

fluencia de la construccion y conservacion de la via en la perturbacion de la marcha regular de las locomotoras.—Influencia de la construccion y conservacion de las máquinas.—Medios propuestos para corregir ó atenuar estos efectos.—Servicio de las máquinas locomotoras.—Su historia.

Segunda parte. Máquinas fijas.—Su aplicacion al servicio de planos inclinados.—Descripcion de estos.—Resolucion de los problemas á que dá lugar su establecimiento.

Tercera parte. Gravedad.—Disposicion de los planos automotores.—Descripcion de estos.—Problemas á que dan lugar.

Cuarta parte. Motores animados.—Su aplicacion á los caminos de hierro.

SEGUNDA SECCION.—VEHÍCULOS.

Consideraciones sobre el material de transporte.—Elementos de que consta.—Clasificacion de estos.

TERCERA SECCION.—TRAZADO.

Consideraciones económicas, políticas, mercantiles y estratégicas, que influyen en la eleccion de un trazado.—Trazado facultativo.—Pendientes.—Consideraciones sobre la eleccion de estas, su distribucion, su influencia en la traccion y limites en los diversos casos, y motores que se empleen; su influencia en los gastos de construccion y explotacion, etc.—Curvas.—Su influencia en casos análogos á los anteriores, condiciones á que debe satisfacer su trazado y medios empleados ó propuestos para facilitar el paso de los trenes por estas.—Ancho de la via.—Su historia.—Dimensiones en los diferentes paises y su influencia en las dimensiones y construccion de las locomotoras y por consiguiente en la traccion.

CUARTA SECCION.—CONSTRUCCION DE LA VIA Y TODAS SUS DEPENDENCIAS.

Terrenos necesarios para un camino de hierro y sus dependencias.

Obras de tierra.—Puentes.—Viaductos.—Subterráneos ó túneles.—Planos inclinados y automotores.—Consideraciones sobre su construccion y eleccion.

Via.—Construccion de la calzada.—Estudio de los diversos sistemas de carriles y cojinetes antiguos y modernos.—Colocacion de la via.—Cambios de via.—Plataformas y carros de cambios de vias.

Estaciones con las diferentes dependencias de estos.—Consideraciones sobre la eleccion de las distintas clases de embarcaderos y su posicion respecto de los centros de poblacion, etc.—Disposicion de los talleres, depósitos y demas dependencias.—Clase de arquitectura que conviene adoptar.—Distribucion y construccion.—Disposicion de las vias y accesorios.

Gastos de establecimiento de un camino de hierro y sus dependencias.

QUINTA SECCION.—CONSERVACION.

Conservacion ordinaria.—Conservacion extraordinaria.—Gastos de conservacion de los caminos de hierro y sus dependencias.

SESTA SECCION.—EXPLOTACION.

Orden de explotacion.—Disposiciones y arreglo del servicio.—Personal de este.—Tarifas de viajeros.—Su determinacion é influencia económica.—Tarifas de mercancías.—Su determinacion é influencia.

SETIMA SECCION.—PROYECTOS.

Trabajos preliminares.—Datos que deben adquirirse.—Orden de los trabajos.—Redaccion del proyecto.—Datos del movimiento probable.—Utilidad probable.—Limite de las tarifas.—Orden de ejecucion de las obras.—Documentos de que consta el proyecto.

OCTAVA SECCION.—DIVERSOS SISTEMAS.

Sistemas atmosféricos de aire dilatado y de aire comprimido.—Comparacion con los caminos de hierro ordinarios.—Estudio del camino atmosférico de San German.—Sistema hidráulico.—Sistema electro-magnético.—Sistema Joffroy.—Sistema Arnoux.—Sistemas propuestos para sustituir al vapor de agua el ácido carbónico, éter, etc., etc.

TELEGRAFIA.

Su historia.—Descripcion de los diferentes sistemas empleados en la telegrafia antes de la aplicacion de la electricidad.—Teoria de la telegrafia eléctrica.—Aparatos.—Aplicacion.—Establecimiento de las lineas telegráficas.—Su disposicion.—Reglamentos y tarifas.

Nota. La parte relativa á la estadística y sistemas de ejecucion se estudia en la clase de economía política, así como en la de derecho administrativo los detalles de la parte reglamentaria y legislativa.—Los detalles de construccion de obras de tierra y fábrica en la clase de construccion.

Las obras que sirven de testo para los caminos ordinarios, son las lecciones manuscritas del profesor sacadas de las diferentes obras y publicaciones, y de observaciones y aplicaciones verificadas en España.

