

ESTUDIOS PRACTICADOS EN EUROPA

DURANTE LOS AÑOS 1902—03

(Conferencia leída por el ingeniero don Delfín Guevara en el Instituto de Ingenieros,
sesion del 2 de Agosto de 1904)

Señores:

Habiendo recibido hace poco los ANALES DEL INSTITUTO correspondientes a 1903, solo últimamente he leído el acta de la 48.^a sesion ordinaria, celebrada el 26 de Noviembre de 1903, i he podido imponerme de las observaciones que en ella se formularon respecto al envío de ingenieros a Europa con el fin de perfeccionar sus estudios profesionales. Como en esa época me encontraba en el viejo continente en comision de estudio, mi primera palabra será de profundo reconocimiento hácia el señor Risopatron quien manifestó la jeneral estrañeza con que fué recibida la supresion por el Honorable Senado de los ítem relativos a nuestra pension.

Al mismo tiempo me propongo rectificar algunos de los conceptos emitidos en el mismo debate por nuestro distinguido consocio señor A. Astorquiza, quien, segun el acta de la sesion de mi referencia, «hizo diversas observaciones sobre los medios de *utilizar mejor* el envío de ingenieros fuera del pais, i llegó a la conclusion de que seria preferible que ellos ingresasen a los trabajos en construccion i *no a los cursos teóricos de enseñanza*. Acerca de las personas que deben ser agraciadas con estas pensiones, observó que seria preferible clejir a personas que hubieran ejercido la profesion en el pais, que son los que mejor pueden discernir a qué clase de estudios prácticos deben dar la preferencia durante su estadía en el extranjero.»

Quede, en primer lugar, establecido que cuando en 1902 el Congreso creó los ítem para pensionar ingenieros en Europa, la Facultad de Matemáticas de la Universidad de Chile abrió un concurso ámplio entre los ingenieros que se creyeran con la preparacion i antecedentes suficientes para desempeñar esas misiones, i que dicha Facultad elijió a los que tuvimos el alto honor de ser designados para el espresado fin.

En una memoria, publicada en nuestros ANALES el 15 de Marzo de 1903, dimos cuenta al señor Ministro de Chile en Francia de las primeras jestioness que hicimos en Paris para cumplir dignamente la comision que se nos confió, a fin de corresponder a

nuestros justos deseos i a las esperanzas que la Facultad de Matemáticas i todos los que en Chile se interesan por el progreso de la ingeniería, cifraron en nosotros. Decíamos en esa memoria que habíamos iniciado el desempeño de nuestro cometido, dirijiéndonos a Mr. de Darstein, inspector de la Escuela de Puentes i Calzadas de Francia, con el fin de obtener nuestro ingreso a los trabajos públicos en construccion en las mismas condiciones que los alumnos que entónces terminaban sus estudios en dicha escuela. Nos dijo aquel señor, que lo corriente en casos análogos al nuestro era solicitar del Ministerio de Trabajos Públicos, por intermedio de la Legacion, que nos permitieran visitar i analizar en la forma que quisiéramos aquellos trabajos, lo cual conseguirán fácilmente, nos añadió, i equivale en realidad a lo que ustedes desean, siempre que sus escursiones sean minuciosas i detenidas.

Formulada dicha peticion, i miéntras duraba su tramitacion, nos pusimos a seguir detalladamente los numerosos trabajos que por aquella época, se ejecutaban en Paris, a saber: construccion de los túneles i viaductos del Metropolitano, desviacion de colectores, i ejecucion o prolongacion de galerías en la red del alcantarillado, orijinadas por las obras del ferrocarril mencionado, estension i preparacion de nuevos campos de depuracion de las aguas de cloaca, instalaciones eléctricas del Metropolitano, explotacion del alcantarillado existente. Mui luego pudimos comprender que para seguir detenidamente tan variados i estensos trabajos se necesitaba mas tiempo que el proyectado en un principio, i al asistir diariamente a la construccion de alcantarillas, armadura i construccion de 1890 m. de viaducto metálico, con tramos de distintas luces comprendidas entre 20 m. i 75 m., perforacion de túneles, ejecucion de trabajos de defensa i consolidacion de los mismos en malos suelos, fundaciones de obras especiales i de puentes por aire comprimido sobre el Sena, construccion i reparaciones de calzadas de asfalto comprimido, macadam, etc., pudimos constatar con satisfaccion que llegábamos a dicha ciudad en época propicia, i que empezábamos a recojer el fruto de nuestro trabajo. Fué entónces cuando reuní numerosos datos i observaciones que me sirvieron para redactar un *primer* artículo sobre el Metropolitano de Paris.—*Líneas en construccion*—el cual no fué publicado en los ANALES.

Es sensible que hayan permanecido inéditas todas las observaciones que recojí personalmente, entrando en detalles de construccion que no publicaron ninguna de las Revistas de Paris, las cuales se limitaban a descripciones de las obras en sus rasgos mas jenerales, que es lo único que puede interesarles. Desde aquella ciudad dirijí a *El Ferrocarril* las siguientes colaboraciones: «Pavimentacion de ciudades» i «Saneamiento de ciudades», las cuales fueron publicados el 22 de Junio i el 12 de Octubre de 1903, respectivamente. Algun tiempo mas tarde escribí un *segundo* artículo—«Explotacion i traccion de las líneas del Metropolitano actualmente en servicio» el cual encontré a mi vuelta en la sala de comisiones del Instituto dentro del sobre en que fué remitido, sin haber merecido siquiera los honores de la apertura.

Me limitaré a señalar aquí algunas particularidades de construccion de las obras del Metropolitano de Paris i que fueron las siguientes:

Durante la ejecucion de los túneles de la primera seccion se empleó en varios puntos el escudo.

Al contrario de los escudos de Brunel i de Mr. Berlier, que ocupan toda la seccion del túnel por escavar, los escudos utilizados en estos últimos trabajos no ocupan mas que la parte superior, cerca de la mitad del túnel por construir.

No han sido empleados mas que para la seccion corriente de doble via. Los acordamientos en simple via tenian un trazado demasiado sinuoso i una lonjitud mui poco importante para que el empleo del escudo pudiera ser ventajoso. En cuanto a las estaciones abovedadas, su ancho demasiado grande, habria exigido un aparato mui costoso, de construccion dificil i de manejo delicado.

