

Estación provisional durante la remodelación de la nueva estación de Atotxa en Donostia-San Sebastián

Temporary station during the renovation of the new Atotxa railway station in Donostia-San Sebastian

Asier Castaño Ávila^a, Juan Andonegui Querejeta^b y Jon Imanol Fernández Lobo^c

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. LANDABE Ingeniería. Director de Proyectos. asier.castano@landabe.com

^b Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. LANDABE Ingeniería. Director General. juan.andonegui@landabe.com

^c Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. LANDABE Ingeniería. Ingeniero de Proyectos. imanol.fernandez@landabe.com

RESUMEN

Es necesario llevar a cabo la remodelación de la estación ferroviaria de Atotxa de Donostia-San Sebastián con el objetivo de modernizarla y adecuarla para la llegada del tren de alta velocidad. Durante las fases constructivas es necesario realizar una estación provisional para remodelar la futura definitiva, quedando integrada en el futuro vestíbulo. Se describen los trabajos de diseño y procedimientos constructivos para la ejecución de la estación provisional, siguiendo el método Top&Down, así como la pasarela provisional sobre las vías.

ABSTRACT

It is necessary to carry out the remodelling of the Atotxa railway station in Donostia-San Sebastián with the aim of modernising and adapting it for the arrival of the high-speed train. During the construction phases it is necessary to build a provisional station to remodel the future definitive one, which will be integrated into the future lobby. The design works and construction procedures for the execution of the provisional station, following the Top&Down method, as well as the provisional footbridge over the tracks, are described.

PALABRAS CLAVE: Estación, ferrocarril, alta velocidad, pantalla, hidrofresa, pila-pilote, pasarela

KEYWORDS: Station, railway, high speed, diaphragm wall, hydromill, single-pile pier, footbridge

1. Introducción

El proyecto de remodelación completo contempla dos plantas de 600 m² más en la Estación del Norte, retranqueadas respecto al edificio original y que se unen tanto al edificio del hotel existente, cuya fachada también integra en el conjunto, como el edificio de acceso a alta velocidad. Además de estas dos plantas, habrá otra baja con el acceso al vestíbulo de alta velocidad que estará en la planta sótano, con un espacio para entrada de luz natural, y el acceso a los andenes de alta velocidad, así como los

controles de seguridad. Los tráfico de media distancia y larga distancia dispondrán de tres andenes centrales. Por su parte, los tráfico de cercanías ocuparán las dos vías laterales que se plantean con ancho mixto (tercer carril).

El diseño estructural original ha sido desarrollado por PROES [1].

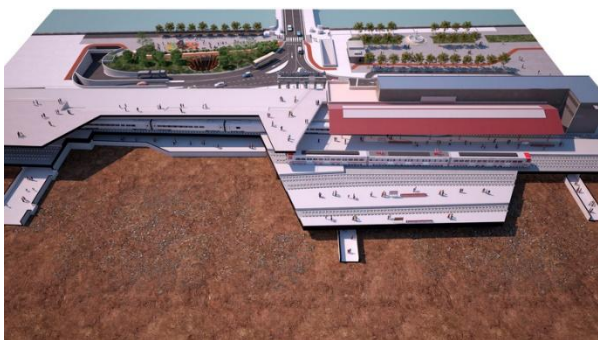


Figura 1. Infografía de la composición general de la futura nueva estación.

La remodelación se realiza en fases puesto que se mantiene el servicio ferroviario en todo momento, motivo por el cual es necesaria la ejecución de una estación provisional que permita remodelar la definitiva, quedando después integrada en el futuro vestíbulo.

Por condicionantes constructivos se ha propuesto ejecutar la estación provisional siguiendo el método Top&Down o ascendente-descendente, el cual se basa en ejecutar inicialmente la losa sobre rasante para, posteriormente, excavar en mina el interior. Esta metodología conlleva ejecutar previamente la cimentación profunda y los pilares que sostienen la losa durante la excavación en mina; por ello, se han diseñado pilas-pilote.

La estación provisional posee una distribución en planta cuasi-rectangular, cerrada por los muros pantalla ejecutados mediante hidrofresa, siendo su lateral oeste provisional, puesto que en la siguiente fase se demolerá para conectar con la estación definitiva. El forjado también dispone de una configuración diferente en esta fase provisional puesto que debe albergar la circulación de dos vías, mientras que en la situación definitiva una de ellas es trasladada y se sustituye por un andén.