Para los caminos de hierro, el tratado teórico y práctico de máquinas locomotoras de Mr. Pam-bour.—El guia del constructor y conductor de locomotoras de Lechatelier, Flachet, etc.—El tratado de locomotoras de Tredgold.—Clark.—Su obra sobre el material de los caminos de hierro ingleses.—Perdonnet y Polonceau.—Cartera del ingeniero de caminos de hierro.—Obras de Teisserenc y otras varias, y lecciones manuscritas del profesor extractadas de las publicaciones periódicas extranjeras, adicionando los textos con las mas recientes observaciones ó mejoras, y noticias sobre los caminos de hierro de España.

Para la telegrafia el tratado de Moigno.—Breguet y algunas otras memorias y noticias periódicas.

PEDRO CELESTINO ESPINOSA.

DE LOS EFECTOS DEL AGUA DE MAR

EN LOS MORTEROS HIDRÁULICOS Y HORNIGONES.

Los bellos descubrimientos sobre calces hidráulicas, debidos al genio eminente de Mr. Vicat, han

permitido, por la notable economía que han introducido en las construcciones marítimas, desarrollar en una vasta escala esos gigantescos trabajos que el ingeniero admira en los puertos de nuestro vecino imperio.

Pocas localidades, por escasa que sea su importancia, han dejado de participar de las benéficas consecuencias de estos adelantos de la ciencia, creando alguna obra de abrigo en sus radas descubiertas. Juzguese por consiguiente de la alarma que en los ingenieros causarían, en medio de la sorprendente actividad que en 1845 reinaba en el servicio de puertos, los primeros síntomas de descomposición de algunas construcciones ejecutadas hacia pocos años. Las esclusas de la Rochelle y de la isla de Ré; los bloques artificiales del fuerte Boyard y de la punta de Grave, en la embocadura de la Gironda; el dique de San Malo y los hormigones del puerto de Tolon, sufrieron en intervalos muy reducidos, averías de consideración. Estando llamado Mr. Vicat, por sus servicios y experiencias, á ser el gran centro donde se reunían las observaciones de todos los ingenieros en esta materia, de diferentes puntos de Francia le fueron dirigidas muestras de los morteros descompuestos por la acción del agua de mar. Estas mezclas hidráulicas, ejecutadas con sustancias y en dosis, sujetas á las prescripciones del célebre ingeniero, fueron sometidas al análisis químico. Los resultados de esta operación acabaron por introducir el mas completo desconcierto entre los constructores, pues el mismo Mr. Vicat se expresaba en los términos siguientes:

«Estas escepciones, despojando el análisis químico de toda autoridad para fallar con certeza acerca del valor de tal ó cual puzolana, hacen indispensable un llamamiento á la experiencia, y esta circunstancia es tanto mas sensible, cuanto que la experiencia hace esperar amenudo sus decisiones por mucho tiempo. Si la causa que destruye es sencilla y bien conocida en el día, la que conserva es por el contrario, complexa; y hasta que los agentes auxiliares que vienen en su ayuda sean definidos con toda propiedad, el problema de apreciación exacta del valor de un compuesto hidráulico para el agua de mar independientemente de una larga observación, queda sin solución.»

La administración española, á cuyos oídos habían llegado estas noticias, se preocupó de la gravedad del asunto, y por medio de una circular encargó á todos los ingenieros tuviesen en cuenta unos informes debidos á un viagero de confianza, que trasmitiese para el oportuno conocimiento, guardando una prudente reserva acerca de su valor y temiendo sin duda que la primitiva impresión no abultase ó exagerase el mal. Corriendo á la sazón á mi cargo las obras del puerto de Bilbao, procuré seguir paso á paso las diversas fases de la cuestión que presentaba la descomposición de los morteros hidráulicos sometidos á la acción salina del agua del mar.

Este era el único partido que podia abrazar, privado como me hallaba, por falta de recursos, de emprender experiencias en una escala conveniente y sin que hubiese trascurrido el tiempo necesario

para deducir con certeza los efectos de los morteros compuestos con cemento de Zumaya y empleados en las reparaciones del puerto y ría de Bilbao.

