

Análogamente:

$$Y = - \frac{dV}{dy}$$

$$Z = - \frac{dV}{dz}$$

2.º Que la suma de las derivadas segundas del potencial es nula; es decir, que

$$\frac{d^2V}{dx^2} + \frac{d^2V}{dy^2} + \frac{d^2V}{dz^2} = 0.$$

En efecto, basta tan sólo constituir dicha función; tenemos:

$$\frac{dV}{dx} = -K \sum m (x - \alpha) r^{-5}$$

$$\frac{dV}{dy} = -K \sum m (y - \beta) r^{-5}$$

$$\frac{dV}{dz} = -K \sum m (z - \gamma) r^{-5}$$

de donde

$$\frac{d^2V}{dx^2} = -K \sum m \left[r^{-5} - 3(x - \alpha) r^{-4} \frac{dr}{dx} \right]$$

$$= -K \sum m \left[r^{-5} - 3(x - \alpha) r^{-4} \frac{x - \alpha}{r} \right]$$

$$= -K \sum m r^{-5} \left[1 - 3r^{-2} (x - \alpha)^2 \right];$$

análogamente

$$\frac{d^2V}{dy^2} = -K \sum m r^{-5} \left[1 - 3r^{-2} (y - \beta)^2 \right]$$

$$\frac{d^2V}{dz^2} = -K \sum m r^{-5} \left[1 - 3r^{-2} (z - \gamma)^2 \right],$$

sumando miembro á miembro y teniendo en cuenta la relación $r^2 = (x - \alpha)^2 + (y - \beta)^2 + (z - \gamma)^2$, resulta:

$$\frac{d^2V}{dx^2} + \frac{d^2V}{dy^2} + \frac{d^2V}{dz^2}$$

$$= -K \sum m r^{-5} \left[3 - 3r^{-2} r^2 \right] = -K \sum m r^{-5} [3 - 3] = 0.$$

Según queríamos demostrar. La expresión

$$\frac{d^2V}{dx^2} + \frac{d^2V}{dy^2} + \frac{d^2V}{dz^2} = 0$$

recibe el nombre de ecuación de Laplace por haber figurado en su estudio sobre la atracción universal.

E. HORSTMANN.

A. CASADESÚS.

Alumnos de la clase de Electricidad de la Escuela de Caminos.

INFORME

SOBRE EL ANTEPROYECTO DE FERROCARRIL ELÉCTRICO ENTRE PAMPLONA, ESTELLA Y LOGROÑO, REDACTADO POR LA JUNTA TÉCNICA DE LOS FERROCARRILES DE NAVARRA (1).

Hemos experimentado una verdadera satisfacción al leer el anteproyecto de ferrocarril movido por electricidad entre Pamplona, Estella y Logroño, presentado á la Excm. Diputación por nuestro compañero D. Emilio Azarola; anteproyecto en el que revela su autor mucha laboriosidad y sólidos conocimientos en materia de ferrocarriles, y especialmente en la aplicación de la energía eléctrica á la tracción.

Informar este proyecto es difícil misión; por lo tanto tememos que nuestro trabajo sea deficiente; á pesar de esto manifestaremos nuestra sincera opinión, puesto que la Excm. Diputación se ha dignado pedirnosla.

Empieza el Sr. Azarola, en su luminoso escrito, por explicar con una claridad grande la necesidad que sienten los pueblos de una red de fáciles vías de comunicación, á fin de verter sus productos en los centros comerciales de primer orden, porque es indudable que los que carecen de estos medios, quedándose completamente aislados, no disfrutan de los inmensos beneficios que gozan los que están relacionados con los grandes núcleos sociales.

La misión de proporcionar estos lazos de unión corresponde en este caso concreto á la Excm. Diputación Foral, que es la cabeza de la provincia; por eso, conociendo muy bien los deberes que debe cumplir, hace mucho tiempo que viene estudiando con especial solicitud la manera de resolver este difícil problema.

Se trata luego en el anteproyecto del punto más difícil en materia de ferrocarriles, y es la determinación del ancho de vía que debe adoptarse.

