

PRESAS DE TIERRA CON DIAFRAGMAS DE HORMIGÓN ARMADO

La nueva presa destinada al servicio de riegos de Carlsbad (Nouveau-Mexique, E. U.) está construida de tierra y mampuestos; esta obra, que reemplaza la antigua presa destruida por una crecida en Octubre de 1904, tiene 15,25 metros de altura.

La roca se encuentra a una profundidad que varía de 3,50 á 5,75 metros bajo el fondo del río, ó sea por término medio á 19,85 metros bajo la coronación de la presa; ésta contiene un muro central de que estaba desprovista la obra antigua. El muro central es, por otra parte, de uso muy corriente hoy en todas las grandes presas de tierra construidas en los Estados Unidos. El muro de la presa de Carlsbad, que tiene 13,30 metros de altura y se eleva hasta 7,35 metros bajo la cresta, está construida según dos procedimientos diferentes: en la parte reservada de la antigua presa, á fin de evitar la apertura de desmontes profundos que necesitaría la construcción de un muro de mampostería ó de hormigón, se ha construido una pared con hierros en U, embutiéndose los unos en los otros; alrededor se ha construido simplemente un muro de hormigón que tiene en la base 2,10 metros y en el vértice 0,90 metros de espesor.

Por encima de este diafragma, y extendiéndose hasta la cresta de la presa, se coloca una pared de hormigón armado de 0,30 metros de espesor en la base y 0,20 en el vértice. La armadura se compone de barras de acero de 0,012 metros de sección, separadas, de 0,30 metros, tanto en el sentido vertical como en el horizontal.

Los muros centrales impiden la apertura de galerías continuas por los topos y otros animales vivientes en las terreras y se oponen á la formación de drenes debidos á cualquier otra causa.

Es, desde luego, su único objeto, pero no hay que decir que estos muros procuran un aumento de resistencia. Interesa que el muro central tenga cierta flexibilidad á fin de prestarse á los asientos que se producen inevitablemente en las presas de tierra.

Los diafragmas centrales de hormigón armado son de más larga duración que los de madera ó metal. En la presa del depósito de Carite (Puerto Rico) el diafragma de hormigón armado tendrá 0,15 metros de espesor y se extenderá en toda la longitud de la presa que es de 22 metros; la armadura será constituida de barras de 0,012 metros, separadas, de 0,305 metros, tanto vertical como horizontalmente.

Se elevará este diafragma al mismo tiempo que la presa de tierra, sirviéndose de moldes movibles de 0,75 metros de altura próximamente.

Es indispensable que los diafragmas se extiendan hasta la cresta de la presa, porque si un animal abre una galería por encima del nivel normal de las aguas, la ruina de la obra puede resultar en el momento de una crecida.—O.

LA TRACCIÓN ELÉCTRICA EN LOS CAMINOS DE HIERRO DE AMÉRICA

Condiciones generales.—No admite duda que ha cambiado el modo de ser en materia de electricidad aplicada á las grandes líneas de caminos de hierro, desde el Congreso internacional de electricistas celebrado en San Luis en Septiembre de 1904.

La opinión emitida en esta ocasión por M. J. B. Arnold puede considerarse como la expresión del sentimiento general de los electricistas en aquella época.

«Que la electrificación tendrá lugar un día, decía él, no hay duda, pero yo pienso que no será siempre por cuestión de economía ni por el deseo de las Compañías explotadoras el que esto se realice. Se empezará por las partes terminales, y

se hará para activar el servicio ó para responder á las solicitudes de un público cada vez más exigente. Líneas eléctricas secundarias se construirán desde luego, que las Compañías con tracción de vapor se verán obligadas á adquirir para evitar una concurrencia peligrosa. Poco á poco estas Compañías se interesarán también en el empleo de los nuevos métodos. El público, reconociendo las ventajas de la tracción eléctrica, pedirá la aplicación de la electricidad en las secciones interurbanas.

Algunas Compañías principales se verán obligadas á introducir modificaciones; las otras, las que unan las mismas localidades, las seguirán en seguida. Quizás se cuidará de sostener el vapor para el servicio de mercancías, pero las exigencias de la clientela, que ya querrá un servicio de transporte mejor organizado, pedirá una electrificación más completa y el empleo de trenes ligeros y rápidos. Desde este momento, la modernización de los caminos de hierro será un hecho consumado.»