Los trabajos que con urgencia reclaman esta localidad, hacían mas imperioso este deber que me impuse en aquella época. Creyendo que los resultados de las experiencias francesas de estos últimos años podrán ser de alguna utilidad á mis compañeros, no he titubeado en darlos á luz, obedeciendo por otra parte á un sentimiento de amor propio que me impulsaba á manifestar que en el distrito de Victoria los ingenieros hacen uso desde hace tiempo, de muchos de los paliativos que aconsejan ahora nuestros vecinos. El mar obra sobre los morteros hidráulicos dinámica y químicamente, distinción que era desconocida hasta 1845. Anteriormente su acción se consideraba limitada á la que producen la fuerza de las olas y la rapidez de las corrientes. Cuando se examine este elemento poderoso de destrucción, exclusivamente bajo este punto de vista, se comprenderá fácilmente que todo compuesto hidráulico recibirá con el tiempo la huella de que no se halla esento el mas duro granito. La conservación mas constante, asidua y escrupulosa, ¿constituye la verdadera garantía de duración para las construcciones espuestas á esta causa de deterioro? ¿Cómo, de otro modo, pudiéramos lisonjearnos de oponer á los embates del mar obras indestructibles, sino luchando diariamente contra los estragos de tan temible elemento?

La acción del agua de mar sobre algunos morteros hidráulicos, es ademas diferente de la del agua dulce, contrariamente á lo que se creía hasta hace pocos años, y de ello es una prueba la recomendación que se hacia de usar del agua salada para las mezclas de las construcciones espuestas al mar, como medio mas ventajoso. Belidor y Smenton, corroboran nuestro aserto en sus obras.

Las investigaciones hechas en el puerto de Tolon en 1845, son las primeras que han demostrado la descomposición de ciertos morteros que por otra parte adquirían sin alterarse en el agua dulce un alto grado de endurecimiento. Las muestras de estos morteros al principiar á desagregarse sus partículas exteriores, han hecho patente que el sulfato de magnesia contenido en el agua de mar, se descompone por la cal que la nueva sal así formada habia robado á la mezcla hidráulica, depositando en cambio la magnesia, que unida á la sílice y alumina, no presentaba mas que un aglomerado sin cohesión.

En el interior de las construcciones, los morteros al descomponerse se ablandan y se hinchan, y por su fuerza expansiva quiebran las mamposterías en todos sentidos, repeliendo aun los paramentos de sillaría. Así, pues, la acción química del agua, independientemente de su fuerza dinámica, basta por sí sola para destruir las obras mas sólidas. El aumento de volumen de los morteros que se descomponen, proviene de la formación de cristales de sulfato de cal y cuando entra en su composición alguna puzolana, la causa debe investigarse en lo descubiertos que se hallan los elementos de arcilla que con el contacto del agua vuelven á adquirir su propie-

dad de absorcion y como consecuencia se dilatan.

Estos efectos de descomposicion, variables segun la naturaleza de las cales ó cementos, exigen en cada caso para su empleo, esperiencias directas. Sin dejarme llevar de una confianza ciega á una suspicacia sin limites, procuraré indicar todas las precauciones que aconsejan los últimos ensayos de Mr. Vicat, escogiendo, como es natural, los cementos que guarden mas analogia con el de Zumaya, usado en este puerto, y cuya descripcion omito por ser ya conocida de los suscritores de la *Revista*.

En los *Anales franceses de puentes y calzadas de 1851*, una memoria del mismo Vicat, despues de confesar un error cometido hacia diez años al tratar de la accion de los cementos sobre las cales grasas, traducida literalmente encierra los párrafos siguientes:

«En el dia se utiliza la actividad de los cementos, no de antemano con la cal en pasta, pero si con el mortero, en el momento mismo de su empleo; con este objeto se prepara este por pequeñas cantidades, manteniéndole un poco mas claro y menos cargado de cal que comunmente; se echan algunas paladas de cemento y se trabaja el todo en junto; como esta operacion se lleva á cabo en algunos minutos, el cemento está aun sin producir su efecto cuando se usa la mezcla.

«Este mortero es muy caro, y por esta circunstancia no hubiésemos pensado en volver á estudiarlo, con el fin de realizar en cal y silicato de alúmina la dosis de buenas cales hidráulicas, si esta condicion hubiese sido de rigor y si varios ensayos no nos hubiesen revelado en los morteros unidos por estas materias, una facultad muy particular de resistencia al agua de mar.»

Al encargarse en 1848 la administracion de obras públicas de un puerto en el que no se conocia mas que por el ejemplo que habia legado el ingeniero Espinosa en la construccion del puente de Isabel II el empleo de morteros hidráulicos, forzoso era recurrir á ensayos repetidos, con tanto mas motivo, cuanto que los presupuestos formados para la reparacion de los muelles de Bilbao, ascendia á una suma respetable que requeria la mas severa economia en medio de la penuria de nuestro tesoro público. Si bien el ejemplo de San Sebastian invitaba á hacer uso de arena para su mezcla con el cemento de Zumaya, las pruebas ejecutadas en este puerto, presentando medianos resultados, forzoso fue desistir de esta idea. Esta especie de anomalía no debe sorprender, atendiendo á que la eleccion de la arena conveniente, segun M. Vicat, es de una estremada importancia para la calidad de los morteros hidráulicos: la de esta ria, fina y pulverulenta, no se presta á una buena combinacion. Asi es que desde un principio, en todos los trabajos del puerto de Bilbao, el cuerpo de ingenieros ha hecho uso de ese mortero que Mr. Vicat recomienda ahora tan eficazmente. Los resultados obtenidos despues de cinco años que se hallan bañados por el mar nada dejan que desear, y para hacerlos palpables se han dirigido recientemente al célebre ingeniero frances algunos ejemplares.