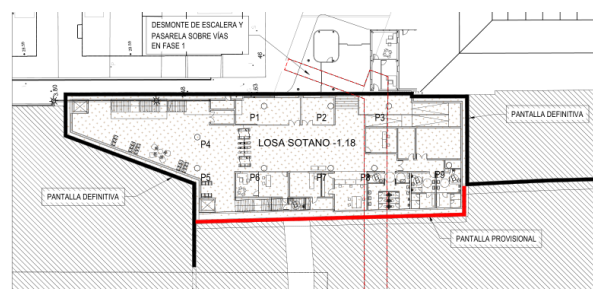


Figura 2. Planta de la fase constructiva de ejecución de la estación provisional.

Junto con la estación provisional es necesario realizar una pasarela elevada sobre las vías puesto que, durante las obras, queda interrumpido el paso inferior de acceso.

2. Diseño y cálculo

Los elementos estructurales de la solución de la estación provisional son: muros pantalla, pilas-pilote y losa de andén.

2.1 Muros pantalla

Los muros pantalla son de 63 cm de espesor y se empotran en roca un mínimo de 3 m.

Se han elaborado 4 secciones tipo en base a los niveles del alzado y a las condiciones de carga del trasdós.

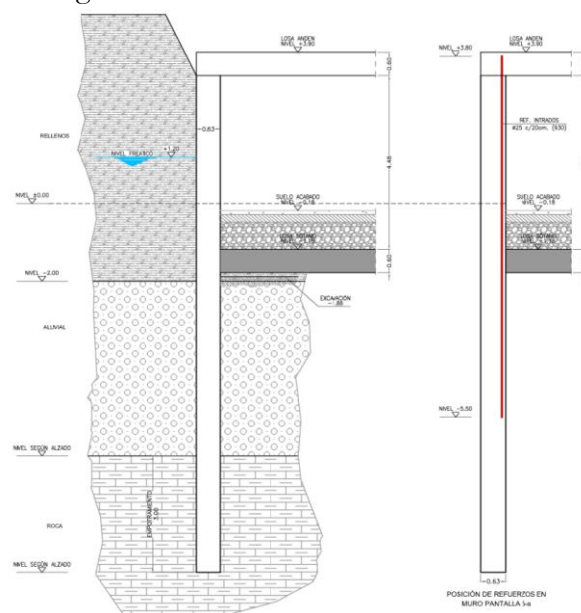


Figura 3. Sección tipo de muro pantalla definido.

Previo diseño se ha realizado una campaña geotécnica complementaria para confirmar las características geotécnicas y para determinar con

exactitud los niveles de roca. Se han realizado ensayos de penetración dinámica DPSH en el centro de cada batache previsto.