Son tantos los factores que entran en la resolución de este problema y tantas las cantidades desconocidas, que no es posible, en la inmensa mayoría de los casos, determinar á priori la solución mejor; por eso, como dice muy bien el Sr. Azarola, se han sufrido tantos desengaños, á pesar de haberse propuesto soluciones basadas en estudios profundos hechos por eminentes Ingenieros. Nosotros no nos atreveríamos á fijar hoy el ancho que conviene adoptar para la red general de ferrocarriles de Navarra, si sólo nos limitáramos á tomar como base para resolver este punto el coste kilómetro de las obras y la importancia del tráfico probable, porque es evidente, que existen ferrocarriles de un ancho de vía muy reducido que han desarrollado un tráfico verdadera-

(1) Habiendo publicado la Revista, en los números 14, 15 y 16, el trabajo del Sr. Azarola, nos creemos en el caso de dar á conocer á nuestros lectores, para que puedan juzgar por si mismos el pro y el contra de esta interesante cuestión, el adjunto dictamen que acaba de ver la luz pública en Pamplona.—(Nota de la Redacción.)

mente extraordinario. Otra es la causa que indudablemente ha guiado á los que se han ocupado de estos trabajos, para fijar para la red general de ferrocarriles de Navarra el ancho de un metro.

No siendo posible adoptar el ancho de la vía normal por su excesivo coste, de los anchos señalados para los ferrocarriles llamados de vía estrecha ó económicos se ha adoptado el de un metro, como tipo general en los ferrocarriles que hoy se explotan y construyen en España y especialmente en la región del Norte, y adoptar un ancho distinto sería aislar completamente nuestra red general, de la red de las demás provincias.

¿Quién desconoce el grave error que en España hemos cometido al no adoptar el mismo ancho de vía normal que en las demás naciones de Europa? ¿De cuántos beneficios hubieran disfrutado hoy la industria y el comercio si hubiéramos evitado los trashedos en las fronteras? Por esta misma razón, si nosotros al construir la red general de ferrocarriles de Navarra, adoptamos un ancho distinto del que tienen los ferrocarriles de vía estrecha que existen en las provincias de Guipúzcoa, Alava, Vizcaya, Burgos, Santander y Asturias, quedaríamos aislados de ellas. ¿Qué duda cabe, que hallándose hoy en explotación la línea de Oviedo á Infiesto, en estudio la de Infiesto á Cabezón de la Sal, en explotación las de Cabezón de la Sal á Santander, de Santander á Bilbao, de Bilbao á Deva, en construcción la de Deva á Zarauz y en explotación la de Zarauz á San Sebastián, el día que se construya el ferrocarril central de Navarra, de Logroño á Pasajes, pasando por Estella, Pamplona, Santesteban é Irún, puede establecerse una línea directa por toda la costa cantábrica, abriendo así un importantísimo mercado para nuestros productos y ponernos en comunicación con las líneas transversales en explotación de Málzaga á Zumárraga, de Valmaseda á la Robla, provincia de León, pasando por la de Burgos y de las en construcción de Vergara ó Los Mártires por Vitoria á Estella y otros muchos cuyos proyectos están ó aprobados ó en estudio, constituyendo una red general de más de mil kilómetros? ¿Debe en estas circunstancias adoptarse un tipo distinto para el ancho de la vía que el de un metro? Creemos que no.

La ligera reseña que acabamos de hacer del estado de la red de ferrocarriles en las provincias que hemos enumerado, da á conocer un doloroso hecho, y es que la nuestra ocupa en esta materia el último lugar y si no queremos quedar aislados del resto de España, es preciso que se lleven á efecto los proyectos que desde el año 1852 tanto vienen discutiéndose y, por desgracia, hasta hoy sin ningún resultado práctico.

Una vez determinado el ancho de vía que debe adoptarse, propone el Sr. Azárola como procedimiento más económico, utilizar parte de la explanación de la carretera para sentar sobre ella la vía. Respecto á este particular, nos limitaremos á dar á conocer la opinión del eminente Ingeniero Mr. Edmond Roy,

al ocuparse de los ferrocarriles de interés local. Dice este señor: «Se ha presentado la utilización de la explanación de las carreteras, como una solución económica para los caminos de hierro de interés local; á primera vista la idea seduce, pero esta seducción desaparece pronto cuando se examina de cerca. En primer lugar es preciso abandonar la utilización de la carretera en todos aquellos puntos donde su trazado no puede adaptarse al del ferrocarril, limitar la velocidad á cada instante en los cruces de los caminos, al encuentro de un carruaje disminuir la velocidad de marcha y tener constantemente la campana de aviso en movimiento. Desde el punto de vista de la celeridad, no es este un servicio de camino de hierro.