Así como se puede ver en las figuras 1 i 2 que representan uno de los escudos contruidos por la casa Champigneul, el aparato es esencialmente constituido por una envoltura de palastro afectando la forma de la parte superior del túnel por escavar i sostenida por dos cerchas *A* i *B* formadas por vigas cuya seccion es una doble *T* compuesto de una alma i cuatro cantoneras. La distancia entre estas vigas no es mas que de m. 1.95 pero la envoltura se prolonga hácia adelante por una visera *C* de m. 2.50 de largo en la parte superior i se termina posteriormente por una cola *D*, de m. 2.60 de largo.

Las vigas *A* i *B* están reunidas entre sí por medio de travesaños *e*, *e*, *e*, i las estrechidades de cada una de ellas, van reunidas por vigas horizontales *a* i *b* que hacen el oficio de tirantes.

Estas viguetas de refuerzo están, ademas, ligadas a la parte superior de las vigas maestras por piezas verticales *p*, *p*, i entre sí por longuerinas que soportan un entablado. Sobre este se coloca la maquinaria destinada a producir el agua bajo presion que debe actuar sobre los ocho gatas *V*, colocadas en el contorno de los arcos metálicos i cuya presion determina el avance del escudo.

Esta maquinaria constaba de un motor eléctrico de 12 caballos accionando una batería de bombas.

El escudo reposa sobre el suelo por intermedio de dos rieles especiales *R* sobre los cuales desliza i éstos descansan sobre durmientes.

Como se ve por la figura 25 la visera protege contra los derrumbes a los operarios que trabajan en el avance. Cuando el terreno es relativamente resistente, se instala adelante un andamio que divide la cámara de trabajo en dos partes. Al contrario, en caso de terrenos mui movedizos, se puede disponer en la visera una enmaderacion aplicándose contra el frente de ataque de modo a proteger los operarios.

El avance del escudo es el que corresponde a la carrera de las gatas o sea, de un metro. Estas gatas se apoyan sobre las cerchas metálicas dispuestas hácia atras i trabadas entre sí. Cada gata puede desarrollar un esfuerzo de 110 toneladas i por consiguiente, las ocho gatas pueden suministrar un esfuerzo de 880 toneladas, pero en la práctica, el esfuerzo total no superó nunca 500 toneladas.

Despues de cada avance del escudo se colocaba hácia atras una nueva cercha metálica contra la cual se apoyaba el aparato para la carrera siguiente. Las cerchas así colocadas eran siempre 30 i espaciadas de un metro. A la derecha de las gatas se colocaba una trabazon especial gracias al cual la totalidad de las cerchas soportaba el esfuerzo solicitante por este. El peso propio de estas cerchas i el de su sobrecarga de albañileria era mas que suficiente para resistir a la presion de las gatas que hemos mencionado. Agre-

guemos en fin que la albañilería se ejecutaba, sobre las cerchas, a medida que el escudo avanzaba, i que su ejecucion era facilitada por un andamio suspendido a la parte posterior del aparato.

Como se ve en la figura 1, en la cual los rasgos de punto representan las albañilerías, el escudo descrito permite ejecutar la escavacion en un poco mas de la mitad de la altura del túnel.

La escavacion de la parte inferior se hacia en seguida por los métodos ordinarios i con mucho mayor comodidad puesto que la parte superior estaba ya libre de todas las enmaderaciones i su bóveda construida. Este desmonte seguia mas o ménos de cerca la marcha del escudo.

En la construccion de los túneles para la línea circular i demas que se ejecutaban en 1902 i 1903, los contratistas que podian a su arbitrio disponer el modo de perforacion, adoptaron esclusivamente el procedimiento corriente de enmaderacion, fundándose en las razones siguientes:

1) Con el escudo solo se podia atacar el túnel por un solo frente, a no sér que se emplearan varios aparatos, lo que seria poco económico porque la instalacion importa de 150,000 a 200,000 fr. De esa manera el avance diario era de 3 metros. Con el sistema de enmaderacion ordinaria se tenian en una misma seccion 4 puntos de ataque con dos frentes cada uno, lo que correspondia a un avance diario de 24 metros.

2) Las estaciones se encontraban muy próximas una de otra, a 500 m. por término medio, i como en ellas habia que ensanchar considerablemente el perfil del túnel en via corriente, se habria tenido un aparato demasiado costoso, de construccion difícil i manejo muy delicado.

3) Las curvas del trazado eran bastante pronunciadas con un radio mínimo de 75 m., lo cual era una nueva dificultad para la marcha del escudo.

4) La naturaleza de las tierras era arenosa i compacta, sin agua. En la 1.^a seccion, al contrario hubo que atravesar la napa acuifera que pasa bajo la plaza de la Concordia, i bajo la plaza de la Bastilla. El avance del escudo era tambien lento i difícil.

Sin embargo, parece demostrado que el empleo del escudo se impone en caso de suelos de mala calidad, impregnados de agua, que exigen dobles revestimientos con enmaderaciones u obligan a emplear el aire comprimido. Una de las nuevas líneas por construir pasará bajo el Sena frente al Louvre, i se proyectan con este fin 2 tubos de 6 m. de diámetro de fierro colado, que se hincarán por el aire comprimido.

*
* *

En la línea circular, el trazado pasaba por antiguas canteras de yeso explotadas, en túnel o a tajo abierto i rellenadas en seguida. Esto exijió trabajos preliminares de consolidacion de los cuales citaremos como ejemplo los de la plaza Denfert-Rochereau, boulevard Raspail, estacion Montparnasse, etc.

Cuando las canteras se explotaban en túnel bien conservado se procedió a consolidar las mismas galerías existentes por medio de pilares de mampostería; se construia una galeria longitudinal bajo el eje del trazado del F. C. de 1.20 de ancho con piés derechos de

0.50 de ancho llegando hasta el cielo de la cantera, i de 6 en 6 m. se construian pilares de mampostería por ámbos lados del eje i de 14.20×1.20 m. de seccion. En ciertos puntos se consolidaba el cielo de las canteras con una bóveda de albañilería o de concreto amoldado, en otros puntos ha bastado rellenar con cemento las grietas producidas en la parte superior de las canteras. A veces, el cielo de éstas se habia desmoronado formando lo que se llama una *campana de hundimiento*; en tal caso se hacia la consolidacion construyendo una galería abovedada bajo la campana i en una cierta estension, rellenando el espacio restante con piedra suelta i concreto.

