

2.500 vehículos por día, algunos de peso de 7.500 kilos, el desgaste medio de la superficie de la calzada de granito artificial Soliditit, resultó ser de 1 á 2 milímetros por año». «No se han abierto quiebras ni grietas capilares, y el pavimento ha obrado como una capa impermeable, que ha protegido el subsuelo de la lluvia y del reblandecimiento que se producía con el antiguo sistema de afirmado. En las fuertes heladas ha sido suficiente esparcir un poco de arena sobre el piso, para que los caballos no resbalaran; observándose después que ni aun esta precaución era necesaria. El desgaste superficial del pavimento se ha mantenido tan exiguo». En efecto, del dibujo anejo al informe, resulta que el máximo en los sitios más concurridos es sólo de un milímetro por trimestre, y en los demás trozos de la calzada fué insignificante, habiendo aún puntos en que la delgada costra de cemento puro que se forma, naturalmente, en la superficie cuando se pone en obra el aglomerado de cemento y piedra menuda cuarzosa, había quedado intacta.

El Ingeniero Com. I. Vandome, Jefe del servicio técnico de la provincia de Milán, en donde las carreteras tienen un tráfico extremadamente intenso y pesado, se expresó así en una conferencia dada en el Colegio de Ingenieros (Atti del Collegio degli Ingegneri et Architetti di Milano, 1914):

«Podrán interesar á los colegas unas pruebas del pavimento formado con granito machacado en menudos pedazos y un cemento especial, llamado Soliditit, del cual tiene la patente la Sociedad de los Portland Casalesi. Este cemento posee propiedades físicas y químicas bastante distintas de las del cemento Portland usual en el comercio, y ofrece tal resistencia al paso de las ruedas de los vehículos que su desgaste es igual al del granito.»

«Uno de los experimentos fué hecho en Septiembre de 1913, y el otro en Marzo de 1914. Después de 6.000 pasadas de la rueda normal, del peso de 100 kilogramos por centímetro de llanta, lo que corresponde al tránsito de 710 bestias de carga por día, esto es, al movimiento que se verifica en un camino de tráfico muy importante, la profundidad media de la rodada resultó ser de 1,6 milímetros. Después de 16.000 pasadas de la misma rueda, la profundidad llegó á 3,8 milímetros, lo que es casi insignificante para una vía de tráfico sumamente pesado é intenso». «Además, con el auxilio de un dinamómetro registrador se determinó el coeficiente de tracción, que era de 1/60, término medio, de la carga arrastrada; y se observó que un caballo de 500 kilogramos de peso, en el momento del arranque con un carro de 3.700 kilogramos podrá hacer un esfuerzo de 400 kilogramos, sin dificultad alguna, por agarrar firmemente la herradura sobre el piso».

**Conclusiones.**—Las conclusiones á que se llega son las siguientes:

a) En los experimentos hechos en el extranjero, especialmente en los Estados-Unidos desde hace varios años, y en los más recientes efectuados en Italia, los resultados han sido uniformemente en extremo satisfactorios todas las veces que se empleó un aglomerado de piedra menuda cuarzosa y de cemento especial con alta proporción de sílice, como lo es el llamado Soliditit, hasta ahora el más rico en este elemento y el único capaz de producir una verdadera adhesión química entre los componentes, formando así una especie de granito artificial.

b) En los ensayos de laboratorio realizados por el profesor Guidi con objeto de comparar este granito artificial con las buenas piedras naturales, se ha reconocido la gran resistencia que ofrece este aglomerado, ya sea á la tracción ó á la compresión, ó bien al desgaste.

c) En las pruebas de plazo largo, verificadas por los Ingenieros Vandome y Riviera en vías de tráfico intenso y pesado,

han sido ampliamente confirmados los buenos resultados de laboratorio; y el hecho que en muchas ciudades de Italia, en Roma y Milán especialmente se están ejecutando importantes aplicaciones de este tipo de pavimento, es la mejor demostración del favorable juicio de los Ingenieros de puentes y caminos acerca de sus condiciones.

En resumen, es un sistema conveniente para vías de intenso tráfico, que satisface, con menor coste, todos los requisitos incompletamente cumplidos por otros tipos más caros; que es más barato que el pavimento de asfalto ó de madera, de los cuales reúne todas las ventajas, sobre todo la de poder ser reparado fácilmente como aquél, y ninguno de los defectos, especialmente en tiempo húmedo; y que tiene duración más larga, en buen estado de conservación, que los demás sistemas. Merece, por consiguiente, se dé á conocer á los técnicos y que su ensayo se extienda.

