

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

La conquista de los Alpes por medio del ferrocarril

(The Railway Gazette)

Los primeros túneles alpinos.

La inauguración del ferrocarril de los Alpes berneses y del túnel del Lötschberg, presenta un interés de actualidad en la conquista de la cordillera de los Alpes, por medio de la vía férrea. Nos proponemos hacer una historia rápida del desarrollo de las líneas férreas en estas regiones.

El primer ferrocarril que atravesó los Alpes fué el de Viena á Trieste. Atraviesa la cadena de los Alpes nóricos en el Semmering, á 113 kilómetros al Sur de Viena, cruzando la divisoria cerca de la cumbre por un túnel, aproximadamente, de 1,6 kilómetros de longitud y á una altitud de 896 metros sobre el nivel del mar. Esta obra sorprendente la ejecutó el Gobierno austriaco y fué dirigida por el Ingeniero Carlo Chaga, entre 1848 y 1854. El segundo ferrocarril alpino fué el del Brenner, de Innsbruck á Bozen, uniendo la red del Sur de Austria con las líneas de Italia central. La explotación se empezó el 24 de Agosto de 1867 y los primeros trenes expresos hacían el recorrido Munich-Vérona en dieciocho horas, que en la actualidad se hace en nueve horas y media. Existen veintisiete túneles, de los que el más largo tiene 0,8 kilómetros de longitud.

El Monte-Cenis.

El Gobierno italiano, temeroso de que las travesías alpinas estuviesen todas en manos de los austriacos cuando el proyecto de la línea del Brenner empezó á tomar vigor, se decidió á establecer una comunicación análoga, con objeto de unir Italia con las provincias francesas de la Saboya y con el condado de Niza. Medail empezó á estudiar la línea del Monte-Cenis el año 1840; aprobado el proyecto y establecidos los planos en 1848, por causa de la guerra de 1849 se retrasó la ejecución.

Las grandes obras fueron inauguradas por el Rey Víctor Manuel el 31 de Agosto de 1857. El horadado del túnel se terminó el 25 de Diciembre de 1870. El servicio de trenes de viajeros se inauguró el 16 de Octubre del 71. El túnel del Monte-Cenis atraviesa, en realidad, el Gran Vallón, que es la montaña de menor espesor de la cadena que separa á Francia é Italia. El punto culminante del Monte-Cenis se halla situado á 27,4 kilómetros al

Este del túnel, por consiguiente, está mal llamado del Monte-Cenis.

El túnel tiene una longitud de 12.849 metros y á una altitud de 1.295. Las mayores pendientes son: en la vertiente italiana, del 30 por 1.000, y en la francesa, del 25.

Antes de terminarse las obras del túnel podía ya franquearse la divisoria por medio de un ferrocarril sobre tierra, de carril central de Fell, que se extendía á lo largo de la carretera entre San Miguel (punto de unión con la red París-Lyon-Mediterráneo) y Susa (empalme con el ferrocarril de la Italia Alta), con un recorrido de 72,2 kilómetros. No se trataba de un enlace real, puesto que la línea de montaña era de 1,105 metros de ancha.

El sistema de Fell se componía de un carril central liso, sin cremallera, con cuatro ruedas horizontales montadas en la máquina (dos de cada lado), que se apoyaban contra este carril y se accionaban por el mismo par de cilindros que servían para accionar las ruedas verticales motrices. Los coches estaban provistos de cuatro poleas horizontales, colocadas dos á dos de cada lado del carril central y que giraban alrededor de ejes verticales colocados en el bastidor del coche. La presión de estas poleas tenía, por efecto, apoyar enérgicamente las llantas de las ruedas contra los carriles de circulación.

Fell era un inglés que se asoció con Thomas Brassey para la construcción en Italia de ferrocarriles y otras obras. La concesión de esta línea fué limitada «hasta la inauguración del servicio del túnel de los Alpes». Empezó á prestar servicio esta línea en Octubre de 1867. El punto culminante se hallaba en Lansleburgo á 1.774 metros sobre el nivel del mar; la pendiente media era de 77 milímetros por metro, y las dos curvas más cerradas tenían 40 metros de radio cada una. Los resultados de la empresa no fueron muy prósperos. Las locomotoras, como consecuencia de su construcción defectuosa, se averiaban constantemente, era preciso construirlas en Francia, en virtud de las leyes francesas relativas á las patentes. El servicio de trenes era muy irregular, á veces estaba completamente suspendido. En San Miguel se acumulaban á veces grandes cantidades de mercancías, porque el ferrocarril no estaba en condiciones de transportarlas á su debido tiempo. El recorrido entre las dos estaciones extremas, según el horario, exigía tres horas y cuarenta y cinco minutos de tiempo.