Esta predicción de M. J. B. Arnold, que se podía considerar como optimista, ha comenzado á realizarse más rápidamente aún de lo que este mismo Ingeniero esperaba. Todas las Compañías han entrado por la nueva vía y en ella despliegan una actividad extraordinaria. Una de las pruebas más típicas es dada por el testimonio del Presidente Peters, del Long Island Railroad, según el cual, el capital empleado en las modificaciones terminadas en fin de Diciembre de 1906 en este camino de hierro no fué menor de 500 millones de francos.

Parece, pues, interesante, ya que importantes aplicaciones están en vías de ejecución en Europa, examinar de qué manera son comprendidas las cosas por los electricistas y especialistas de la gran República americana; el problema ha sido aquí objeto durante el año transcurrido de numerosas é importantes conferencias que es instructivo resumir.

De una manera general, las cualidades atribuidas al método eléctrico siguen siendo las mismas que se reconocieron desde un principio; se han mejorado, si cabe, por el perfeccionamiento de la maquinaria, pero sin poder crear otras nuevas. Rendimiento generalmente bajo de los motores, limitación de la capacidad de las calderas, y por tanto de la locomotora, inaptitud para sostener grandes velocidades medias, movimiento pernicioso de galope y de lazo, dificultades para el arranque, conservación costosa; tales son los inconvenientes de la tracción con vapor que los electricistas pretenden suprimir.

Los gastos de entretenimiento de las máquinas motoras eléctricas son mucho menores que los de las locomotoras de vapor; para un tractor de 1.500 poncelets los gastos se elevan, en lo que concierne al vapor, según M. Mursay de New-Haven, á 21,5 céntimos por locomotora-kilómetro para los trenes de viajeros, y á 18 para los trenes de mercancías; según M. Armstrong, de la General Electric Co., ascenderán y llegarán por término medio á 25,75 en la mayoría de las líneas. Ahora bien; en un recorrido de prueba de 165.000 kilómetros, la locomotora de 1.650 poncelets suministrada al New-York Central por la General Electric Co., no ha dado lugar más que á un gasto medio (desgaste de frenos, de bandas, de los motores, etc.) de 1,5 céntimos por milla, ó sean 5 céntimos próximamente por kilómetro. Y eso que la experiencia ha sido hecha con condiciones muy rigurosas; la locomotora tenía que arrastrar trenes de 200-400 toneladas á gran velocidad en una vía de 9-10 kilómetros de longitud, lo que implica un uso rápido, frecuente y perjudicial de los frenos.

Pero donde reside la ventaja esencial de la electricidad, en su aplicación á los caminos de hierro de mucho tráfico, es en la posibilidad de aumentar la capacidad de las líneas por el aumento de la velocidad media, haciendo las paradas más numerosas y los arranques más fáciles y más rápidos. Es esta una cualidad precisa y que pertenece particularmente á los sistemas donde se puede formar convoyes con muchas locomotoras ó automotores, accionados todos desde la caseta de cabeza.

Hay otras ventajas, pero su importancia relativa aun no está bien definida, tales son la reducción en los gastos de conserva-

ción de los carriles y del material móvil y la más completa utilización de los vehículos por la menor frecuencia con que visitan los talleres y su menor inmovilización en ellos.

Como las estaciones y secciones terminales y los túneles son las partes generalmente donde los mayores obstáculos se producen, es por lo que en estas secciones se ha recurrido, en primer término, á la electricidad. Un segundo motivo esencial para emplear este agente es, así como lo ha expuesto M. Lamme, la necesidad de suprimir los humos en los túneles y en el interior y proximidades de las grandes poblaciones.

Mejorar el rendimiento de las vías ha sido el objeto perseguido en la electrificación del camino de hierro aéreo de Chicago, del de Manhattan Island y del camino de hierro de Mersey. Por la misma razón, y sobre todo por consecuencia de prescripciones de policía, se han realizado indudablemente las transformaciones de las líneas que entran en New-York.

Pero aun allí donde no se ha perseguido un fin económico, éste ha resultado en la explotación.

En la estación principal del New-York Central, los convoyes eléctricos de unidades múltiples han aumentado la capacidad en un 33 por 100 por término medio, según M. Wilyns, Vicepresidente de este camino de hierro.

M. Welius estima que la locomotora eléctrica puede hacer un 25 por 100, y más si hay necesidad, y que en el servicio ordinario de viajeros procurará una economía del 16 por 100 en peso.