Bajo las estaciones se continuaba aquella galería por los dos lados mayores del rectángulo de emplazamiento i con pilares cuadrados bajo el eje del trazado.

Cuando la explotacion de las canteras se hacia a tajo abierto, o las galerías de las minas se encontraban en mal estado de conservacion, o el eje del trazado del F. C. se aproximaba mucho de aquellas, se fundaba el radier del túnel sobre pilares de mampostería o sobre pilotes de concreto de 1.20 m. de diámetro, distantes de 5 m. de centro a centro en sentido longitudinal i de 3.75 en sentido transversal. En terrenos de mala clase se aumentaban las dimensiones de las obras en la debida proporcion.

A veces se reunian superiormente los pilotes de concreto por medio de bóvedas longitudinales de medio punto, de albañilería con $e=0.70$ en la clave, destinada a recibir el emplantillado del túnel. Este sistema se adoptó bajo las estaciones cubiertas por un tablero metálico; las bóvedas longitudinales, se reunian entre sí por medio de bóvedas transversales de 3.01 de radio i 0.50 de espesor, de concreto, empleando como cercha el mismo terreno, debidamente recortado. Los pilotes de concreto se colaban sobre el mismo terreno.

En ciertos puntos, estos distintos sistemas fueron combinados, ofreciendo aquellos variados i curiosos trabajos un verdadero dédalo de galerías i pozos que se entrecruzaban en todas direcciones.

Ejecucion del túnel.—Para la via corriente, se seguia el método ordinario, construyendo primero la bóveda, despues los piés derechos i mas tarde el radier.

En las estaciones abovedadas, (fig. 3) se ejecutaban tres galerías de avance paralelas, las laterales sirviendo para construir primero los piés derechos de concreto de 2 m. de espesor, sobre los cuales se asentaba en seguida la bóveda de 14 m. de luz, que orijinaba grandes empujes en los arranques.

Drenaje de las aguas de infiltracion (fig. 4).—Con este objeto se reservaban en la superficie de duela, regueras en forma de pata de ganso destinadas a recibir drenes que conducian las aguas a resumideros convenientes. Para construir dichos drenes, se colocaban sobre las cerchas rollos de paja afectando la forma del dren; construida la albañilería, se quitaban los rollos regularizando el conducto con el cincel; se colocaban despues tubos de caoutchue de unos 25 mm. de diámetro, sujetos con clavos i recubiertos de cemento, i una vez que éste fraguaba, se quitaban los tubos tirándolos por una estremidad, de modo que se formaba un conducto circular en la misma albañilería.

Para efectuar las inyecciones de cemento detras de las albañilerías, se colocaban en la bóveda durante su construccion, tubos de greda cocida de 0.04 de diámetro ($e=0.91$), distantes de 2.50 segun el arco de duela, i de 1 m. segun la generatriz de la bóveda.

Para efectuar estas inyecciones se adoptó un dispositivo que comprendía un inyector Greathead instalado sobre un carrito que podía moverse sobre una vía férrea a lo largo de la obra. La presión se obtenía por medio de un compresor de aire i dos bombas, accionadas por un dinamo mediante una correa de transmisión; el mismo dinamo comunicaba a las paletas del malacate un movimiento de rotación continuo asegurando la mezcla perfecta i la homogeneidad del mortero; el dinamo se alimentaba con la corriente proveniente de la instalación eléctrica del alumbrado del túnel. Finalmente, un andamio edificado sobre el carro permitía ejecutar fácilmente las inyecciones detrás de la bóveda (1).

*
* *

La *armadura del viaducto* se ejecutaba como de ordinario. En general, las cabezas de las vigas se conducían al pie de la obra por trozos de 7 a 8 m., los montantes i diagonales desarmados, estando solo los travesaños listos para ser ensamblados.

En el 4.º lote situado en barrios de poca circulación, i encontrándose los apoyos sobre la parte central del boulevard de la Chapelle, se pudo ensamblar i remachar las vigas sobre el terreno para levantarlas en seguida por medio de dos puentes rodantes a su altura definitiva i proceder al ensamble de los travesaños con las vigas.

Para el 5.º i 6.º lotes, situados en un barrio de gran circulación i como el viaducto debía apoyarse en ciertos puntos sobre las calles transversales, hubo que proceder de otro modo: se construyó un suelo de madera formando puente de servicio a 1,20 m. próximamente por debajo de los apoyos afectando el perfil de los tramos i constituyendo verdaderos puentes provisorios al pasar por las calles mas importantes. Sobre dicho suelo i sosteniéndolos con gatas, se ensamblaban los diferentes tramos primero con pernos, después eran remachados i colocados sobre sus apoyos.

En el 5.º i 6.º lotes, el remachado se hizo con remachadoras hidráulicas alimentadas con bombas movidas eléctricamente, i que podían alcanzar una presión de 35 toneladas sobre los remaches que eran de 22 mm. de diámetro.

En la extensión del viaducto, se encontraba también la antigua zona de canteras de yeso que hemos mencionado anteriormente. Se debió, en consecuencia, establecer importantes fundaciones bajo todos los apoyos (columnas metálicas de fundición i pilares de albañilería), en vista de los sondeos preliminares que permitieron conocer la naturaleza del subsuelo. En aquellas partes de antiguas canteras rellenas, donde el terreno natural se encontraba a profundidades comprendidas entre 15 i 30 m., los apoyos se fundaron sobre pilotes clavados al rechazo i cuyas cabezas iban inmerjidas en un macizo de concreto: El herido corriente tenía 3^m 70 x 3^m 70 i recibía 16 pilotes de madera de 0,30 de diámetro; cada uno cargaba 20 t.: el número de pilotes clavados fué de 1,610 con una ficha media de 10 m.

Los demás apoyos fueron fundados sobre macizos de concreto descansando en suelo firme, marga o calcárea.

(1) La inyección se hacía a una presión de 3 kg./cm² empezando con una colada a la dosis de 3 cubos de agua por 50 kg. de cemento i terminando a la dosis en 2 cubos de agua por id. de cemento.