El Gotardo.

Antes de la inauguración del túnel del Monte-Cenis, el tráfico entre los puertos de mar de Italia con Suiza, Alemania y el NO. de Europa, se hacía por los tres grandes puertos de montaña, el

Simplón, el Splügen y el San Gotardo. En 1865, una Comisión suizo-italiana, se encargó de estudiar el problema de un túnel alpino para ferrocarril que uniese Suiza á Italia; en el informe que redactó, decidió la competencia á favor del Gotardo en contra de los dos caminos del Splügen y del Fuhmanier. El proyecto se sancionó en Octubre de 1869 y la Compañía del ferrocarril del Gotardo se constituyó en Diciembre de 1871. El gran túnel, objetivo principal de la Empresa, se empezó á perforar en Junio de 1872, dándose fin á las obras en Febrero de 1880, siendo entregado á la Empresa en 29 de Diciembre del mismo año. Las perforadoras de aire comprimido que se emplearon estaban ya mucho más perfeccionadas que las empleadas en el Monte-Cenis; para el remolque de los trenes de materiales se emplearon, por primera vez, las locomotoras de aire comprimido, en fin, todo lo referente á los talleres representaba un perfeccionamiento.

El túnel del Gotardo tiene una longitud de 14,892 kilómetros y la plataforma culminante está á 1.155 metros sobre el nivel del mar. Se terminó y quedó abierto para el servicio local antes que las líneas de acceso, que son las que une la entrada Norte del túnel, Göschenen al lago de Lucerna, y la que une la entrada Sur, Airolo á Viasca, en el Valle del Tesino. Como el máximo de pendiente que se admitía en las vías de acceso era del 26 por 1.000, se reconoció como necesario establecer á cada lado del túnel, para poder observar el límite, un cierto número de túneles helicoidales y ordinarios que alcanzan una longitud total de 46,7 kilómetros. Los túneles en hélice sufrieron acerbá crítica, considerándolos como obra monstruosa. Se dijo entonces que éste era uno de los raros casos que, dado que la pendiente-límite era del 2 y $\frac{1}{2}$ por 100, podía haberse sustituido la tracción de remolque con locomotoras ordinarias por cualquier otro medio particular de tracción, y la práctica y el tiempo han demostrado lo previsores que fueron los Ingenieros del Gotardo al no recurrir á los planos inclinados independientes, que necesariamente llevan consigo una pérdida enorme de tiempo en la circulación de los trenes. En Junio de 1882 quedó abierto el túnel para efectuar el tráfico directo entre Calais y Milán, por Reims y Basilea, sin transbordo.

El Arlberg.

Entretanto, otro túnel alpino, el Arlberg, que pone en comunicación dos regiones de un mismo país, la provincia austriaca del Vorarlberg con el Tirol austriaco, se hallaba en vías de ejecución. Esta obra tenía por objeto hacer independientes á las dos provincias citadas del tráfico de los ferrocarriles sud-alemanes, por los que se efectuaba el transporte.

El túnel del Arlberg empezó á construirse en Junio de 1880, quedando terminadas las obras en Noviembre de 1883. Para accionar las perforadoras se empleó el aire comprimido en vez de la fuerza hidráulica y se alcanzó una velocidad media de perforación de 8,47 metros diarios, es decir, casi el doble de la obtenida en el Gotardo y más del triple de la alcanzada en el Monte-Cenis.

Se inauguró este túnel en Junio de 1885; tiene una longitud de 10,250 kilómetros y está situado á 1.310 metros sobre el nivel del mar.