Las cifras indicadas por M. Mursay para la «New-York, New-Haven and Hartford Railroad», no son menos elocuentes; dichas cifras han determinado un beneficio de 1.835.000 francos.

Un tercer caso de electrificación ha sido examinado en una de las últimas sesiones de la Sociedad americana de Ingenieros por M. Armstrong, que ha insistido en la ventaja que presenta la adopción de la locomotora eléctrica en las líneas de montaña.

En América estas líneas son, generalmente, de simple vía y se explotan con locomotoras de vapor de tipo sencillo. Estas máquinas no dan más que un esfuerzo de tracción relativamente restringido, la velocidad limitada por la capacidad de la caldera depende de la habilidad del fogonero y de la calidad del combustible; varía mucho para los diversos valores del esfuerzo de tracción. En la locomotora eléctrica, por el contrario, sobre todo si es de corriente continua, la velocidad varía poco para esfuerzos de tracción muy diferentes.

M. Armstrong ha establecido una comparación interesante entre una máquina del género considerado y una locomotora eléctrica de corriente continua y de la capacidad correspondiente. Ha encontrado las relaciones de gastos siguientes con dos máquinas del mismo peso y efectuando igual recorrido:

LOCOMOTORA DE VAPOR				
Rampas en céntimos.....	0,5	1,0	1,5	2,0
Carbón.....	0,75	1,275	1,90	2,45
Salarios.....	0,675	1,20	1,80	2,50
Amortización.....	0,525	0,895	1,30	1,80
Totales.....	1,950	3,370	5,00	6,95
LOCOMOTORA ELÉCTRICA				
Rampas.....	0,5	1,0	1,5	2,00
Potencia.....	1,0	1,775	2,525	3,30
Salarios.....	0,36	0,61	0,900	1,20
Amortización.....	0,18	0,31	0,45	0,60
Totales.....	1,54	2,695	3,875	5,10

M. Armstrong estima, en conclusión, que por los recorridos en montaña deberá empezarse la electrificación. Considera

que actualmente la propiedad más notable de la locomotora eléctrica es su gran producción de potencia y su facilidad de dar un esfuerzo de tracción máxima con grandes velocidades; estima, por consecuencia de las paradas forzosas en las estaciones y en las señales, que las locomotoras de vapor ocasionan, para el sostenimiento de las calderas con presión, una pérdida de 180 kilogramos de carbón por hora.

Elección del sistema.—Enunciadas estas consideraciones de carácter general, veamos qué sistema de tracción eléctrica debe, eventualmente, ser preferido.

Dos métodos principales se encuentran actualmente á elegir: la tracción por corriente continua y la tracción por corriente alterna simple.

Los procedimientos mixtos de Vard-Léonard, Heyland, Aunert, etc., y el sistema trifásico, no son admitidos en el Nuevo Continente; al sistema trifásico, se le dirige el serio reproche de exigir el empleo de dos líneas aéreas; se estima que las corrientes polifásicas serían ventajosas si permitieran alcanzar tensiones muy elevadas; pero la proximidad de los hilos y las disposiciones de toma hacen muy difícil el montaje. La tensión de 3.000 volts empleada en la Valteline no parece pueda ser rebasada en la práctica corriente; entre Berlín y Zossen, Siemens et Halske, así como A. E. G. han llegado á 12.000 volts, pero no había en la línea ninguna aguja.

Con la continua, tensiones de 1.500 á 2.000 volts sobre el hilo de la línea son posibles ciertamente; M. Thury ha realizado máquinas que funcionan á 3.000 volts; esta tensión es frecuentemente alcanzada en los Estados Unidos, pero conviene no perder de vista que los aparatos de que se hace uso son aparatos de intensidad constante, en tanto que para la tracción es necesario que sean á tensión constante, lo que complica la construcción; estos aparatos deberán poder marchar con un polo en tierra y el bastidor deberá ser aislado cuidadosamente, lo que podrá dar lugar á perturbaciones muy graves.

Por otra parte, las conmutatrices y los motores generadores se acomodan mal á estas tensiones elevadas; los efectos de los corto-circuitos se acentúan y dan lugar á desarreglos susceptibles de repercutir en las máquinas próximas de la defectuosa; serán además tanto más desastrosos cuanto más frecuentes.

Además, aunque se hiciese práctica, la tensión arriba indicada de 2.000 volts, por ejemplo, no aumentaría sino muy débilmente el límite de distancia susceptible de ser cubierto económicamente por la distribución en corriente continua.