En cuanto á la economía en los gastos de construcción hay bien poca diferencia y aun puede decirse que ninguna. Si se quiere tener un perfil longitudinal en armonía con las condiciones económicas de explotación, será preciso á cada instante rectificar el de la carretera que sigue siempre las ondulaciones del terreno, ó que aun siguiendo la ondulación general del valle, sube y baja con frecuencia los contrafuertes que le contornean y donde los radios de las curvas en muchos casos son demasiado reducidos para un ferrocarril. En estas rectificaciones de perfil había que hacer terraplenes por lo menos en el ancho de explanación que ocupa la vía, y en muchos casos en todo el ancho de la carretera. Si no se rectifica el perfil de la carretera, se tendrá entonces un perfil muy accidentado, con pendientes y contrapendientes frecuentes que hacen que la explotación del ferrocarril, no sólo sea muy onerosa, sino que desaparecen una gran parte de sus ventajas; los cambios bruscos de pendiente son peligrosos, desde el punto de vista de los descarrilamientos, por lo menos en todos los cambios bruscos de dirección.

Además, siempre que el ferrocarril se coloca sobre la explanación de una carretera, el Estado ó la Corporación á quien pertenece obliga á la empresa concesionaria á conservar una zona de carretera por lo menos de unos tres metros. Añadamos á esto el deterioro que sufren los carriles, los asientos desiguales producidos en la vía por la circulación de carros, resultando para la conservación de la vía y por el desgaste de los carriles y traviesas, un gasto mayor que si el camino tuviera una explanación especial sin contacto posible de coches y carros.

En resumen, los peligros permanentes que resultan de la proximidad de la carretera y la vía férrea, la reducción obligada de la velocidad de trenes, las rectificaciones indispensables del perfil longitudinal, para obtener una explotación que ofrezca alguna seguridad, y los mayores gastos de conservación en el caso de dos vías contiguas una de otra, son consideraciones que obligan á abandonar, salvo en casos muy especiales, la solución de utilizar la explanación de las carreteras para los ferrocarriles de interés local.»

Si en esta forma se expresa Mr. Edmond Roy tra-

tándose de ferrocarriles de interés local, no cabe duda, que no puede aceptarse la solución propuesta por el Sr. Azarola para una línea que ha de formar parte de una extensa red de ferrocarriles, y dentro de esta red ha de ser la línea principal que una á Logroño y Oviedo pasando por Pamplona, San Sebastián, Bilbao y Santander, y á la que han de afluir todas las líneas transversales. Ese procedimiento, por regla general, suele adoptarse para los tranvías y no de otra manera puede clasificarse, á nuestro juicio, el anteproyecto; puesto que por la descripción que de él hace su autor es un tranvía eléctrico, análogo al que hoy circula entre Bilbao y Santurce.

Parte Eléctrica.

Al presentar un modelo que pudiera ser posible para el mejor desarrollo del problema eléctrico, se considera que la energía será recogida de la que puede desarrollarse en las cascadas del Río Udaba, á 18 kilómetros de Estella.

Con la competencia de que da muestras el autor en estas cuestiones, no titubea en elegir la corriente trifásica, como más apropiada á la resolución del problema.

De elegir las corrientes alternativas, es indudable que la trifásica presenta las mayores ventajas por la mayor economía de hilo sobre la bifásica, única alternativa que para el funcionamiento de motores, en el actual estado de la práctica industrial, puede compararse con la elegida por el Sr. Azarola. Partiendo, pues, de esta clase de corrientes, elige, dada la exagerada distancia en que se ha de utilizar la energía, una fuerza electro motriz en el origen de 12.000 volts: para poder hacer la distribución con relativa economía, propone que esta energía transmitida á Estella continúe en ambos sentidos á lo largo de la línea, distribuyéndose á 6 estaciones de transformación de corrientes trifásicas en continuas, para la alimentación de los motores de los trenes. Estudia el caso más desfavorable en el supuesto que él se da, de que dos trenes de mercancías se encuentren frente á uno de los centros de distribución para su cruzamiento. Según los números estampados por el autor, dos trenes necesitan 330 kilowatts, y como son dos las secciones, resultan en total 660 kilowatts los que deben utilizarse.

Veamos qué energía, con el sistema preconizado, se necesitará desarrollar en los manantiales de Udaba.