DR. ING. LUIS LUIGGI,

M. Inst. C. E., Inspector general de puentes y caminos,  
Profesor en el Real Politécnico de Roma.

## Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

### DISCURSO DE D. JOSÉ ECHEGARAY

EN LA RECEPCIÓN DEL

#### NUEVO ACADÉMICO D. AUGUSTO KRAHE

(CONTINUACIÓN)

Todas las raíces de una ecuación, que admitiendo el caso más general podemos suponer que sean imaginarias, y si algunas no lo son lo mismo da, porque lo particular está comprendido en lo general, pueden suponerse representadas por afijos, ó sea por puntos determinados en un plano, que, para abreviar, puede llamarse el plano de Cauchy.

Estos puntos determinarán un polígono de tantos lados como unidades tiene el grado de la ecuación. Pero mientras el problema no se resuelva, ni se conocerán dichos puntos, ni se conocerá el polígono.

Poco importa, porque de las propiedades de éste y utilizando los coeficientes de la ecuación, pueden deducirse determinados puntos, que para darme á entender con claridad llamaré *puntos característicos*; y estos puntos podrán determinarse, y deberán determinarse, como antes dije, si el método ha de ser eficaz, por medio de los coeficientes de la ecuación dada, que son cantidades conocidas; en suma, estos puntos característicos se fijarán mediante ecuaciones de grado inferior al de la propuesta ó que sean casos particulares fáciles de resolver.

Así, en la ecuación de segundo grado puede conocerse directamente por el segundo coeficiente de la ecuación el *punto medio* del segmento de los afijos, que será punto característico para esta ecuación.

Y en la ecuación de tercer grado podrán deducirse dos puntos de los que he llamado característicos, y que Neuverg llama centros isodinámicos.

Y en las ecuaciones armónicas del grado  $n$  es también fácil obtener *dos de estos puntos*, que designa el autor citado con idéntico nombre, con el de centros isodinámicos.

Y en las ecuaciones de cuarto grado, por fin, será fácil hallar *tres puntos* característicos, que son los puntos de Miquel, y que se obtienen por una ecuación de tercer grado.

Con lo cual hemos pasado de los puntos desconocidos á puntos conocidos en número inferior. Pues apóyase en éstos el señor Krahe por transformaciones geométricas perfectamente determinadas y sumamente sencillas, como son traslaciones, inversiones, giros y transformaciones de homotecia, cambia aquel polígono de los afijos en otro elemental, todavía desconocido, que será en las ecuaciones de segundo grado el conjunto de dos puntos simétricos respecto al origen, y en las de tercer grado serán los tres vértices de un triángulo equilátero, y en las armónicas del grado  $n$  se habrán convertido en los vértices de un polígono regular, y en las ecuaciones de cuarto grado en los vértices de un polígono correspondiente á una ecuación recíproca.

Nada más elemental, y agreguemos nada más ingenioso: nada que hable más y con más elocuencia al sentido geométrico.

El método, en pocos términos, se condensa; casi en tres:

- 1.º Determinación de los puntos característicos.
- 2.º Transformaciones elementales que son de primer grado, enteras ó fraccionarias; y
- 3.º Resolución de una ecuación binomia ó recíproca.

Y este método geométrico da sentido, da significación y firmeza y rumbo seguro al método analítico, porque cuando se aplican las transformaciones analíticas sabemos de antemano, que han de ser eficaces y conocemos el término á que hemos de llegar: de otro modo iríamos transformando la ecuación á la gracia de Dios y á lo que resultase.

El procedimiento del nuevo académico, sólo con lo que precede, se comprende que puede ser fecundo, y, además, por él se da fuerza intuitiva á los métodos históricos de este problema.

\*\*\*

Amplíemos las anteriores consideraciones con un ejemplo:

En el orden analítico, las ecuaciones de quinto grado se han resuelto por funciones elípticas, y entre todos los métodos que siguen esta orientación, podemos citar uno, el de Halphen.