La alimentación directa de los coches con corriente alterna ofrece, por el contrario, un gran atractivo en lo que toca á la utilización de altas tensiones. Gracias á su empleo, la transformación en las subestaciones, doble ó triple con la continua, es simple y efectuada por medio de aparatos estáticos cuyo rendimiento alcanza fácilmente un valor muy elevado.

La corriente alterna presenta, por otra parte, todavía esta otra ventaja de permitir la vuelta en la toma de corriente por hilo aéreo. Los reproches que se pueden formular á cargo del hilo aéreo, compensados por la reducción del precio de la construcción, son menores que aquellos que pueden dirigirse al tercer carril. Los peligros para el personal, los viajeros ó las personas extrañas, en las calles, en los puentes, en los túneles, etcétera, son fácilmente reducidos con los procedimientos de construcción actualmente empleados. La dificultad de aumentar el número de vías de una línea equipada puede ser grande, es verdad; M. Wilyns ha citado como caso notable el de la línea del West-Shore Railroad, donde el empleo del tercer carril garantiza una economía de 3 millones en los gastos de una nueva extensión ó desarrollo de la línea; pero este inconveniente es siempre, al parecer, salvado por el hecho de que, gracias al menor precio del equipo, se puede generalmente con más libertad calcular las instalaciones con un amplio espíritu de previsión. Por su parte, el tercer carril hace la conservación de las vías más costosa y difícil, no está exenta de peligro y complica mucho las agujas. Tampoco es de seguro servicio en tiempos de nieve ó es-

carcha. Las corrosiones electrolíticas son notablemente menores con la alterna que con la continua.

Si es bueno duplicar las fábricas y las líneas para tener toda seguridad en cuanto á la continuidad del servicio, esta precaución es igualmente recomendable con uno y otro sistema.

Se colocan casi siempre las líneas de alimentación en los mismos apoyos que los hilos de toma; según algunos, este método no es admisible; los feeders deberán ser colocados sobre postes especiales; el encauzamiento del hilo del trole, que facilita la localización de los defectos, es una precaución necesaria, pero no suficiente.

En cuanto á la influencia ejercida en las comunicaciones telegráficas y telefónicas no se puede negar la gravedad; los Ingenieros del New-York Haven and Harford Railroad han podido convencerse de ello. Pero cualesquiera que sean los trastornos producidos, ninguno de ellos puede considerarse como un obstáculo á la tracción eléctrica en general, ni á uno ni á otro sistema en particular; son otras consideraciones que las relativas á la técnica de las transmisiones las que se deben tener en cuenta en la elección del método.

La mayoría de las opiniones está hoy día por la corriente alterna simple. MM. Stilwell y Putnam, Ingenieros, Consejeros de New-York; M. Potter, de la General Electric Co; MM. Lamme, Storer y Mc. Clellan, de la Compañía Westinghouse; M. Scott, Ingeniero, Consejero de esta misma Compañía, son los principales campeones; M. Willys reconoce sus distintas ventajas, haciendo resaltar por lo que ha decidido á su Compañía la adopción de la corriente continua, es únicamente la circunstancia de tener en New-York líneas aéreas.

M. Sprague, de la General Electric Co, y el Profesor Steinutz, quedan como únicos defensores de la corriente continua.

Para M. Sprague «el porvenir del sistema con corriente alterna es exclusivamente en las líneas de gran extensión, con un tráfico irregular y poco denso, donde sea suficiente una línea de trole de calidad secundaria que reduzca los gastos de instalación de las centrales y de las estaciones de transformación y que compense el exceso de gastos por el equipo. Fuera de estas líneas, si se considera la tracción en los caminos de hierro de gran tráfico, la superioridad del sistema alterno desaparece, y la del sistema de corriente continua con sus perfeccionamientos se pronuncia más y más».

Hemos tomado nota muy especialmente de la conferencia de M. Sprague, pues tenía anunciada su publicación desde hace muchos meses; era permitido suponer que contendría elementos de apreciación probados. Sin embargo, no es completamente satisfactoria. He aquí la sustancia:

«La cuestión de la potencia disponible es el punto el más importante á considerar en la cuestión de la electrificación; debe ser antepuesta á la cuestión de economía medida por el costo de la energía eléctrica. No hay ninguna línea que haya sido electrificada por otra razón; ninguna Compañía se ha cuidado de sanificar la capacidad de su sistema á la economía en el servicio.