Por el lado Oeste, existen largas pendientes del 3 por 100, mientras que en la vertiente Este, la mayor pendiente sólo alcanza el 2 y $\frac{1}{2}$. Existen en esta línea todos los elementos accesorios habituales que se ven en las líneas de esta especie: trincheras sobre roca, puentes para atravesar los torrentes, galerías de protección contra las avalanchas, etc., etc.

Todos los túneles alpinos que hemos enumerado tienen doble vía, y las dimensiones son aproximadamente las mismas, esto es: altura hasta la clave, 6 metros; anchura máxima, 8 metros; mínima, 7,60 metros.

El Simplón.

El gran éxito alcanzado con el ferrocarril del Gotardo, fué motivo para que se tomase en consideración un antiguo proyecto, el de perforar el Simplón, con objeto de poner en comunicación los ferrocarriles de la red italiana con la suiza, sin necesidad de pasar por el territorio francés.

Se ha publicado ya tanto referente á la historia de esta gran empresa, que sólo nos limitaremos á reseñar los principales hechos.

La convención que autorizó la construcción del túnel, se firmó en Noviembre de 1896.

Por razón de la longitud anormal de perforación y previendo las elevadas temperaturas que habían de sufrirse, como consecuencia de la gran profundidad de su eje, se decidió adoptar un nuevo sistema, compuesto de dos túneles á vía única, separados 17,068 metros de eje á eje y unidos de 200 en 200 metros por galerías transversales. Las dos galerías debían avanzar contiguas; pero al principio una sola se agrandó hasta el perfil normal.

El 15 de Agosto de 1898, se emprendieron por ambos lados las obras, por Suiza y por Italia, llegando á unirse el 24 de Febrero de 1905; el tráfico para el servicio directo y local, quedó establecido el 1.º de Junio de 1906.

La longitud del túnel es de 19,732 kilómetros, y el punto culminante sólo está á 705 metros de altitud. Las pendientes en el interior del túnel son pequeñas: la que por el lado suizo conduce al punto culminante, es del 2 por 1.000 y la del italiano del 7. Las dimensiones del túnel son las siguientes: altura, desde el carril á la clave, 5,49 metros; anchura máxima, 4,98 metros; mínima, 4,50.

Las obras para agrandar la segunda galería, que en la actualidad se compone de una sección transversal de 7,99 metros cuadrados, midiendo, aproximadamente, 2,44 metros de altura, por 3,05 de ancho, no se han empezado todavía.

Por el lado suizo no ha sido necesaria la construcción de nuevas líneas de acceso directo al Simplón, pero por el italiano sí, primeramente, un empalme de Iselle é Domodossola de 18,5 kilómetros, y luego, por la ribera Oeste del lago Mayor, una nueva línea directa de Domodossola á Arona, con un recorrido de 56,3 kilómetros. La construcción de la primera constituía una empresa difícil, pues era necesario la construcción de seis túneles, cuya longitud total alcanzaba 7,376 kilómetros, uno de los cuales, el de Cairasca, helicoidal, de 1.000 metros, con una curva de 190,50 metros de radio y á una diferencia de altitud, entre los extremos Sur y Norte, de 93,60 metros. El declive medio de esta línea de acceso, es del 1,92 por 100, pero, sin embargo, existen cortas pendientes al 2,5 por 100.

Durante las obras del Simplón se decidió implantar la tracción eléctrica, haciendo, por consiguiente, las instalaciones necesarias.

A partir del día de la inauguración, entre Brigne é Iselle, los trenes locales circularon por medio de la electricidad, pero transcurrió todavía algún tiempo hasta la supresión de la tracción de vapor en los trenes directos de viajeros y mercancías.

Desde esta época se extendió la tracción eléctrica desde Iselle hasta Domodossola.

El Lötschberg.

El ferrocarril de los Alpes berneses, empezado en Octubre de 1906, es la prolongación natural del túnel del Simplón hacia el Norte; une directamente los ferrocarriles federales suizos con la red de la Compañía del Este francés, cerca de Delle, y con el Norte francés en Laon. Sin embargo, falta por terminar los recorridos al Norte de Berna. Más adelante, este camino será el más corto para atravesar Francia y Suiza, desde Calais á Bolonia y á la arteria central de la red de los ferrocarriles italianos, á la que enlazará en Piacenza, punto de partida de la línea de Brindise.

Más adelante daremos algunos datos sobre el túnel del Lötschberg y respecto á su inauguración.

