado en el estribo 2.

La sección transversal del tablero tiene 20 m. de ancho y está formada por un cajón monocelular. Este cajón está sustentado por pares de tirantes que se anclan en el centro de la sección cada 6 m con una separación entre ellos de 0,70 metros. Para resistir la flexión transversal del tablero se han dispuesto diafragmas transversales cada 3 m., de forma que uno sí y otro no coinciden con los anclajes de los tirantes. Estos diafragmas están aligerados de forma que son realmente una triangulación de la sección.

Los voladizos laterales se soportan con costillas aligeradas, que funcionan como tornapuntas que refieren la carga del voladizo a la base de las almas.

La triangulación interna del cajón está formada por dos diagonales que van del centro de la losa superior a las esquinas inferiores del cajón. Esta triangulación funciona de forma inversa en las secciones con anclajes de tirantes y en las que no los tienen.

Las que tienen anclajes, deben transferir las cargas de las almas a los anclajes de los tirantes y por tanto aparece una tracción en ellas, que se resiste con unidades de armadura activa en forma de cables sombrero, formada por dos unidades de 9 cables de 0,6".

En los diafragmas que no tienen anclajes, la triangulación interior sirve para referir la carga de la losa superior a las almas, y por tanto aparece en ellas una compresión debida a esta carga. Las almas tienen una tracción debida a la carga inclinada que aparece en su borde inferior, que se resiste mediante dos barras pretensadas de 32 mm. de diámetro.

En los extremos del puente, el tablero se ensancha debido a las curvas de los accesos al puente desde las calles de borde del río. Este ensanchamiento se ha resuelto ensanchando los voladizos laterales y también el cajón; las costillas se van girando radialmente, siguiendo la curva del borde del tablero.

En el lado de la torre, el tablero se empotra en ella y en los muros laterales solidarios a ella, de forma que tablero, torre y estribo forman una unidad.

En la margen derecha, el cajón se apoya sobre el estribo, y los voladizos laterales se terminan en unas vigas transversales curvas que vuelan desde la riostra extrema del cajón, en cuyos extremos se sitúan los apoyos.

III.c.- Torre

La torre sirve de anclaje a los tirantes delanteros que soportan el tablero, y a los de compensación, cuya misión es transformar el tiro de los tirantes delanteros del tablero en una fuerza axil en la torre, reduciendo al mínimo los esfuerzos de flexión en ella.

En este puente, la torre está formada por un solo elemento situado en la mediana del puente, debido a que los tirantes están dispuestos en dos haces paralelos muy próximos, a una distancia del eje del tablero de 0,35 m.

Los tirantes de compensación forman dos haces divergentes que se anclan en la torre central y en los contrapesos situados en los bordes de las calzadas.

Como hemos visto al analizar la estructura del puente, la torre tiene doble inclinación; una primera desde la zapata de cimentación hasta el tablero, que inclina la torre hacia el río, y una segunda desde el tablero hasta el extremo superior, que la inclina hacia tierra. Estas inclinaciones son debidas a la trayectoria de las fuerzas de los tirantes, de la torre y del tablero.

La base de la torre se inicia en el encepado de los pilotes que cimentan el puente; tiene una sección trapecial en cajón bicelular que llega hasta el tablero, donde se maciza el nudo de unión de ambos elementos.

A partir del tablero, la torre continua con la sección bicelular de la misma forma que en la base, hasta que desaparecen las células internas, pasando a una sección casi constante, maciza, en forma en T irregular, que va perdiendo canto hasta llegar a la cabeza.

Los cuatro haces de tirantes se anclan a lo largo de la torre en su tramo superior. Los anclajes se han dispuesto en la sección de la torre de forma que no haya cruces en planta entre los tirantes, porque necesariamente hay cruce en alzado, y ambos cruces son incompatibles.

Los tirantes delanteros son paralelos dos a dos, y se anclan en el borde trasero de la torre. Los tirantes traseros son divergentes y se anclan en la cara opuesta a los delanteros, y a los lados de ellos. La divergencia de los cables traseros crea una tracción transversal en la cabeza de la pila, que se resiste con un pretensado corto horizontal en ella constituido por barras Dywidag. Todos los demás esfuerzos que se producen en la torre se arman con armadura pasiva.

Los tirantes, al atravesar la torre, se alojan en tubos metálicos, que se dejan previamente en el hormigón para que sean independientes de la torre desde el anclaje. Únicamente se sujetan a la salida del tubo mediante un amortiguador que lo cierra y centra el tirante.

III.d.- Contrapesos

Los tirantes de compensación se anclan en unos contrapesos que sirven para fijarlos al terreno.

Estos contrapesos están formados por unos plintos de hormigón con una galería interior donde se alojan los anclajes de los tirantes y permiten ponerlos en carga.

La fuerza ascendente de los tirantes se compensa mediante el peso del hormigón de los contrapesos y mediante los tirantes pretensados anclados a la roca del subsuelo.

La componente horizontal de la fuerza de los tirantes se equilibra con la fuerza horizontal que la torre transmite a la zapata a través de unas vigas inclinadas, que unen la base de la torre y los contrapesos. A su vez los dos contrapesos se unen entre sí mediante una viga de enlace que soporta cualquier desviación de la resultante de las fuerzas de los tirantes respecto de la fuerza de la viga de unión de la zapata y la base de la torre.