A fines de Julio de 1902 obtuvimos de la Legacion la autorizacion solicitada a que aludimos anteriormente: el señor Quezada se dirigió entónces a visitar los trabajos marítimos del Havre, Sn. Nazaire, etc., mientras Oyanedel i yo nos dirijimos a Reims, Marsella, Bruselas, Lieja, Francfort i Berlin, con el fin de estudiar las obras de saneamiento i desagüe de estas ciudades. Convinimos en reunirnos a fines de Setiembre en Bruselas para ponernos de acuerdo acerca de la mejor prosecucion de nuestros trabajos i para visitar juntos algunas obras importantes en construccion en Béljica, Luxemburgo i Alemania.

En la fecha indicada nos reunimos efectivamente en Bruselas, i con la esperiencia ya recojida en nuestras primeras escursiones, estuvimos contestes en que para sacar de ellas todo el provecho posible, se hacia absolutamente necesario que completáramos nuestros estudios sobre ramos de aplicacion que no habíamos cursado en la Universidad. A este respecto, recojimos i estudiamos los programas de las escuelas de ingeniería, i nos decidimos por la Escuela de Puentes i Calzadas de Paris, la mas justamente reputada en su jénero en el mundo entero. Los ramos que debíamos cursar con preferencia, eran los siguientes: *Trabajos marítimos* (curso del señor Quinette de Rochemont); *Navegacion interior* (curso de Mr. de Mas); *Electricidad aplicada*, por M. de Nerville, ramos que, como lo saben nuestros colegas, no se enseñaban en la Universidad de Chile ántes de 1901. Ademas, dichos cursos solo debian durar desde fines de Octubre a fines de Marzo (5 meses), i en invierno, es decir, en época en que se paralizan en Europa a causa de los rigores del clima, muchos de los trabajos en construccion; en todo caso, debíamos proseguir nuestros trabajos prácticos una vez terminados aquellos cursos. Así lo hicimos presente en carta dirijida al señor Ministro de Chile en Francia i regresamos a Paris despues de visitar detenidamente los trabajos del puerto de Bruselas, del puerto de Bruges, desviacion del Ourthe i construccion de un nuevo puente sobre el Meusa, en Lieja (trabajos preparatorios para la Esposicion de 1905), esposicion minera i metalúrgica de Dusseldorf, armadura de un puente metálico en arco sobre el Rhin, i finalmente, la construccion del gran puente de albañilería, con 84 m. de luz, sobre el valle de la Pétrusse en Luxemburgo, en donde permanecí algun tiempo i recojí numerosos datos que me sirvieron para escribir un *tercer* artículo, con gran acopio de detalles de construccion, que remití en Setiembre del año pasado a los ANALES DEL INSTITUTO, i cuya publicacion comenzará en el número próximo.

Tales fueron las razones que nos obligaron a asistir a las sesiones 1902-1903 de la Escuela de puentes i calzadas de Francia. Aprovechamos nuestra permanencia en ella para seguir tambien los cursos verdaderamente majistrales de M. Sejourné, *Puentes de Albañilería*; Juan Resal, *Puentes metálicos*; de M. Beckmann, *Hidráulica agrícola i urbana*; *Ferrocarriles*, de M. Fouan, jefe de la explotacion de los F. C. del E. F.; *Máquinas a vapor i motores térmicos*, por Walckenaer. Estos cursos terminaron a fines de Marzo de 1903, e inmediatamente nos preparamos para dedicarnos a continuar nues-

tros trabajos prácticos, interrumpidos, según hemos dicho, con el fin de completar nuestra preparación teórica.

Me proponía esta vez estudiar la explotación i métodos de construcción de ferrocarriles empleados en Francia. Con tal objeto solicité, por intermedio de la Legación, un permiso del Ministerio de Trabajos Públicos, el que una vez concedido, me permitió conocer hasta en sus menores detalles la explotación i tracción de los ferrocarriles del E. F. i otras compañías, debiendo consignar aquí que no me limité a visitas de inspección, sino que me hice cargo de todos los inconvenientes i dificultades que se presentan en la práctica i el modo de evitarlas, para lo cual practiqué prolijas averiguaciones no solo entre los ingenieros del servicio, sino también entre los jefes de estación, jefes de maestranzas, jefes de tracción, maquinistas, etc. Durante esta escursión visité las instalaciones de Thouars, Tours, Saintes, Niort, Nantes, La Pallice-Rochelle i Burdeos; tomé parte en las experiencias que se hicieron en Thouars con el nuevo e ingenioso aparato de protección i seguridad de los trenes, inventado por M. Van Braam, i asistí a las experiencias realizadas por M. Nadal, ingeniero de la tracción de los ferrocarriles del Estado francés, entre Niort i Thouars, con el fin de medir las características de las últimas locomotoras Compound francesas, en uso en dichos ferrocarriles (tipo Norte, 3 ejes motores acoplados, 2 portadores con ténfers de 3 ejes).

Los números datos que así pude reunir los he consignado en la Memoria que a mi regreso a Chile presenté al Ministerio de Instrucción Pública, a fines de Marzo de 1904.

A fines de Julio tuve que interrumpir momentáneamente mis tareas para representar a Chile en el Congreso Internacional de Seismología que se verificó en Estrasburgo del 24 al 28 de Julio de 1903. En el informe en que di cuenta de mi cometido al señor Ministro de Chile en Francia, decía, entre otras cosas, lo siguiente:

«Es para mí muy grato manifestar a U.S. que el nombre de Chile no fué extraño al movimiento científico provocado por la 2.^a Conferencia Internacional de Seismología. En efecto, en la sesión del 28 de Julio, el profesor doctor Kövesligethy Radó, de la Universidad de Budapest, formuló la siguiente indicación, que fué aprobada por asentimiento unánime de la Asamblea. «La 2.^a Conferencia Internacional de Seismología invita al Observatorio Astronómico de Santiago de Chile a buscar las huellas de temblores de tierra en las fotografías continuas hechas con la estrella σ Octante para la determinación de las variaciones de la altura polar.» Contesté al mencionado profesor que me haría un deber en transmitir al señor Alberto Obrecht, autor de dicho trabajo e inventor del procedimiento empleado para ejecutarlo, la indicación formulada.»