Otros túneles.

En 1909 quedó expedita una nueva línea entre Trieste y las regiones Norte de los Alpes austriacos, por Villach, Bad Gastein, Bischofshofen y Salzburgo. Es uno de los ferrocarriles alpinos más atrevidos, y abundan en él magníficas obras de ingeniería. Comprende 25 kilómetros de túneles; los tres más largos son: el de Tauern, de 8,551 kilómetros; el de Karawanken, de 7,976, y el de Wochein, de 6,339. Los dos primeros son de doble vía, y el tercero se compone de dos galerías á vía única. El punto culminante de la vía está á 1,225 metros de altitud.

Será interesante mencionar también dos túneles alpinos suizos, que, por no estar situados en ningún camino directo, sólo presentan una importancia puramente local.

El túnel del Ricken en la nueva línea de Uznach á Wattwil, de 8,604 kilómetros de longitud, á vía única de anchura normal, empezó la construcción en 1904 y dió fin en 1908. El extremo Norte está situado á 198 metros sobre el nivel del mar y el Sur á 90 centímetros menos y, sin embargo, entre estos dos puntos existen rampas muy pendientes. En la construcción de este túnel se han encontrado temperaturas más elevadas que en el Simplón, y para destruir los gases deletéreos fué preciso quemarlos en los puntos donde se desprendían. Por el lado de Wattwil se emplearon meses en quemar completamente los gases. Esta línea sólo tiene 16 kilómetros de longitud, pero su importancia comercial es considerable porque une el valle activo y muy poblado de Toggenburgo con el lago de Zurich y la Suiza central. La corriente para la tracción eléctrica la suministra una sola fábrica hidráulica, de una potencia de 60.000 caballos. El túnel toma el nombre del collado de Ricken.

El túnel de la Albula, en el ferrocarril del mismo nombre, que une Thusis á la Engadina, tiene 5,866 kilómetros de longitud; la línea es de vía única de un metro y se inauguró el 14 de Julio de 1903. La horizontal del punto culminante de este túnel está situada á una altitud de 1.869 metros, ó sea 610 metros más alta que la del Arlberg, que es el más elevado de los túneles alpinos. Está situado entre las estaciones de Preda y Spinas; sus dimensiones son 5,03 metros de altura por 4,52 de ancho. Las obras de perforación se empezaron por ambos lados en 1898; se terminaron el 29 de Mayo de 1902.

El túnel de Lötschberg.

El ferrocarril de los Alpes berneses, que, partiendo de Frutigen, á 24 kilómetros al Sur de Thun, termina en Brigue, en la línea del Simplón, tiene 74 kilómetros de recorrido. La boca Norte del túnel está situada cerca de Kander (1.200 metros de altitud) y la Sur en Goppenstein (1.219 metros); el trazado sub-

terráneo atraviesa el Schafberg, el valle del Gastern y el collado de Lötschen.

En los primeros planos se calculó un túnel de 13,736 kilómetros de longitud, pero la desastrosa irrupción del Kander que tuvo lugar el 24 de Julio de 1908, por la vertiente del valle del Gastern, impuso un rodeo para evitar el profundo barranco formado. La modificación del trazado aumentó la longitud en 800 metros, resultando una longitud total de 14,536 kilómetros. Resulta, además, este túnel uno de los más notables de los alpinos, porque el 15 por 100 de su recorrido está en curva. Es de doble vía y el punto culminante está situado á 1.243 metros sobre el nivel del mar.

Dentro del túnel las pendientes y contrapendientes son: en el Norte, del 0,7 por 100, y del 0,38 en el Sur, con longitud, aproximadamente, igual. La explanada central mide 349 metros; terminaron las obras el 31 de Marzo de 1911.

Este ferrocarril contiene, además, 33 túneles menos importantes, que representan, aproximadamente, el 25,5 por 100 de la longitud total de la vía; uno de ellos, el de Mittholz, en el valle del Kander, es helicoidal.