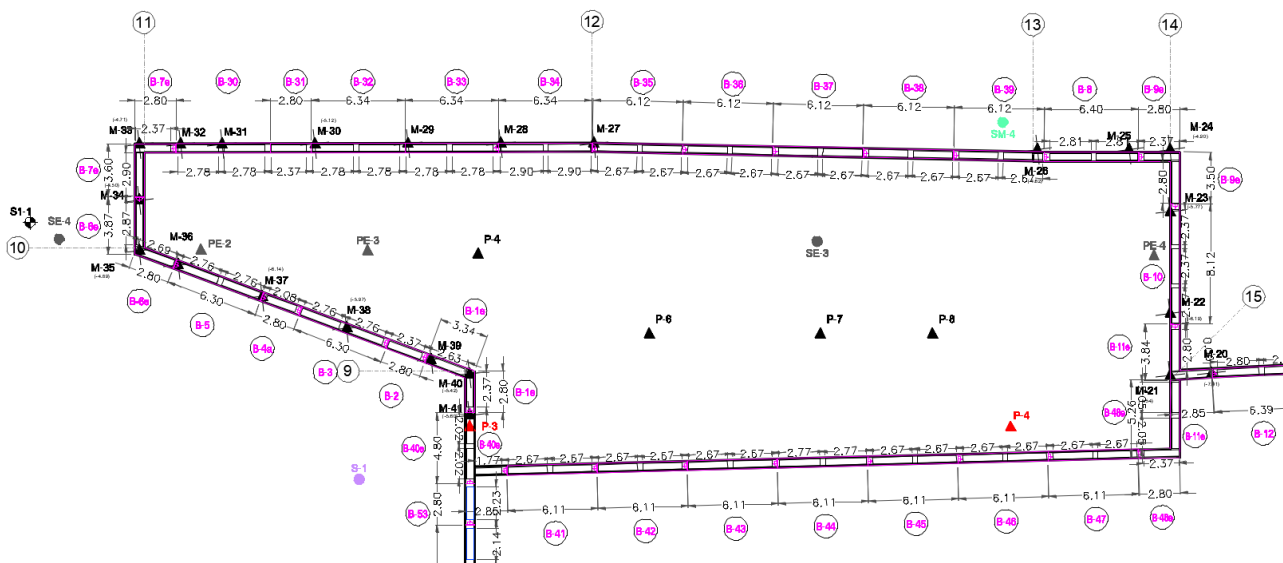


Figura 4. Despiece de bataches y conjunto de información geotécnica (sondeos y penetrómetros).

El cálculo se ha realizado mediante el módulo de cálculo relativo a muros pantalla de CYPE basado en el modelo de winkler con una discretización de 25 cm.

Las propiedades geotécnicas del terreno se obtienen del estudio geotécnico. El coeficiente de balasto horizontal se determina a partir del módulo de elasticidad del terreno y de la rigidez de la pantalla a través de la formulación de Bazin y Schmitt.

El empotramiento en roca de las pantallas es de 3 m, criterio establecido en proyecto, con el objetivo de garantizar la completa estanqueidad del recinto interior. Se realizaron estudios complementarios con ensayos de permeabilidad Lugeon en la capa más superficial del macizo rocoso, comprobando la seguridad frente a sifonamiento y el grado de infiltración, estimando suficiente una profundidad de empotramiento inferior a 1 m; no obstante, se mantuvieron los 3 m iniciales.

2.2 Losa de andenes

La losa superior sirve de plataforma a las dos vías ferroviarias y, junto con las vigas de canto

invertidas, forman los andenes, además de servir de arriostramiento superior de las pantallas.

La estructura está conformada por una losa inferior de 60cm, una serie de vigas de canto invertidas T7(45x170) y T3(140x170), así como una losa superior que conforma la plataforma del andén de 30 cm. Se encuentra apoyada perimetralmente, sin empotramiento, en el muro pantalla e interiormente en pilas-pilote.

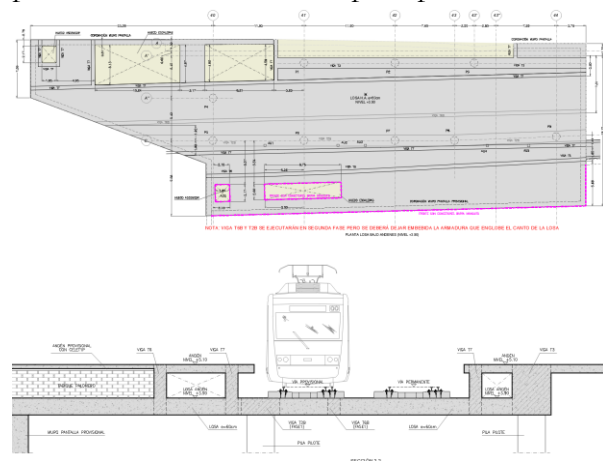
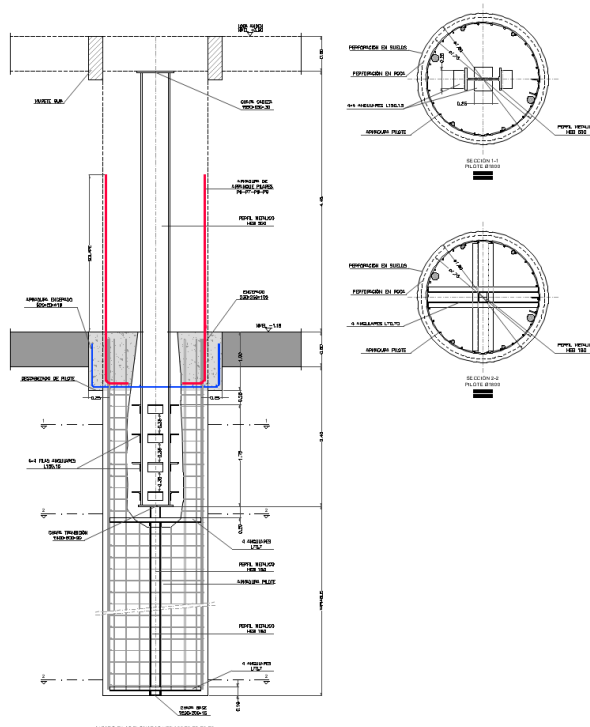


Figura 5. Planta y sección de la losa de andenes.