Los contrapesos están formados por un plinto de sección cuasi-triangular, aunque una de las caras del triángulo tiene un quiebro para asegurar que el tirante sale perpendicular a la superficie donde están situadas las salidas de los tirantes. La planta de los plintos es pseudo-rectangular con dos lados curvos, de dimensiones de 9 x 28 en centímetros. Su altura máxima es de 5 m. en un extremo y la mínima de 3,50 en el otro. Los plintos están enterrados del orden de un metro, por lo que la altura aparente de los contrapesos es de 4 m. máximo y 2,50 mínimo.

Las galerías interiores de los contrapesos los recorren de extremo a extremo para alojar los anclajes de los tirantes y permitir ponerlos en carga. Estas galerías tienen una forma similar a la exterior del plinto, con una altura máxima de 4 m. y una mínima de 2,20.

Igual que en la torre, en los contrapesos se dejan tubos metálicos para independizar los tirantes del hormigón. En la salida superior del tubo se colocan igualmente amortiguadores que centran el tirante.

Los anclajes en los contrapesos están situados en su parte superior, lo que obliga a transferir el tiro de los tirantes desde la cabeza de los contrapesos a sus bases mediante armadura activa situada en el paramento trasero.

Los paramentos de los contrapesos se han escalonado, creando líneas intermedias que siguen la forma del plinto, lo que anima las superficies, les da una referencia de forma y aligera su volumen aparente.

Los contrapesos se prolongan por delante mediante una losa que sirve para canalizar las componentes horizontales de las fuerzas en los tirantes a la viga de atado contrapeso-base de la torre.

Los contrapesos se apoyan cada uno en pilotes de 0,80 m. de diámetro y se anclan en su lado trasero mediante 7 anclajes activos empotrados en la roca.

La carga de los anclajes se ha dado en dos etapas. En la primera se tesaron las unidades 1, 4 y 7 y se hizo cuando se montaron los tirantes 9T, en la segunda tesaron las demás unidades y se hizo al terminar de montar todos los tirantes.

III.e.- Tirantes

El atirantamiento del puente está formado por cuatro haces de 17 tirantes cada uno.

Los tirantes delanteros, es decir, los que sustentan el tablero, forman dos haces planos y paralelos, a una distancia entre ellos de 0,70 m. Estos planos son a su vez paralelos al plano vertical que contiene el eje longitudinal del puente, y están dispuestos simétricamente a él, sobre la mediana.

Estos tirantes se anclan en el tablero dentro del cajón y a 0,35 metros. de distancia de su eje, coincidiendo con las costillas transversales. En la torre se anclan en su parte posterior, quedando los anclajes al exterior protegidos por una caperuza metálica.

Los tirantes traseros forman dos haces divergentes que forman una superficie en paraboloide hiperbólico y unen la torre con los contrapesos, situados a los lados de la avenida del puente.

Estos tirantes se anclan en la parte delantera de la torre, cuya sección es un arco circular; esta forma se debe a que los tirantes la cortan en forma cuasi-radial: los cables delanteros son paralelos al eje del puente, y los traseros se abren hacia los lados, formando en planta un ángulo con el eje del puente de 40° aproximadamente. En los contrapesos los tirantes se anclan en los planos inclinados superiores de las galerías interiores.

Cada tirante está formado por un grupo de cables de 0,6" de diámetro protegidos individualmente mediante galvanización de los alambres que forman cada cable, y una vaina de PVC blanca. El número de cables de 0,6" por tirante varía desde un mínimo de 8 en los cables traseros más cortos, hasta un máximo de 31 en los cables traseros más largos.

III.f.- Construcción

La construcción de este puente está condicionada por la ría del Lérez que tiene variaciones de nivel de más de cuatro metros, debidas a las mareas. Ello ha obligado a plantear un proceso de construcción independiente del agua y por ello el tablero se ha construido por voladizos sucesivos.

Las cimentaciones de las torre y los estribos son profundas para llegar al granito sano. La cimentación de la torre se ha hecho con pilotes circulares de 1,5 metros de diámetro y los estribos con pantallas. La variación del nivel del agua dificulta su construcción especialmente la cimentación de la torre. La necesidad de dejar el encepado bajo las aguas más bajas ha obligado a construirlo en un recinto circular de tablestacas de 9 metros de profundidad y 24 metros de diámetro, que ha requerido arriostramientos circulares a tres alturas. Los pilotes se perforaron desde el relleno que se hizo en la zona de la torre. Una vez hormigonados hasta la cota del encepado, se clavaron las tablestacas hasta el granito alterado, cuya cota resultó muy irregular en el perímetro del recinto, como es frecuente en las rías gallegas. Una vez excavado el recinto de tablestacas se descubrieron las cabezas de los pilotes, se construyó el encepado, y la base de la torre.

El tramo superior de la torre se construyó mediante encofrado trepador con variación de canto en la zona posterior. La altura de cada fase de hormigonado era de cuatro metros.

El tablero se ha construido por voladizos sucesivos hormigonados in situ mediante un carro, avanzando desde la torre hacia el estribo 2. La zona próxima a este estribo, donde se ensancha el tablero se construyó in situ sobre cimbra 0,80 metros más alto de su posición definitiva y se empalmó al voladizo construido con carro. Una vez empalmado se descendió el tablero los 0,80 metros de elevación en los apoyos del estribo 2 para optimizar los esfuerzos en el tablero y en los tirantes. Cada dovela tenía una longitud de 6 metros, que va desde un tirante al siguiente; antes de avanzar el carro se atirantaba la dovela recién hormigonada. El ciclo de construcción de cada dovela y el tesado de los tirantes correspondientes fue de una semana.

El puente se abrió al tráfico en Junio de 1995.