Siendo la tensión de 12.000 volts la que ha de emplearse, se necesitarían utilizar generadores de baja tensión para que por medio de transformadores pueda elevarse al potencial indicado. De estos transformadores, la línea irá á las segundas estaciones de transformación, para rebajar la tensión, á fin de que se empleen en los motores trifásicos, que á su vez moverán los dinamos de corrientes continuas. Dada la distancia á que se encuentran las estaciones de transformación unas de otras, será necesario recurrir al empleo de feeders que, de las dinamos de co-

rrientes continuas, lleven la corriente al hilo del cual se han de tomar los contactos al hilo del trolley y por esta vía á los motores, cerrándose el circuito por los carriles. Resulta, pues, asignando un rendimiento de un 92 por 100 á los generadores trifásicos, un 95 por 100 á los transformadores primarios, un 90 por 100 á la línea que de la estación central va á Estella y demás estaciones de transformación; un 95 por 100 á los transformadores secundarios, un 90 por 100 á los motores trifásicos, un 92 por 100 á los dinamos de corrientes continuas, un 90 por 100 á los feeders y distribución al hilo de contacto y un 80 por 100 para dejar la misma cifra que el autor designa á los motores eléctricos y transmisiones en los coches y vagones; resultará un rendimiento total de

$$0,92 \times 0,95 \times 0,90 \times 0,95 \times 0,90 \times 0,92 \times 0,90 \times 0,80 = 0,445;$$

es decir, que para obtener los 660 kilowatts, será preciso desarrollar en la estación central 1483 kilowatts, esto suponiendo que en la práctica llegue á alcanzarse el alto rendimiento que á todos los organismos hemos asignado.

Ahora bien: en el estado actual de la industria, á la utilización de las fuerzas hidráulicas por medio de turbinas y especialmente las de grandes saltos, no puede suponerse un rendimiento mayor de un 75 por 100; de modo que teniendo en cuenta este factor en el cálculo anterior, resultará que el rendimiento total á lo sumo, podrá llegar á ser de un 33 por 100 de la fuerza que representa el salto de agua. En estas condiciones, ¿no merece la pena de estudiar si industrialmente el verdadero empleo de la fuerza que se dispone es el que se propone?

Para conseguir este rendimiento, se ha obligado á emplear corrientes continuas á 2.000 volts para que directamente se utilicen en motores de 25 caballos, colocados en los coches que aun cuando se construyen para tensiones comprendidas entre 300 y 600 volts, no tenemos noticias que se hayan empleado para tensiones tan altas como la propuesta. Consideremos también que la tensión de 2.000 volts elegida y no empleada hasta ahora como distribución á tranvías, haría muy difícil y hasta peligrosa la explotación. Se comprenden los grandes cuidados que exigiría la vigilancia de esta línea, en la que los carriles constituyen uno de los conductores, para evitar las pérdidas de corriente y fuga entre el hilo del trolley y la tierra.

Estos inconvenientes se evitarían, sin embargo, en parte, si no se proyectaran las estaciones de transformación de corrientes trifásicas en continuas, porque creemos que conservando la estación central la misma diferencia de potencial eficaz que la propuesta, se debieran emplear varios transformadores trifásicos á lo largo de la línea que rebajasen la tensión de 12.000 volts á 500 ó 600, los que se podrían colocar cada 8 kilómetros, por ejemplo; y la misma corriente trifásica empleando dos hilos de trolley y utilizando la tierra como tercer conductor.

Empleando este procedimiento y tomando como rendimientos los mismos que antes hemos expresado, excepción hecha del que se calcula para los feeders, que en este caso no existen por hallarse más próximos los transformadores, y suponiendo de 0,94 en vez de 0,90 el correspondiente á la distribución al hilo del contacto, el rendimiento eléctrico sería

$$0,92 \times 0,95 \times 0,90 \times 0,95 \times 0,94 \times 0,80 = 0,57$$

En cuanto á las ventajas prácticas que de esta solución resultarían, basta expresar que los transformadores que sustituyen á las estaciones rotativas no necesitan ni vigilancia ni empleados especiales que graven los gastos de explotación, y que empleándose la tensión de 500 á 600 volts usual en tranvías, con motores más fuertes que los propuestos, sin colector, la explotación sería mucho más sencilla.