La configuración provisional hace que a futuro sea necesario disponer de vigas en la zona actualmente ocupada por vías. Para ello se ha dispuesto la armadura inferior de dichas vigas y

[illegible]

Las pilas-pilote son uno de los elementos singulares de esta estructura puesto que se encuentran conformadas en el tramo superior con un perfil metálico que sirve de transición provisional de las cargas de la losa al pilote de hormigón y que, posteriormente, se reviste con el pilar definitivo de hormigón armado. El perfil metálico dispone de angulares soldados que permiten la transferencia de cargas.



Otra tipología de pila-pilote ejecutada es mediante grupos de micropilotes, que provisionalmente trabajan como elementos metálicos aislados, para posteriormente

[illegible]

La losa de cimentación es maciza de hormigón armado con 60 cm de espesor y encima se dispone de una capa de encachado de 70 cm, una solera de 20 cm y una capa de acabado de 10 cm, de tal forma que las cargas muertas compensan la subpresión máxima.

Figura 9. Modelo de cálculo en MIDAS GEN.

A.Castaño, J.Andonegui, I.Fernández / IX CONGRESO ACHE – GRANADA 2025 4

prueba de carga dinámica para obtener las frecuencias naturales, amortiguamientos y coeficiente de impacto.

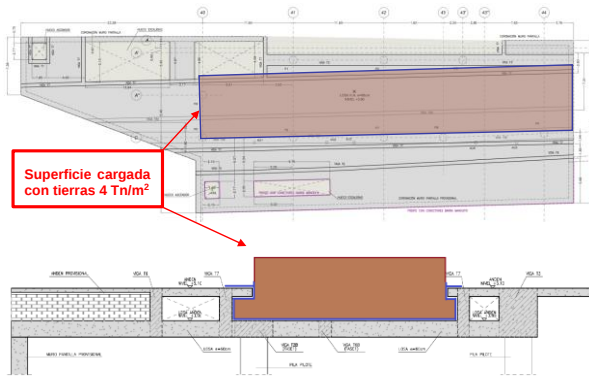


Figura 10. Superficie de carga mediante tierras para prueba de carga estática.

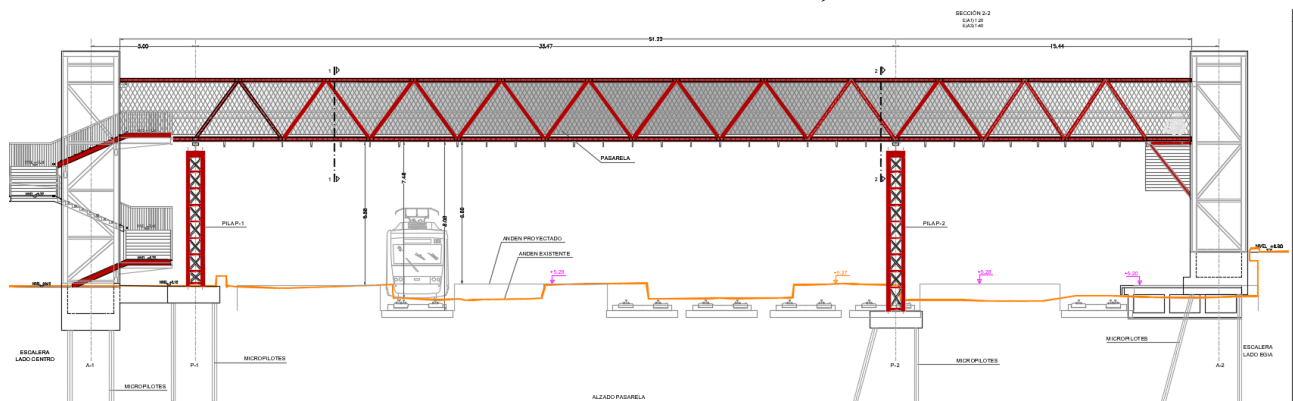


Figura 11. Alzado de la pasarela.

El pavimento se conforma por una serie de perfiles longitudinales sobre los que se dispone madera tecnológica y, mediante una estructura descolgada, el paso de instalaciones.