En conjunto, el problema de la electrificación es, pues, más económico que técnico; el éxito de la operación depende de la intensidad de la circulación.

En el examen comparativo de los diferentes sistemas, la primera cosa á considerar es el motor; el conductor de alimentación, y todo lo que con él se relaciona, transmisión y reproducción, le están subordinados.

No es suficiente, aunque esta condición sea esencial, que el manantial pueda hacerse de la capacidad que se quiera, es necesario aún que el motor, además de suprimir las acciones alternativas, tenga una capacidad constante y superior á la del motor de vapor. Esta capacidad se adquiere naturalmente, una vez el límite alcanzado, por la combinación de muchas unidades, motores ó locomotoras.

Cuatro tipos de motores pueden emplearse: el motor polifá-

sico, el motor de corriente alterna simple sin conmutador, el motor de corriente alterna simple con colector y el motor de corriente continua; el primero y el cuarto tienen un par uniforme, el segundo y el tercero un par variable é intermitente; además el alternomotor implica el empleo de un transformador, de donde resulta una reducción de la potencia disponible.

El objetivo principal que se persigue con el empleo de altas tensiones es reducir el precio de los feeders, permitir la distribución de las estaciones, reducir la capacidad de la fábrica y, en el sistema de corriente alterna simple, suprimir los aparatos rotativos en las subestaciones.

El éxito de la corriente alterna dependerá principalmente de la potencia de las locomotoras y coches. Con la frecuencia de 25, la única empleada en América hasta ahora, el alternomotor es inferior al motor de corriente continua; la disminución de la frecuencia aumentará la capacidad para un peso dado, asegurará una más gran libertad en la construcción, aumentará la capacidad del hilo de alimentación y el factor de potencia de la línea y el motor; pero ella arrastrará el empleo de un transformador más pesado, lo que hará perder una parte de la ganancia realizada en los motores. Parece, pues, que el peso de los aparatos de un coche de corriente alterna simple para una capacidad dada es el mismo en un límite bastante extenso de frecuencia. Por otra parte, contra el empleo de bajas frecuencias hay objeciones desde el punto de vista de las turbinas y los generadores.

Su motor actual, no pudiendo ser mejorado, es, pues, cierto que el sistema de corriente alterna simple es completamente inferior al continuo para los servicios densos que exijan velocidades más grandes y un aumento de capacidad.»

En apoyo de su conferencia, M. Sprague presentó diagramas de las velocidades, capacidad y coeficientes comparativos de peso de dos motores de fuerza igual, el uno de corriente continua y el otro de corriente alterna.

M. Storer, sin embargo, hizo constar con motivo de estos ejemplos que el motor continuo considerado era un motor de elección, en tanto que el alternador era uno cualquiera; para una potencia de 55 kilowatts M. Sprague encontró un peso en la continua de 1.580 kilogramos, y en la alterna de 1.900 kilogramos; solamente el último motor con la frecuencia 15 hubiera poseído en realidad una potencia de 70 kilowatts. La Compañía Westinghouse construyó equipos para cuatro motores de corriente continua de 66 kilowatt y pesando 9 toneladas; para corriente alterna con 15 periodos el equipo correspondiente con transformador de aceite para 11.000 volts tiene un peso de 12,5 toneladas; en estas condiciones el consumo de potencia en el trole será la misma para las dos máquinas, pero en la fábrica sería menor para la corriente alterna, que llevará entonces ventaja desde el punto de vista de la potencia y de la economía.

Conclusiones.—De lo que precede resulta que:

- 1.º Hay ventaja económica inmediata en electrificar los caminos de hierro de montaña;
- 2.º La electrificación de las secciones terminales ó en túnel aumenta el rendimiento de estas secciones, y es, pues, de recomendar en las partes de gran movimiento;
- 3.º Las Compañías, en las que el comercio ó las prescripciones de policía obliguen á electrificar el todo ó parte de sus líneas, recogerán de esta modernización ventajas diversas;
- 4.º Cada vez que el uso de un hilo aéreo de alta tensión no esté intervenido, parece conveniente emplear el sistema de corriente alterna simple, que es más económico y que permitirá por sí solo en el porvenir la completa electrificación de las redes;
- 5.º Se podrá, para mejorar todavía las características de este sistema, bajar la frecuencia, si hay necesidad, hasta 15 periodos por segundo.—O.