Aproveché mi permanencia en Estrasburgo para visitar las obras de saneamiento de la ciudad, i asistí a un ensanche i reparaciones del alcantarillado, lo que me permitió presenciar la construcción de canalizaciones de greda i demás obras accesorias, en cuya esmerada ejecución está, como se sabe, el secreto del éxito de trabajos de esta clase.

En Nantes visité también los trabajos que dirige M. Bataille, ingeniero de puentes i calzadas, a saber: profundizamiento del Loira aguas arriba del canal marítimo por medio de dragados; construcción de un malecón sobre la ribera izquierda del puerto de Nantes; construcción de dos estacadas (ensayos) de cemento armado; armadura de un gran puente trasbordador, sobre el Loira, de 141 metros de luz con pilas de 76 metros de al-

tura, sistema Arnold, viga Cantilever; construccion a tajo abierto de un nuevo colector de mampostería para los desagües de la ciudad de Nantes.

En Octubre de 1903 remití un 4.º artículo a los ANALES DEL INSTITUTO sobre los ensayos allí hechos para determinar la resistencia a la clavadura i al arranque de los pilotes de cemento armado, artículo que ha permanecido inédito hasta el día de hoy. Atribuyo a estas esperiencias un carácter particularmente interesante para Chile, puesto que el empleo de los pilotes de cemento armado podria darnos una solucion mui conveniente del interesante i debatido problema de la infraestructura de nuestros puentes. Ya se sabe que dado el régimen torrencial de nuestros rios, solo conviene aquí el empleo de apoyos formados con pilotes o con tubos cilíndricos como los que tienen el Mapocho en el ferrocarril de Santiago a Valparaiso i que ha soportado tantas creces, el puente del Laja, i otros.

Ademas, esos pilotes de cemento armado, si bien es cierto que son algo mas caros que los de rieles, tienen sobre estos la ventaja de su mayor resistencia i duracion, de modo que podrían adoptarse para obras de carácter definitivo. Tratándose de trabajos marítimos, los pilotes de cemento armado, presentan sobre los de madera i aun sobre los de rieles la inapreciable ventaja de no ser atacados por las larvas i aguas del mar, i ademas la facilidad de su enlace con las vigas de la superestructura, de modo que estas circunstancias compensan sobradamente el aumento de gasto como lo hacia notar M. Bataille en su informe oficial al respecto.

He aquí algunos datos tomados en el mismo campo de las esperiencias:

Clavado (figs. 5, 6, 7, 8 i siguientes).—Uno de los pilotes fué clavado 4 meses despues de fabricado, i la clavadura se hizo como sigue: se reducía primero la cabeza del pilote (de 0.30×0.30) a 0.25×0.25 , en una estension de m. 0.25 de largo, por medio de un punzon. Se conducía el pilote con los jemelos del martinete i se descendía en el lugar designado para la clavadura; se colocaba sobre su cabeza un mango de m. 0.65 de largo i 0.265×0.265 de claro, el cual se rellenaba hasta la mitad de su altura con arena humedecida, i sobre ésta se colocaba un falso pilote de madera de m. 1.50 de largo que terminaba por un casco de fierro que recubria la cabeza del pilote en m. 0.25 de altura. Para impedir la caída de la arena i provocar un buen contacto entre la parte inferior del falso pilote i la cabeza del pilote, se colocaba allí una especie de juntura hecha con cáñamo impregnado con cerusa i cebo. Al fin de la clavadura, la cabeza del pilote se encontraba intacta. La duracion para una ficha de m. 7.80 fué de 1 hora 10 minutos comprendiendo las interrupciones para recargar el mango i la ejecucion de la junta.

El arranque de uno de los pilotes se hizo utilizando la accion de la marca i bajo un esfuerzo estimado en 45 toneladas próximamente. Despues del arranque el pilote fué prolijamente examinado i no presentaba ni fisuras, ni dislocaciones; solo el zueco estaba desgarrado, lo que demostraba que habia atravesado una capa de terreno mui duro como lo constata la hoja de clavadura.

Hé aquí las conclusiones de las esperiencias:

1) Se puede, sin inconveniente, clavar los pilotes de cemento armado por medio de un martinete instalado en un bote i suprimir el andamio fijo que ha sido empleado;

2) El peso de la masa debe ser a lo ménos de 2,000 kg. i la altura de caída de m. 0.50 próximamente

3) El zueco inferior no debe estar provisto de ramas, sino que debe recubrir toda la punta del pilote (sistema Camuzat), cuando este tiene que atravesar una capa de enrocados o empedrados.

4) La arena debe preferirse al aserrín de madera para ser interpuesto entre el falso pilote i el casco.

5) En fin, parece conveniente redondear los ángulos de los pilotes, operacion que seria fácil durante el amoldado, a fin de evitar que esos ángulos sean destruidos por las maniobras de las embarcaciones.

Los resultados obtenidos con los dos pilotes de ensaye demuestran que se puede impunemente hacer atravesar a los pilotes de concreto, los macizos de enrocados.

Las pruebas impuestas a los dos malecones de cemento armado fueron por otra parte mui satisfactorias i como se hicieron en época mui lluviosa, la humedad de la arena empleada como sobrecarga aumentaba ésta de un modo apreciable, aumento que no se consideró en los cálculos. En resúmen, el concreto o cemento parece llamado a reemplazar con ventaja la madera en la construccion de las estacadas i el suplemento de gasto de primera instalacion al cual ña lugar este modo de construccion, se encuentra largamente compensado por una reduccion de los gastos de conservacion.

* * *

De Nantes me diriji a Sn. Nazaire i visité detenidamente los trabajos del puerto, dirigidos por M. Mallat, a saber: construccion de una nueva entrada para el puerto de Sn. Nazaire, ensayo de un malecon en la dársena del mismo; construccion de pilas de albañilería fundadas por aire comprimido sobre un macizo de enrocados i destinadas a recibir un suelo de cemento armado.

En Burdeos, bajo la direccion de M. Vidal, ingeniero en jefe, pude estudiar detalladamente los siguientes trabajos: construccion de una gran forma de radoub; trabajos de defensa de la punta de Grave; construccion de 2 rompeolas, uno por bloques sumerjidos, el otro por fundacion directa; colocacion de grandes enrocados, ensayos de desenrocamientos, ensanchamiento del puerto de Blaye; refaccion del puerto de St. Estèphe; construccion de 2 muelles marítimos de cemento armado en Arcachon.