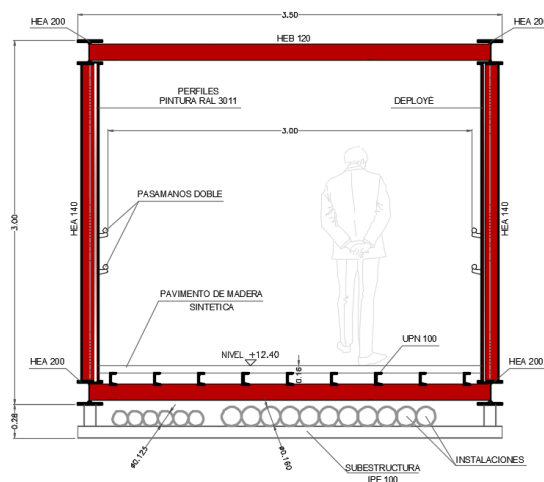


Figura 12. Sección tipo de la pasarela.

2.3 Pasarela provisional

Es necesario plantear un paso peatonal provisional ya que bajo las vías se encuentra un paso inferior que conecta el centro con el barrio de Egia, el cual es anulado temporalmente durante las obras. Se diseña una pasarela que salva las vías ferroviarias mediante dos vanos de 33.50 m y 15.50 m, apoyada en dos torres de apoyo y en la torre de ascensor del lado Egia. Es una celosía tipo Warren de 3 m de canto, 3.50 m de anchura (3 m de paso libre).

Horizontalmente se encuentra arriostrada, tanto en el cordón superior como en el inferior, mediante cruces de San Andrés.

Se ha elegido un diseño con este tipo de celosía para que exista cierta integración con la marquesina histórica de andenes de la estación del norte, la cual data de 1880, fabricada en los talleres de Gustave Eiffel. Por el mismo motivo, las pilas se diseñan como torres trianguladas con cruces de San Andrés, de tal forma, que el conjunto tiene cierta coherencia, sin parecer un añadido postizo.

La torre de ascensor del lado Egia, la cual supone un apoyo para la pasarela, se conforma mediante una torre metálica triangulada con una ménsula, también triangulada, para dar base de apoyo a la pasarela y permitir su apertura lateral. La escalera de acceso se resuelve como una escalera exenta mediante zancas metálicas y pilares intermedios y de rellano.

La torre de ascensor del lado centro, debido a las limitaciones de espacio, se diseña

mediante una serie de ménsulas que permiten el desarrollo de la escalera a su alrededor. Debido a su configuración, esta torre no puede dar apoyo a la pasarela.

Excepto la cimentación de las escaleras del lado Egi, resultas mediante zapatas, el resto de los elementos se resuelven mediante encepados de micropilotes.

Se ha diseñado una prueba de carga estática mediante bidones de agua de 1 m³.

3. Proceso constructivo

3.1 Muro pantalla

Debido a la necesidad de un empotramiento de 3 m en roca, es necesario emplear una hidrofresa, lo cual supone un reto dado que existen grandes limitaciones de espacio en la obra y las instalaciones auxiliares requieren de bastante superficie, como son: depósitos de almacenamiento de lodos, desarenador, filtro prensa, tuberías y bombas de aspiración e impulsión, etc. Además de la propia hidrofresa, siempre es necesario una chuchara bivalva adicional para realizar una preexcavación de unos 3 m para cebar la bomba de extracción del detritus por circulación inversa.



Figura 13. Foto del filtro prensa.

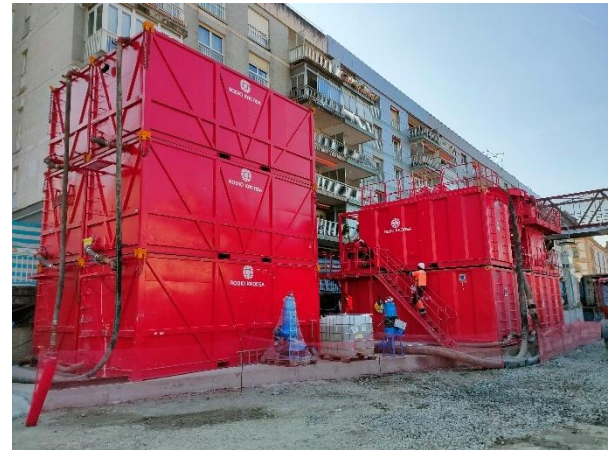


Figura 14. Foto de equipos auxiliares: depósitos, desarenador y bombas.