La línea de acceso Sur, de Brieg á Goppenstein, es una magnífica obra técnica. Todo el trazado pasa por barrancos y contrafuertes de montañas. La línea se eleva 538 metros, en una longitud de 25,7 kilómetros, y existen 21 túneles pequeños (ninguno helicoidal) con una longitud total de 7,03 kilómetros; el recorrido total sobre puentes y viaductos es de 823 metros. El viaducto de acero que franquea el valle del Bietsch tiene 132 metros de longitud y está en curva de 300 metros de radio. La sección central del puente, de 48,15 metros de luz, se apoya sobre cuatro pivotes, primitivamente previstos, como andamiajes para sostener las cimbras que subsisten, mientras que los firmes del arco se apoyan sobre cuatro articulaciones. La altura de los carriles sobre el fondo es de 80 metros.

Toda la línea ha sido estudiada y equipada para implantar la tracción eléctrica con conductores aéreos: la corriente necesaria se produce en dos centrales hidroeléctricas, situadas á los distintos lados del gran túnel.

La línea está construida para poder establecer vía doble en toda su longitud. Además de las estaciones de Frutigen y de Brigue, existen otras siete y un apeadero; todas sirven de punto de cruce, las vías de los apartaderos tienen 350 metros de longitud. Las rampas más pendientes de la línea, son del 2,7 por 100. En Frutigen y en Kander se han instalado las vías necesarias para la constitución y descomposición de los trenes de carga limitada.

Igualmente que el resto de los ferrocarriles suizos, la línea está protegida por semáforos que sirven como señal de detención, y por discos redondos para señales á distancia. Los primeros, en forma de celosía, tienen sus brazos dirigidos hacia la derecha, y se levantan para indicar que la vía está libre. Los discos están pintados de verde; para indicar vía libre se les hace girar de la posición vertical á la horizontal. Toda la línea está provista del «block-system» reforzado en el túnel del Lötschberg con los aparatos automáticos que proporciona la Sociedad Ilasler, de Berna.

Los carriles son de 12 metros y pesan 42,04 kilogramos por metro; se apoyan por medio de cojinetes sobre traviesas de madera, dieciséis por carril, excepto en las estaciones, en donde se emplean diecisiete traviesas por carril.

La línea quedó expedita para la circulación el 12 de Julio de 1913, fecha en que empezó á hacerse el servicio, pero la inauguración se efectuó el 28 de Junio. Cuatro trenes especiales salieron de Berna, los cuatro se detuvieron en todas las estaciones, donde se hicieron grandes recepciones y se pronunciaron discursos.

Entre los asistentes citaremos al Presidente y ex Presidente de la Confederación helvética y los representantes de los Gobiernos británico, francés, italiano y de los Estados Unidos. Por la noche se dió un banquete en Berna, al que asistieron 860 comensales.

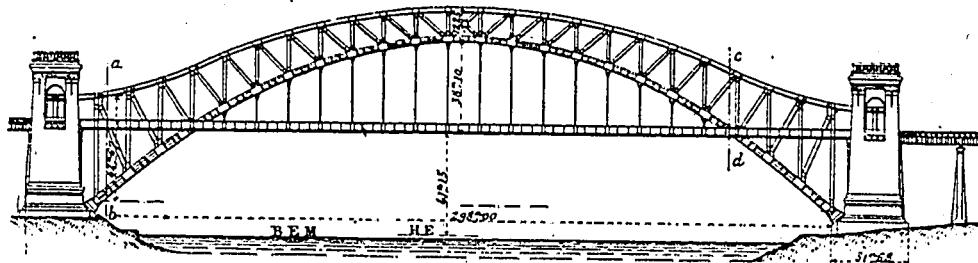
H.

El puente en arco de Hell Gate sobre el East River, EN NUEVA YORK

Se construye actualmente, en Nueva York, un viaducto metálico que será, sin duda, la obra más importante de este tipo. Atravesará, en efecto, el East River por encima de Ward's Island, es decir, por su parte más ancha, y comprenderá, sobre las dos orillas, unos tramos de acceso muy numerosos, por estar en gran parte en viaducto la línea del ferrocarril, para el cual va á establecerse dicho puente. Además tendrá un arco con una abertura libre de 298 metros.