De Burdeos me trasladé a Bayona, en donde pude visitar los siguientes trabajos dirigidos por M. Deline:

Construccion de los ferrocarriles de la línea de acordamiento des Alleés-Marines, con sus terraplenes i obras de arte, túnel de 832 m. de largo; puente sobre el Nive con tablero metálico; fundaciones de dos estribos i de un machon sobre pilotes de 14 m. de largo; barra del Adour; terminacion i defensa de muelles de albañilería, construccion de puntas de defensa en sus estremidades; puerto de San Juan de Luz; defensa del pié del muelle i refuerzo de los perfiles por medio de blocks contrujidos al pié de la obra de 20 m.³, i blocs sumerjidos de 30 m.³ Mejoramiento de la navegacion del Adour por medio de dragados.

De Bayona me dirigí a Jinebra, en donde visité las instalaciones de fuerza motriz de la ciudad, aprovechando las aguas del Ródano a su salida del lago Lemán; las instalaciones hidro-eléctricas de Chèvres (alrededores de Jinebra) para aprovechar las fuerzas del mismo río i utilizarlas para el alumbrado eléctrico i la traccion de tranways de la ciudad i los ferrocarriles de cremallera de la Salève; ensanche del tablero del puente de cemento armado del Monte Blanco; trabajos de saneamiento i desagües de Jinebra; esplotacion de los ferrocarriles suizos.

De Suiza me encaminé a Italia, despues de visitar los trabajos de perforacion del túnel del Simplon. En Turin presencié la construccion de un nuevo puente de albañilería sobre el Pó, i en Roma, trabajos de mejoramiento i rectificacion del cauce del Tíber. Estudié tambien en Italia la esplotacion de ferrocarriles i visité algunas instalaciones industriales para la electrometalurjia del cobre i fierro en Turin, Milan, Brescia i Roma.

Tal es, lijeramente espuesto, el programa de trabajo i de estudio que realicé en Europa con la mui importante colaboracion de los señores Oyadenel i Quezada hasta Abril de 1903, i por mi cuenta desde esta fecha hasta fines de Diciembre, de este año, época en que el señor Ministro de Chile me manifestó que en vista de la supresion de nuestros ítems por el Senado, i de sus investigaciones propias, debia considerarse como terminada nuestra comision en Europa i que se encontraba dispuesto a otorgarnos su autorizacion i el pasaje para regresar a Chile el día 31 de Diciembre de 1903. En vista de esto, i considerando suficientemente estudiadas las materias que se me encomendaron, dí por terminada mi comision fuera del país.

* *

Séame ahora permitido, señores, formular brevemente algunas conclusiones jenerales a que arribé en mis estudios i que fueron consignadas detalladamente en la memoria que presenté a fines de Marzo del presente año al Ministerio de Instruccion Pública, i que completaré en una comunicacion que publicaré mas tarde en los ANALES.

* *

Como ha podido verse por lo que llevo dicho, mis investigaciones i estudios se dirigieron a tres puntos principales, a saber:

- I. Esplotacion técnica i tracion de ferrocarriles
- II. Saneamiento de ciudades, construccion i esplotacion de alcantarillas, depuracion de las aguas de cloaca;
- III. Aplicaciones industriales de la electrometalurjia.

* *

I. Por lo que hace al primer punto, mis conclusiones, son las siguientes:

Sistemas de esplotacion de ferrocarriles. Para la doble via, el sistema mas conveniente es el block system Hall, enteramente automático. (Me ocupo detalladamente de

este sistema en mi artículo titulado *Explotación i tracción de las líneas actualmente en servicio en el Metropolitano de Paris.*)

Para la simple vía el sistema de explotación mas conveniente es el *block system* absoluto realizado con aparatos Sarroste i Loppé, p. ej., empleados con mucho éxito en los F. C. del E. F., i en combinacion con el telégrafo i ademas con el teléfono para puestos importantes (cruzamientos de varias líneas, entrada de grandes puentes o túneles, etc.) Conviene emplear con el telégrafo el aparato llamador sistema Duplaix, que permite comunicar una estacion con otra cualquiera de la red, o bien, transmitirles simultáneamente la misma comunicacion. El pedido de la línea debe hacerse para los trenes extraordinarios o especiales, trenes fuera de itinerario, i ademas para los casos de retardo o accidente, pues el método de anunciar todos los trenes diariamente i a las mismas horas tiene el gran inconveniente de hacer que los agentes del servicio concluyan por darle un carácter banal, i que lo practiquen de un modo mecánico sin prestarle la debida atencion

Ademas, cualquiera que sea el sistema adoptado, es indispensable completarlo por medio de aparatos advertidores-indicadores que anuncien la proximidad de los trenes i su sentido de marcha; son recomendables las campanas eléctricas, sistema Halske i Siemens (accionadas por medio de máquinas magneto eléctricas movidas a mano) i los indicadores de disco i anunciadores de bocina simultáneamente, que se colocan en la vecindad de la oficina del jefe de la explotación para anunciarle la llegada i direccion de los trenes i los timbres eléctricos que anuncian simultáneamente la llegada de los mismos en las garitas de enclavamiento, a los cambiadores i demas agentes del servicio.

Como medida complementaria e íntimamente ligada con la explotación, es indispensable efectuar en las estaciones los *enclavamientos* de las señales con las agujas correspondientes, la señal que dá acceso a las tornamesas con los aparatos de calaje correspondientes, etc., de modo que los trenes encuentran en todo caso la vía libre o que perciban a tiempo las señales que se les dirijen, independientemente de los errores u olvidos en que pueden incurrir los agentes del servicio.

Para estaciones de gran tráfico, el mejor sistema de enclavamientos es el de palancas de itinerario, sistema Bleyne i Ducouso para maniobrar a distancia eléctricamente, las agujas i señales de ferrocarriles, estrenado con gran éxito en la estacion de San Juan de Burdeos por la C.^a du Midi. Segun dicho sistema, las agujas i señales son movidas por motores eléctricos adyacentes a los aparatos, gobernándose el conjunto desde una pequeña garita que encierra todas las palancas de maniobra: basta mover una sola de esta para realizar todo un itinerario, es decir, abrir o cerrar simultáneamente las agujas i señales necesarias en todo el trayecto que ha de recorrer el tren. Ademas un plano de la estacion con todas sus vías, cambios i señales i en el cual se reproducen automáticamente los movimientos ejecutados, colocado frente al *wattman* le permite verificar si se ha realizado el itinerario deseado, indicándose los entorpecimientos o fallas por timbrazos que no cesan hasta que se ha corregido el defecto.