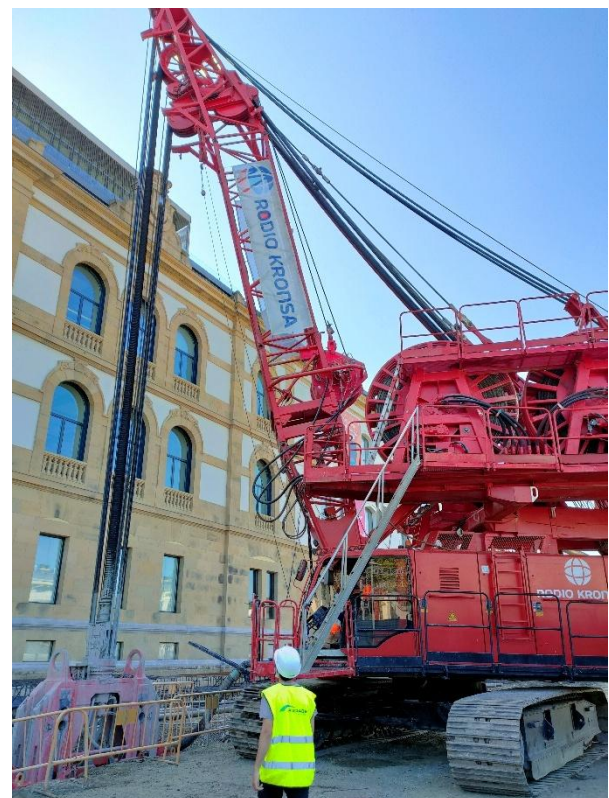


Figura 15. Foto general de la hidrofresa.

Dadas las ya comentadas limitaciones de espacio, se ha planteado una prefabricación en taller los paneles de armadura, cuya longitud se ha podido preestablecer gracias a la campaña de DPSHs previa en los bataches diseñados. Una de las limitaciones principales ha sido el ancho de los paneles para permitir su transporte.



Figura 16. Foto de panel de armadura fabricada en taller.

Para las juntas entre bataches se han empleado piezas metálicas trapezoidales con una wáter-stop implementada.



Figura 17. Foto de junta metálica trapezoidal con wáter-stop incluida.

3.2 Pilas-pilote

Las pilas-pilotes compuestas por perfiles doble T se premontan junto con la armadura de los pilotes con angulares soldados a modo de conectores y tapas de madera en la parte superior para facilitar posteriormente su limpieza.



Figura 18. Foto de pila-pilote premontada para introducción en perforación.

Tras la ejecución de la estructura superior y las pilas-pilote se procede a la excavación en mina, donde comienzan a trabajar las pilas-pilotes en su fase inicial.



Figura 19. Foto de comienzo de la excavación en mina con vista de las pilas-pilote.



Figura 20. Foto de finalización de la excavación en mina con vista de las pilas-pilote revestidas por pilar definitivo.

3.3 Losa de andenes

Toda la estructura es íntegra en hormigón armado con una compleja disposición de armaduras debido a la geometría en planta de la estación. Uno de los puntos más críticos es la disposición de la armadura transversal, la cual se ha diseñado de dos tipos: una en base a vigas embebidas en la losa mediante cercos y otra en base a ganchos u horquillas.

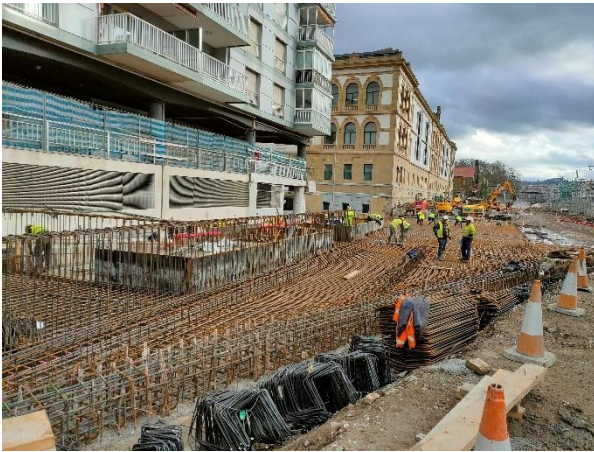


Figura 21. Foto durante el ferrallado de la losa de andenes.