Pennsylvania Railroad y del Long Island Railroad y el servicio de barcos de Bay Ridge Greenville. Esta línea contará, pues, numerosas obras de arte. Describiremos ahora, solamente, el arco metálico de Hell Gate, entre Long Island y Ward's Island, tomando una parte de las ilustraciones de las *Engineering News*, como hace el Ingeniero de Artes y Manufacturas, M. P. Calfas, en un artículo que publica en *Le Génie Civil*.

Descripción del puente. — El puente de Hell Gate (figuras 1.^a á 10.^a) se compone de dos arcos verticales, de 298 metros de abertura libre y de 310 metros de longitud entre los pilares, al nivel del tablero; su altura total es de 79,50 metros sobre los arranques, ó sean 93 metros sobre las aguas medias. La viga inferior es parabólica, y el sentido de la curvatura de la superior cambia en el aplomo del punto en que la viga inferior atraviesa el tablero, es decir, en el tercer cuadro de la celosía. Los arcos, espaciados 18,30 metros, están divididos en veintitrés cuadros en N. Los montantes verticales de la parte central se prolongan por tímpanos que sirven para suspender el tablero, cuya parte inferior está á 41,15 metros sobre las altas aguas y á 58,50 sobre las más bajas. El espacio comprendido entre los dos arcos sirve para el paso de cuatro vías de ferrocarril y el tablero se

Fig. 1.^a

Como lo indica el cuadro que sigue, existen ya en Nueva York cuatro puentes con tramos más grandes, pero son puentes colgantes ó cantilever, mientras que el puente de Hell Gate será, probablemente, el mayor puente en arco.

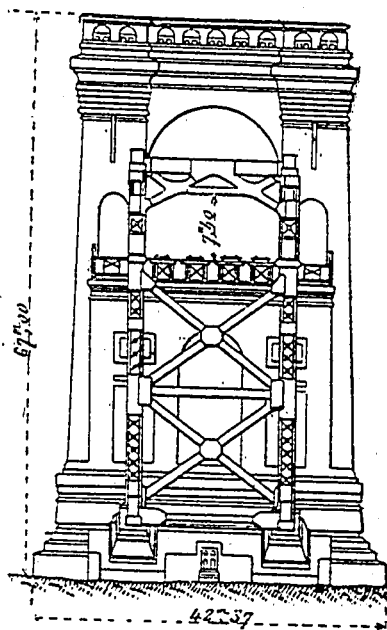
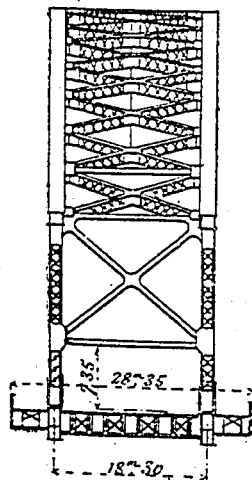
Características de los grandes puentes de Nueva York sobre el East River.

TIPOS	NOMBRE DE LAS OBRAS	Longitud total.	Tramo mayor.
		Metros.	
Colgante....	Puente de Brooklyn.....	2.277,60	485
—	Puente de Manhattan.....	2.102,35	448
—	Puente de Williamsburg.....	2.619	487,68
Cantilever. ..	Puente de Queensboro ó de Blackwell's-Island.....	2.620	359,30

La obra de que tratamos será el quinto puente construido sobre el East River y el más distante de la punta de Manhattan. Estará, en efecto, á 10 kilómetros del puente de Brooklyn, y á 3 del de Blackwell's Island. Pero, mientras que los cuatro puentes que figuran en el cuadro sirven para el paso de peatones, de carruajes y de tranvías, el de Hell Gate será únicamente un puente de ferrocarril.

Formará parte de la línea, casi por completo en viaducto del New-York Connecting Railroad. Este ferrocarril está destinado á unir el New-York, New-Haven and Hartford Railroad al Long Island Railroad, y también estos dos ferrocarriles al Pennsylvania Railroad, utilizando los túneles bajo el East River del

prolonga al aire, por una parte y otra, hasta una anchura total de 28,35 metros; las dos aceras así constituidas no sirven más que como pasarelas de inspección.

Fig. 2.^aFig. 3.^a

Los arcos están dispuestos entre dos pilares de cemento armado, á los cuales han tenido que darse dimensiones de importancia para que puedan resistir al empuje horizontal considerable de los arcos. Estos pilares tienen en la base una anchura de...