No recomendaré este sistema, perfecto al punto de vista de su seguridad i fácil manejo, pero de instalacion i explotación costosas i delicadas. Para Chile me he limitado a indicar el empleo de los enclavamientos sistema Bouret, que es sencillo, seguro i económico. Estimo que es indispensable usar los enclavamientos pues la práctica constante de

los ferrocarriles europeos ha demostrado que hai que emplearlos hasta en las pequeñas estaciones i aun en los puestos donde hai mas de una via. Todo depende del tráfico: en caso que este sea mui grande, conviene adoptar los enclavamientos eléctricos que hemos indicado anteriormente; para un tráfico mediano, los enclavamientos mecánicos sistema Saxby i Fermer; para un tráfico pequeño bastan los aparatos Bouret con los cuales se pueden realizar tambien enclavamientos múltiples. Este sistema lo describí detalladamente en mi Memoria de Marzo de 1904.

La absoluta seguridad que deben presentar ciertos trenes, espresos, rápidos, etc., de una explotacion de ferrocarriles, exige, ademas el empleo de otras precauciones. A mi juicio hai que agregar todavía a los trenes mismos aparatos de proteccion i seguridad; me permití recomendar, a este respecto, el aparato enteramente automático para detener los trenes delante de una señal cerrada, advertidor-indicador i registrador, sistema Vam Braam, ensayado con mui buen éxito en los Ferrocarriles del Estado frances en 1903, i a cuyas esperiencias me cupo la suerte de asistir. Este aparato, descrito prolijamente en mi citada Memoria, presenta las siguientes ventajas sobre sus conyéneres:

- 1.^a De poder ser adaptado fácilmente al material existente;
- 2.^a De frenar el tren sucesiva i automáticamente al pasar por la señal de distancia i por la señal cuadrada, cuando se encuentran cerradas;
- 3.^a De advertir al maquinista, cuando pasa por una señal avanzada cerrada, de tres maneras distintas;
- 4.^a De obligar al maquinista a detenerse cuando pasa por una señal cuadrada cerrada;
- 5.^a De registrar o anotar las faltas cometidas por el maquinista;
- 6.^a De poseer un mecanismo robusto i sencillo, de fácil conservacion, por lo tanto.

Por estas razones, creo que la adopcion del aparato Bam Braam en nuestros ferrocarriles prestaria mui buenos servicios, i nos permitiria aprovechar desde el primer momento una invencion moderna, cuya eficacia constatamos prácticamente todos los ingenieros que presenciarnos las esperiencias i que han corroborado mas tarde los agentes del servicio.

Como recurso complementario de la explotacion, es necesario medir con la mayor exactitud posible la *velocidad* de los trenes, ya sea durante todo su trayecto, ya sea en puntos determinados de su pasaje. La práctica demuestra, en efecto, que los maquinistas burlan con frecuencia las prescripciones relativas a la velocidad, base del buen servicio, cuando ésta no es eficazmente medida o registrada por aparatos automáticos seguros i adecuados a las necesidades del servicio. Como aparato indicador-registrador de las velocidades que ha realizado un tren durante su marcha, me permití recomendar el aparato sistema Desdoutis (modelo 1901) perfeccionado por el servicio de traccion de los ferrocarriles del Estado frances, aparato que va instalado en el compartimento mismo del maquinista, suministrando al fin de la marcha un gráfico de las velocidades desarrolladas durante el trayecto, que aquel debe entregar al jefe de estacion. Tuve ocasion de constatar prácticamente en Thouars, la eficacia i bondad de este aparato, i su evidente superioridad sobre los demas de su especie.

Para medir la velocidad en un punto determinado de la via, he recomendado el

aparato registrador sistema Sabouret, con el cual hice algunas experiencias en compañía de los agentes del servicio de la C.^a Paris-Orleans, en la estacion de Tours. Es un aparato sencillo, de fácil manejo i sus indicaciones son seguras.

Servicio de estaciones.—Para efectuar el apartado i la composicion de los trenes de carga, el sistema que me ha parecido mas práctico, rápido i económico, es el apartado por medio de la gravedad, empleando para detener los carros a la bajada de la colina, la cala-zueco de acero, cuyo modelo i descripcion puede verse en mi Memoria de Marzo de 1904, i la cual tiene la ventaja de imponer al material rodante el mínimo de fatiga, evitando así una de las principales causas de la destruccion de dicho material. Para desenganchar los carros durante las maniobras, recomiendo tambien el sistema de enganche que usan los ferrocarriles del Estado frances, lo que permite efectuar aquella operacion sin que el agente se coloque nunca entre dos carros, con lo cual se evitan un buen número de accidentes.

Actualmente se ensayan en el servicio de estaciones, los carretones, cabrestantes i otros aparatos movidos por la electricidad. Pero las ventajas indiscutibles de estos aparatos en cuanto a rapidez i espedicion de las maniobras, están en pugna con el gran costo de las instalaciones. Un cabrestante eléctrico instalado en la estacion de Niort, a título de ensayo, importó 15,000 fr. Sucede con esto lo que pasa con la traccion eléctrica aplicada a los ferrocarriles, la cual a pesar de sus múltiples ventajas sobre la traccion a vapor ha recibido hasta aquí solo aplicaciones mui restringidas en Europa por no convenir económicamente hablando en aquellas líneas cuyo tráfico no es *intenso* ni *continuo*, i que deben ser explotadas por un pequeño número de trenes pesados. Es por esto que solo se aplica en los Metropolitanos de Paris, Berlin etc., i en otras líneas de gran circulacion. Interviene ademas aquí el gran gasto que orijinaria la transformacion del material rodante, i tambien mui principalmente las dificultades de regular, en grande escala, las variaciones de corriente en la línea, pues el empleo de los acumuladores, no es económico.