Otro punto destacado fueron los empalmes de armaduras corrugadas mediante manguitos roscados. Son elementos estandarizados y homologados; sin embargo, las condiciones de instalación son críticas para su correcto funcionamiento. Por este motivo, además de los controles de calidad habituales,

como son los controles de pares de aprietes, se realizaron ensayos in situ mediante un gato hidráulico sobre dispositivos aleatorios para conocer la capacidad real, implementando incluso varios ciclos de carga.

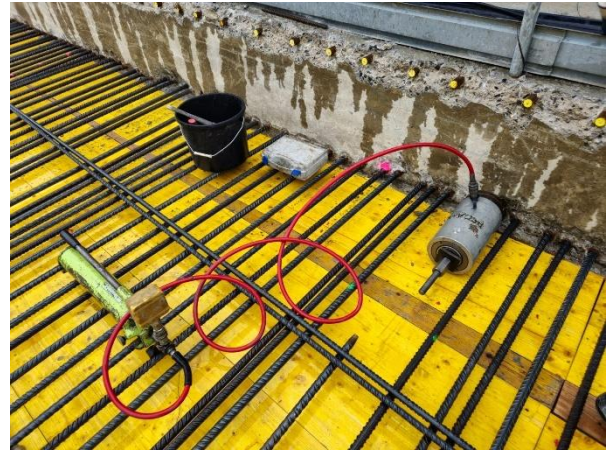


Figura 22. Foto durante ensayo de tracción en obra de empalme de barras corrugadas mediante manguito roscado.



Figura 23. Foto de la losa de andenes días antes de la apertura.

3.4 Pasarela provisional

Como toda estructura metálica, se comienza con el diseño de detalle en taller, trabajo que fue realizado en todo momento con un modelo

tridimensional de TEKLA que se intercambiaba en formato IFC. Este modelo, una vez validado, sirve para obtener los planos de fabricación y para el desarrollo de todo el proceso de taller.

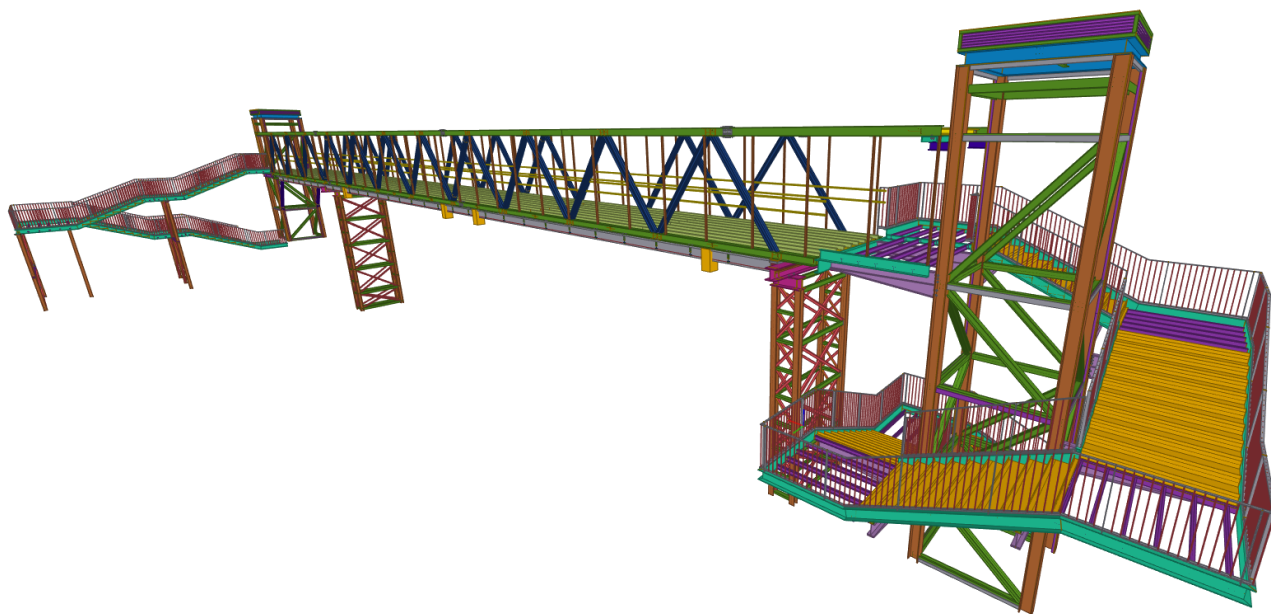


Figura 24. Vista del modelo tridimensional de la estructura metálica de la pasarela provisional.