A la manera que muchas ecuaciones se reducen á ecuaciones binomias, que es como decir á la división del período trigonométrico, ó sea de la circunferencia, en partes iguales, las ecuaciones de quinto grado pueden hacerse depender de la división de los períodos de las funciones elípticas en cinco partes iguales, ó sea de la ecuación elemental que determina esta división del período. Y puede conseguirse esta dependencia por una serie determinada de transformaciones; mas por ingeniosas que sean, ¡qué largas!, ¡qué enojosas!, ¡qué áridas para el principiante..... y aun para el que, sin ser principiante, tenga en Matemáticas sentido artístico de orden y armonía!

Cuando estas transformaciones alcancen una significación geométrica, como en el método del Sr. Krahe, todo este problema se iluminará, por decirlo así, al destello de una idea superior.

Ya el Sr. Krahe tenemos entendido que trabaja en este nuevo y arduo problema.

\*\*

Y con lo dicho pudiéramos terminar, en rigor, este discurso; pero los trabajos del Sr. Krahe son tan interesantes, son tan sugestivos, que una idea llama á otra, y el horizonte se ensancha, y no quisiera terminar mi tarea sin apuntar, siquiera sea de paso, algunas consideraciones que me ocurren.

Más de un crítico descontentadizo, que no sería crítico de pura raza si no lo fuese, pudiera decirnos al Sr. Krahe y á mí, que en esta materia por pecador me confieso, que al fin y al cabo este problema de resolver ecuaciones es un problema de importancia muy relativa y de puro alarde matemático.

El que así piense se equivoca, no de medio á medio, sino de

entero á entero; porque la resolución de las ecuaciones es un problema de inmensa importancia, no sólo en la ciencia pura, en la que hay también otros problemas que por otras relaciones se expresan, sino muy principalmente en la Física matemática, en la Física experimental, y, además, en todas las ciencias de aplicación, y, por lo tanto, en toda la industria.

Las ecuaciones expresan acaso más de la mitad, y digo la mitad por decir algo, de toda la ciencia matemática; y se desarrollan en serie que no acaba y que cada vez se eleva á términos de mayor complicación y sublimidad. Empezando por las sencillísimas ecuaciones de primer grado; elevándose á las de grado superior; pasando al campo sin límites de las ecuaciones trascendentes; saltando á otra región aún más extensa, la de las ecuaciones diferenciales; dilatándose en época moderna hasta abarcar las nuevas teorías de las ecuaciones integrales, como, por ejemplo, la de Fredholm, en que ya no basta con que estén complicadas las incógnitas y los datos con relaciones algebraicas, ó trascendentes, ó diferenciales, sino que aquellas incógnitas y sus derivadas mismas aparecen bajo el signo integral: sólo con esta enumeración tendría yo infinitos espacios que recorrer. Pero aquí pongo término, no porque termine la materia ó porque haya llegado al límite del horizonte, que á este límite no se llega nunca, sino por no hacer interminable el recuento y no fatigar con exceso la atención con que me honran mis oyentes.

(Continuará.)

## Canal de Aragón y Cataluña

NOTA DE

D. RAFAEL DE LA ESCOSURA

Ingeniero de la explotación

QUE REDACTÓ CON MOTIVO DE LA VISITA EFECTUADA Á DICHAS OBRAS POR LOS QUE ASISTIERON AL I CONGRESO NACIONAL DE RIEGOS

### Historia.

Los primeros estudios técnicos de este canal datan del año 1783, en que D. Manuel Inchausti los comenzó, presentándose ya, en 1806, un proyecto completo suscrito por D. Francisco Rocha.

El año 1834 se otorgó una Real cédula para la construcción del canal, que entonces era de navegación; pero á pesar del sin número de beneficios que se le concedían no pudo realizarse la obra, y en el 1864, el Ingeniero Barry presentó otro proyecto, ya de riego, que fué aprobado; pasando la Sociedad que se formó para su ejecución varias vicisitudes, sin conseguir ningún fin práctico ni ejecutar más que obras aisladas; tanto que, en 1896, el Estado tuvo necesidad de incautarse de la obra y ejecutarla por su cuenta, quedando terminada, salvo revestimientos y obras auxiliares en 1909, siendo Director el Ingeniero D. R. Inchaurreandieta; sin embargo, los beneficios se empezaron á notar desde 1906, pues el agua comenzó á darse por tramos sucesivos, á medida que se fueron terminando obras, para que el país recibiera cuanto antes las ventajas del riego.

### Traza del canal.

En la escarpada vaguada del río Essera, á 5 kilómetros de su desembocadura en el Cinca y enclavada en el término de La Puebla de Castro, está situada la presa; de ella arranca el canal