Se acentúa con caracteres mas prácticos el empleo de máquinas-útiles en los talleres de las maestranzas de los ferrocarriles, movidos por la electricidad, las cuales tienen sobre los útiles movidos mecánicamente la gran ventaja de reducir notablemente las trasmisiones, suprimiendo árboles, correas i poleas, i mui principalmente, que dan un excelente rendimiento. En los talleres de la maestranza de Saintes ví funcionar una perforadora i una remachadora eléctricas con gran rapidez i espedicion, bastando un solo muchacho para su completo manejo.

Por lo que hace a cocheras para mas de 50 locomotoras, convendrá construir en la estacion de Santiago, depósitos rectangulares, provistos de carretones a vapor moviéndose a lo largo del eje del rectángulo, tal como las que existen en Tours, Compañía Paris-Orleans.

Limpia de las calderas i del hogar de las locomotoras. — Este es, como se sabe, uno de los puntos mas interesantes del servicio de traccion de ferrocarriles, i el que requiere mayor atencion, regularidad i cuidado en su ejecucion; puede decirse que de su buena ejecucion depende la conservacion del material.

La limpia de las calderas debe hacerse 24 a 30 horas despues que la locomotora llega al Depósito, con agua calentada a una temperatura de 45° a 50°, para evitar las

variaciones bruscas de temperatura que son tan perjudiciales, i a una presion de 4 a 5 kg./cm.² la cual se consigue por medio de una bomba a vapor o instalando un recipiente a una altura conveniente. Concluido el lavado se procede a inspeccionar la caldera, operacion mui delicada que se confia a los jefes del Depósito: en Thouars (F. C. del E. F.), efectuaban dicha operacion, como sigue: introducian una antorcha encendida fijada en la estremidad de un alambre suficientemente largo para iluminar todos los puntos interiores del caldero; se buscaba en seguida por medio de un espejito plano, la imájen reflejada de la llama en las paredes de la caldera, i la operacion se daba por bien terminada cuando despues de algunos tanteos era posible encontrar dicha imájen para una posicion cualquiera del foco luminoso. La limpia de calderas se hace con las locomotoras que han recorrido un trayecto de 1,200 a 1,500 km., i se agrega despues el desincrustante. Un buen líquido desincrustante hasta aquí experimentado, es el siguiente:

Para 100 k. de virutas de campeche se agregan 60 k. de carbonato de soda i una cantidad de agua suficiente para que el líquido pueda marcar despues de una ebullicion prolongada, una densidad de 8 a 10° con el pesa-sales.

La cantidad de líquido desincrustante debe determinarse experimentalmente en cada caso por el jefe del Depósito, estudiando atentamente el lavado de sus máquinas; en jeneral, la cantidad de líquido que hai que introducir en las calderas es de 0,016 k. por grado hidrotimétrico i por metro cúbico de agua gastada.

En los depósitos de la Compañía Paris-Orleans, usan:

1.º En las calderas, despues de cada lavado: para las máquinas de pasajeros, de 6 a 12 k. de líquido desincrustante; para las máquinas de carga, de 12 a 24 k.

2.º En los ténders, diariamente: para las máquinas de pasajeros, 5 a 10 k.; para las máquinas de carga, 8 a 16 k.

I. La limpia de los hogares se verifica una vez al mes i conviene estudiar para las estaciones centrales, disposiciones adecuadas para la estraccion rápida i espedita de las cenizas. A este respecto, indiqué la disposicion adoptada en la estacion de Tours con este objeto, así como las mejores instalaciones para grandes depósitos de carbon.

Lubrificacion de los coches, locomotoras i aparatos de la via.—Este es tambien un punto de importancia capital en la explotacion de los ferrocarriles, íntimamente ligado con la economía i el buen servicio.

En esta materia, debemos distinguir:

1.º Lubrificantes que deben emplearse;

2.º Dispositivos mas eficaces para usarlos.

Hoi día se emplean mucho como lubricante en los ferrocarriles, los aceites minerales que se producen en Rusia i en los Estados Unidos. Tales lubricantes tienen sobre los aceites vegetales i animales, la ventaja de resistir mejor las variaciones de temperatura i presion, sin descomponerse, ni solidificarse, cuestion de capital importancia en la materia; son tambien mas baratos pero presentan composicion i propiedades fisicas mui variables, lo que dificulta notablemente su recepcion en grande escala.

Es por esto, que los mejores resultados solo pueden conseguirse con una mezcla de aceites minerales i orgánicos, como los de Galena, compuestos de petróleo, aceite de ballena i óxido de plomo en suspension i en proporecion variable con el objeto a que deben

destinarse i con las circunstancias locales, clima, estacion. Así el aceite Galena para lubricar los cilindros de la locomotora, resiste hasta una temperatura de 300° C. sin descomponerse.

El óxido de de plomo tiene por objeto llenar las asperezas i desigualdades de las superficies metálicas en contacto, disminuyendo así los frotamientos.

Los aceites de Galena son suministrados por la «Galena Oils Company» de Pensilvania, la cual tenia en 1903, a contrata la lubricacion de todos los ferrocarriles de los Estados Unidos, del ferrocarril de Antofagasta, 2 del Perú, una compañía de Cuba, 17 ferrocarriles ingleses, 1 en la India i ademas las C.^{as} Norte i Estado frances.

Segun el último contrato celebrado con los ferrocarriles del Estado frances, dicha Compañía debe suministrarles sus aceites al precio de 7.50 fr. los 1,000 k. recorridos, precio inferior a todos los demas aceites, reservándose el derecho de mantener en aquellos ferrocarriles ajentes para evitar los derroches i practicar estudios sobre la forma en que debe variarse la composicion, segun las circunstancias locales. Como dichos aceites, segun mis informaciones personales tomadas entre los maquinistas, jefes de depósito, etc., han dado en la práctica mui buen resultado, no he vacilado en recomendar su empleo para nuestros ferrocarriles.

Para los aparatos de la via, agujas, puentes jiratorios, enclavamientos, se puede emplear el aceite de Colza en bruto.

Conviene preocuparse igualmente de hacer una instalacion adecuada para recibir i guardar los aceites, de modo a fiscalizar i facilitar las entregas para el consumo. A este respecto, indiqué como mui conveniente la instalacion hecha en el Depósito central de Thouars por los ferrocarriles del Estado frances.

(Continuará)