Pero aun en el caso de que por no salirse de la práctica corriente, se desee emplear motores de corrientes continuas en los tranvías, consideramos entonces que una solución más económica que la propuesta por el Sr. Azarola, sería la de emplear francamente la corriente continua, recurriendo al procedimiento de distribución en serie y á intensidad constante, con lo que se obtendría un mayor rendimiento y un menor coste en la línea haciendo uso de generadores de corrientes de 2.000 á 3.000 volts y acoplándose en serie hasta obtener entre los extremos de las dinamos extremas una diferencia de potencial de 16 á 18.000 volts. Es verdad que con este procedimiento no se evitarían las estaciones rotativas, pero la distribución sería más sencilla.

Presupuesto.

El presupuesto aproximado que se presenta se divide en tres partes: 1.º Vía; 2.º Material de tracción, y 3.º Material móvil.

En la primera parte se prescinde en absoluto de las obras que sería necesario llevar á cabo para dejar la explanación de la carretera en condiciones de poderla utilizar para un ferrocarril; teniendo en cuenta lo accidentado de la traza y del perfil longitudinal de la carretera que se propone utilizar, la cantidad omitida sería una partida muy importante del presupuesto.

Muy acertadamente se propone la vía sobre traviesas metálicas, con objeto de dejar más libre paso á la corriente; pero esta ventaja desaparece empleando carriles de 12 kilos por metro lineal: con trenes formados como explica la memoria, á las velocidades que se indican y con la densidad de corriente que forzosamente tendríamos, es indudable que el peso asignado á los carriles es insuficiente. En todos los tranvías eléctricos urbanos se está obligado á emplear carriles de mayor peso, y no sería ninguna exageración el afirmar que en este caso particular debería duplicarse el peso del carril. Aun conservando para este capítulo las demás partidas expresadas en el presupuesto, se ve el aumento importante que deberían recibir las cantidades consignadas.

En la segunda parte, en el material de tracción, se presupuestan postes para 88 kilómetros; es decir, que no se tienen en cuenta los 18 kilómetros que hay entre Estella y la estación central; tampoco se tiene en cuenta esta partida en la línea de cables; lo propio sucede con los feeders que desde las estaciones de transformación alimentan los hilos de los cuales se han de tomar los contactos al hilo del trolley. Pero si á esto se añade que para que pudieran estar cuatro trenes en línea, dos en cada sentido, se debería partir para el cálculo de los hilos, de 1483 kilowatts, se comprende que para la misma pérdida asignada, la partida de hilos sufriría un aumento muy grande en el presupuesto.

Ni para el material eléctrico é hidráulico de la estación generadora, ni para el sinnúmero de obras que deban ejecutarse para el aprovechamiento del salto de aguas de las cascadas del Udaba, se consigna cantidad alguna en el presupuesto.

Del examen que hemos hecho de las partidas que deberían aparecer, hemos adquirido el convencimiento que al hacer el estudio detallado de estas obras el importe total que se obtendría para el presupuesto, por lo menos, sería el doble de la cantidad fijada por el Sr. Azarola.

Sin entrar en otro género de consideraciones y teniendo sólo en cuenta lo expuesto, creemos que la solución propuesta por el Sr. Azarola no es la que resuelve el problema que hace tantos años se viene persiguiendo.

Pamplona 29 de Octubre de 1896.

Á NUESTROS LECTORES

Una sencilla recomendación, que agradecemos, de los Ayudantes y Sobrestantes de la provincia de Avila en favor de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, ha exasperado en tales términos al *Madrid Científico*, dirigido por el Ingeniero de Minas D. Rafael Palacios, y cuyo Redactor Jefe es el alumno de la Escuela de Caminos D. Francisco Granadino, que, en su último número, llega á dirigir groseras ofensas á los Cuerpos de Obras públicas en colectividad.

El prestigio de estos Cuerpos, lo mismo que el del dignísimo Director de nuestra REVISTA, á quien también trata de ofender personalmente, está tan alto que no le afectan esos desahogos tan impropios de una publicación que se titula científica.

SECCIÓN DE NOTICIAS

El próximo pasado lunes tomó posesión de su cargo de Vocal de la Junta Consultiva el nuevo Inspector Excmo. Sr. D. Manuel Aramburu, quedando agregado á la Subdivisión Sur de la sección segunda. Esta queda constituida, y así funcionaba aquel día, en la forma siguiente: Presidente, Ilmo. Sr. D. Luis Sáinz; Vocales, Ilmo. Sr. D. Manuel Ramírez, Sr. don Manuel Cervera, Sr. D. Enrique León y Mesonero,