Para dar á conocer el precio y composicion de la

mezcla hidráulica que tan buen efecto ha producido en este puerto, á continuacion detallamos la unidad que ha servido de tipo en uno de los mas recientes trabajos emprendidos:

Vara cúbica de mortero hidráulico.

0,56	v.º c.º de arena á 5 rs. una. . . .	1,80
0,28	» » de cal comun á 1,74 rs. la fanega de 60 libras. . .	12,00
0,56	» » de cemento á 7 ½ rs. la fanega de 130 en abra. . .	25,50
	Extincion de la cal.	1,50
	Manipulaciones.	7,00
	Desperdicios, mermas, herramientas, vigilancia, etc.	4,00
	Total.	51,80

Este mortero se usa solo en hormigones para fundaciones y tomas de juntas ó reboques exteriores. En el interior de las mamposterias la proporcion de cemento disminuye hasta un 20 por 100 en peso, como lo manifiestan los pliegos de condiciones que existen en las obras de la ria de Bilbao. Esta circunstancia ha permitido abaratar considerablemente el costo de las reposiciones de los 15 kilómetros de muelles que se hallan contruidos á una y otra margen del Nervion en términos, que en vez de los millones presupuestados el 31 de diciembre de 1850, quedaban la mayor parte de los trabajos de reparacion concluidos, con los resultados siguientes que hallamos en los *Boletines oficiales* de la provincia:

	Rs. vn.
Cantidad invertida en 1849.	115.545
Idem idem en 1850.	142.018
Total.	255.565

Trabajos ejecutados en 1849.

Pies cúbicos de silleria repuestos. . . .	4.100
» » de macizos de mamposteria con mezcla hidráulica. . .	5.609
» cuadrados de superficie de muelles ripiada y revocada.	254.545
» lineales de hormigon hidráulico. . .	546
» » de losas repuestas. . . .	500

Trabajos ejecutados en 1850.

Pies cúbicos de mamposteria con mezcla comun y cemento. . .	85.755
» » de silleria.	5.627
Paramentos calzados, ripiados y tomas de juntas: pies superficiales. . . .	475.125
Pavimentos reparados; pies superficiales	22.855

El estado de los muelles de la ria de Bilbao en 1848, aparecerá bajo su verdadero punto de vista en los siguientes párrafos de un manifiesto lanzado al público por la junta de comercio de esta villa que se veia privada de sus antiguas atribuciones administrativas:

«En agosto, 1848, llegaron á su colmo la ansie-

dad y zozobra de la junta de comercio. El gobierno de S. M. exclusivamente dedicado á lo que es de presumir, á los espinosos cuidados de la alta gobernacion, se hacia sordo á plegarias que en su situacion reputaria impertinentes. Se multiplicaban sin embargo los hundimientos de los muelles, y acaeci6 uno en el barrio de Olaveaga, de tal entidad, por las consecuencias inmediatas y desastrosas que podian preverse sino se apelaba al instante mismo á un remedio enérgico y eficaz, que alarmada sobremanera la junta, recurrió al jefe político proponiéndoselo.

»Y las olas prosiguiendo en sus estragos por el largo espacio de otros seis meses, han deshecho otros largos trozos de los diques y muelles; y si como es de temer, se descuida este asunto, vital para Bilbao, antes de mucho tiempo veremos completamente cerrado su puerto con los escombros espárcidos de aquellas obras atrevidas.»

El empleo de mezclas con una mínima parte de cemento en el interior de las construcciones, en uso en este puerto, como llevamos dicho, se halla recomendado en 1852 por el ingeniero de Caudenberg, del modo que á continuacion copiamos:

«Un hecho consolador resalta de las noticias publicadas en 1849 por Mr. Vicat y es, que los maticos de mamposteria espuestos al mar, contruidos con morteros hidráulicos muy débiles para resistir á la descomposicion aun despues de su completo endurecimiento, se conservan indefinidamente cuando se hallan protegidos por paramentos de silleria ó de mampuestos apiconados, cuidadosamente unidos en sus juntas por un buen cemento.»