La estructura se encuentra diseñada para seguir un montaje específico. Este se basa en dividir los cordones de cada celosía en dos partes, de tal forma que se monta el primer vano corto en el lado Egia, apoyado sobre la pila intermedia, mientras que el vano largo se dispone posteriormente, apoyándose en la pila lado centro y uniéndose mediante una unión atornillada lateral al primer vano.

Todos los nudos de la celosía se encontraban soldados en taller, mientras que las uniones con los elementos transversales disponían de uniones atornilladas. Las pilas venían fabricadas completamente de taller.

Todo el tablero de la celosía se apoyaba sobre aparatos de apoyo de neopreno zunchado, dispuestos en cajones topados sobre las pilas.

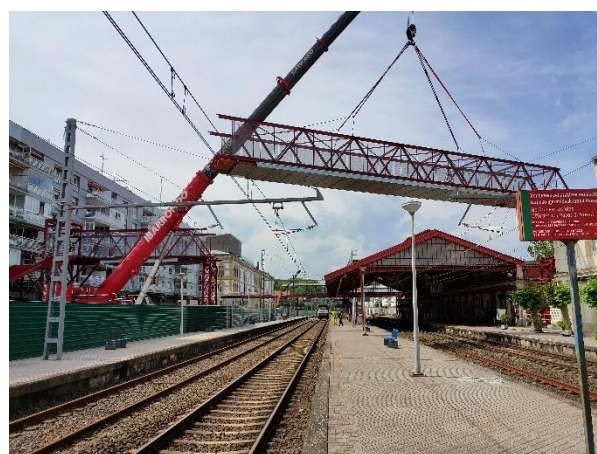


Figura 25. Foto durante el montaje del vano largo de la celosía.

La pasarela se diseñó incluyendo una cubrición, la cual no se instaló inicialmente, pero un año después de su puesta en servicio se decidió disponer, la cual se realizó mediante un panel reforzado de policarbonato que salvaba por completo el ancho de la pasarela y se atornillaba sobre omegas de chapa conformada atornilladas a la estructura principal.

3.4 Pruebas de carga

La prueba de carga estática sobre la losa de andenes ha supuesto todo un reto debido a la cantidad de tierra que ha sido necesario disponer hasta alcanzar una carga de 4 tn/m^2 . La tierra se ha ido disponiendo por tongadas, realizando una ligera compactación y comprobando de forma continuada la densidad in situ. Para facilitar el vaciado de tierra, toda la estructura de hormigón se encapsuló en una lámina geotextil.



Figura 26. Foto de la bancada de tierra para prueba de carga estática.

Para la prueba de carga dinámica se emplea un camión de 3 ejes completamente cargado y se le hace pasar a diferentes velocidades sobre un tablón Rilem, de tal forma que se excita la estructura.

La instrumentación implantada se basaba en transductores de desplazamiento potenciométrico para el control de deformaciones y acelerómetros uniaxiales para el control de aceleraciones, con registro continuo de parámetros.



Figura 27. Foto de central de control de instrumentación durante pruebas de carga.

Para la pasarela se emplean bidones de agua de 1 m^3 , llenados mediante mangueras de forma escalonada. El control de flechas se realiza topográficamente mediante un láser de nivelación de alta precisión.



Figura 28. Foto de bidones de agua durante prueba de carga estática de pasarela provisional.

Agradecimientos

Agradecer a todas las personas que han intervenido durante el desarrollo de la obra:

- Dirección de obra: ETS.
- AT a la DO: UTE EPTISA-AYESA
- Constructora: UTE COMSA-CYCASA-MOYUA
- Pantalla: RODIO KRONSA.
- Cimentación: ABANDO.
- Estructura metálica: J.S. METALLIC.
- Instrumentación: GIADE.

Referencias

- [1] L. Frías, M.A. Nicolás, A. Hernando, M.A. Higuera, D. Nogueira, A.J. Madrid, Diseño estructural de la nueva estación de tren de Atotxa, VIII Congreso ACHE, Santander, 2020.
- [2] Dirección General de Ferrocarriles, Instrucción de Acciones a considerar en Puentes de Ferrocarril IAPF, Ministerio de Fomento, Madrid, 2007.