Añadiremos que en los trabajos por mareas es preciso cuidar, como se ejecuta en Bilbao y encarece el precitado ingeniero, calificando de excelente método, de tomar juntas con el cemento no sólo en los paramentos, sino tambien en aquellas partes que han de ser luego cubiertas por las aguas ascendentes.

Tales son en resumen las precauciones que la experiencia, único guia en estas materias, aconseja tomar en los trabajos de mar que se lleven á cabo con el cemento de Zumaya. Al omitir detalles de la fabricacion para los morteros hidráulicos, ahorramos, con intencion, procedimientos muy conocidos, que por otra parte carecerian de aplicacion en muchas localidades en que se hace uso de otros ingredientes.

Mi único objeto, al coordinar estos apuntes, es dar á conocer un procedimiento ya en práctica en este puerto, y que tanto se recomienda en la actualidad en Francia, llamando al propio tiempo la atencion del gobierno de S. M., acerca de la conveniencia de destinar un ingeniero para el reconocimiento de una costa tan rica en caleras que suministran excelentes cementos.

FELIX URAGON

PUENTE PROYECTADO SEGUN EL SISTEMA DE MR. VERGNAIS.

Habiéndose resuelto que se ensaye este sistema en el puente que, en el supuesto de que iba á ser col-

gado, se habia empezado á construir sobre el Pisuer-ga en Valladolid, y aprobado por la junta consultiva del cuerpo el proyecto que hemos tenido el honor de someter á su exámen, lo publicamos sin otra aspiracion que comunicar á nuestros compañeros la idea, tal como la hemos formado, de un sistema que por lo mismo que es tan reciente, que apenas se conoce todavia, hemos procurado estudiar con asiduidad y detenidamente.

Cúmplenos manifestar previamente, que la iniciativa en este asunto, ha partido del escelentísimo Sr. D. José de Salamanca presentando una proposicion que ha sido aprobada.

El puente proyectado consta, conforme se presenta en la lámina que acompaña, de un gran arco escarzano en cada costado, de hierro fundido, y de 106°16', siendo su cuerda 68^m (244 pies), su flecha 17^m (61 pies), su radio 42^m 50 (152 ½ pies), y su rectificacion 78^m 82 (283 pies); tiene sus arranques á 4^m 50 (16 pies) sobre el nivel de las aguas bajas y está contrarestado hácia los riñones por dos arcos botareles tambien de hierro fundido y de igual radio que él, los cuales, hallándose en su mismo plano proyectante vertical, se apoyan en pilastras de 8^m (28 ¾ pies) de altura y 5^m 75 por 4^m 50 (15 ½ pies por 5 ½ pies) de grueso, levantadas sobre los estribos que estaban muy adelantados en su construccion para el puente colgado, y que se aprovechan en el nuevo, reforzándolos por detras con dos contrafuertes de la manera que se indica en el dibujo.

Tanto los dos grandes arcos como los cuatro botareles, están divididos en dovelas de 2^m 90 (10 ¾ pies) de longitud en el sentido del arco, siendo todas iguales excepto las de los arranques que tienen mas anchura en su union con la fábrica para distribuir la presion en mayor superficie.

De estos arcos y botareles, enlazados entre si por la parte interior del puente con arcos trasversales de fundicion, colocados de 7^m en 7^m (25 en 25 pies) está suspendido, por medio de péndolas de hierro maleable, el pavimento de firme de piedra machacada sostenido con armadura de hierro.

Tal es la disposicion general del proyecto; describamos ahora sus detalles que se hallan igualmente representados en la lámina.

Cada dovela se compone de tres piezas longitudinales, dos de las cuales, fundidas bajo el mismo modelo, afectan puestas de canto el arco escarzano; estan aplicadas de plano la una contra la otra, pero queda un espacio intermedio de 0^m 05 (2 pulgadas) para dejar paso entre las dos á las péndolas; su anchura, en el sentido del espresado plano proyectante vertical, es de 1^m 40 (5 pies) y su grueso de 0^m 06 (2 ½ pulgadas), resultando por consiguiente, una cercha de la anchura dicha y de un grueso de 0^m 12 (5 pulgadas) sin contar el espacio intermedio. La tercera es una pieza que está unida por la parte de fuera del puente á esta cercha en la mitad de su anchura formando una superficie cilindrica de generatriz horizontal, cuya anchura, en el sentido de la generatriz, es de 0^m 70 (2 ½ pies) y su grueso 0^m 05 (2 pulgadas); el objeto de ella es dar rigidez á la cercha trasversalmente, asi como