

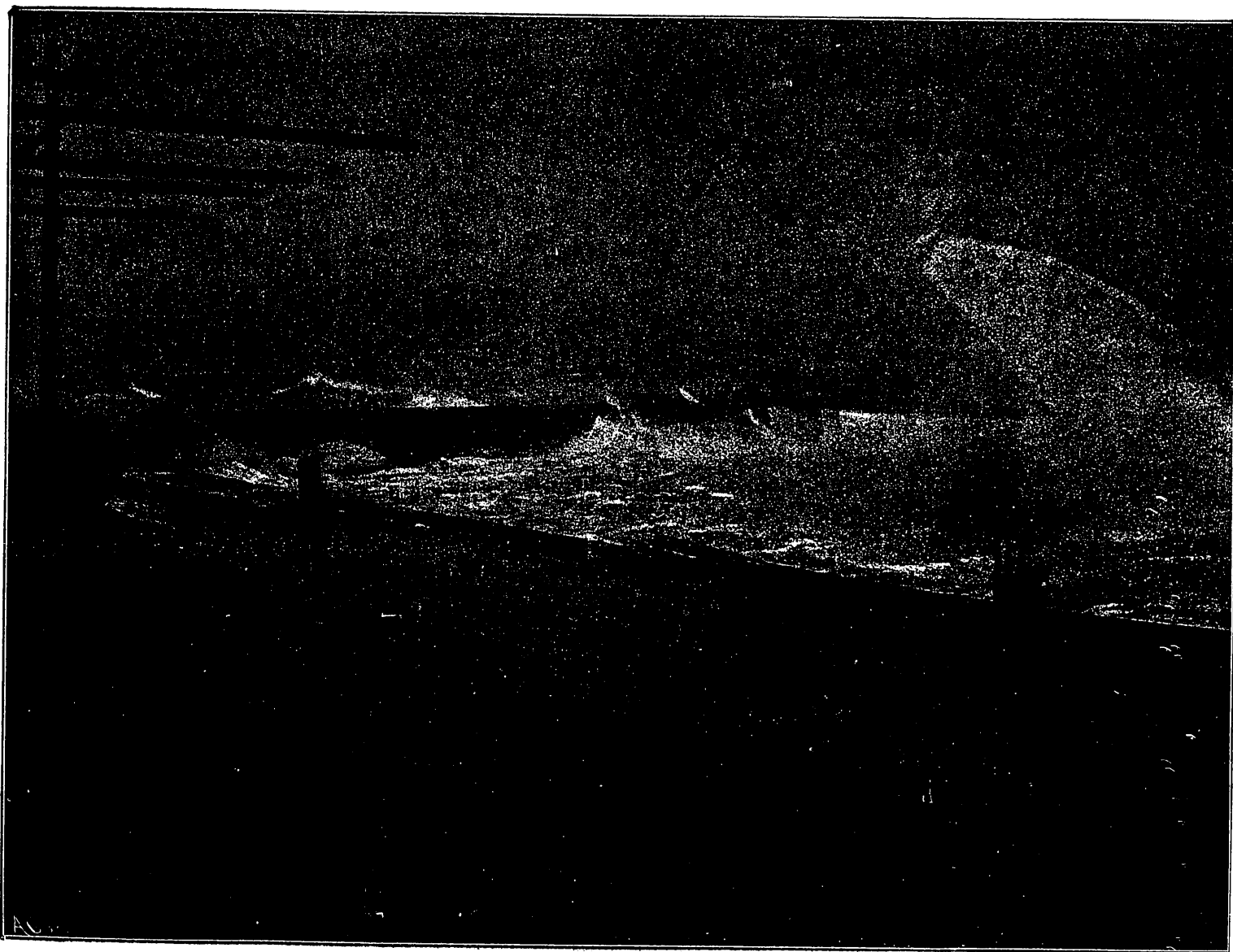
REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactor-Presidente (interino). D. Antonio Morales Amores, Ingeniero Jefe de primera clase del Cuerpo.
Redactores..... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
 D. Luis Gaztelu, Profesor de la Escuela de Caminos.
 D. Manuel Maluquer, Ingeniero del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores..... Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral.



Puerto de la Luz (Gran Canaria).—Temporal del 26 de Diciembre último.

NOTA SOBRE EL EMPLEO DEL PLANIMETRO

EN LAS

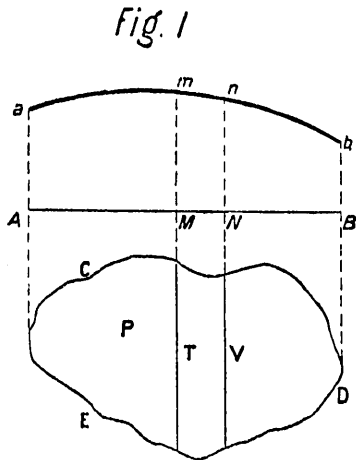
operaciones de cubicación y distribución de los movimientos de tierras.

Conocidas son de todos las ventajas que los planímetros, especialmente los de aquellos sistemas cuya mayor precisión y más cómodo manejo tranquilizan al operador sobre la probabilidad de un gran error relativo, pueden

reportar en las operaciones de medición de los perfiles transversales; pero, á nuestro entender, dicho instrumento es susceptible de aplicaciones más extensas en las tan prolijas como inevitables operaciones de la cubicación de tierras, especialmente combinando su empleo con los procedimientos de representación y cálculo gráfico, hasta el punto de poder constituir dicha combinación un sistema completo de cubicación y distribución, que puesto en parangón con el numérico, había de llevarle segura ventaja; llevar al ánimo de nuestros compañeros el convencimiento

que tenemos de este aserto es el objeto de las presentes líneas.

Supongamos un sólido cualquiera P (fig. 1.^a) cuya proyección sobre el plano del dibujo tiene por contorno la línea CDE, cortado por dos planos T, V perpendiculares á una línea, base de operaciones, AB situada en dicho plano;



en los puntos M y N en que los planos TV cortan á AB levantemos dos ordenadas Mm y Nn que representen las superficies de las secciones de P por T y V en una escala convenida; llamemos s á la longitud representativa de 1 metro cuadrado en dicha escala y l á la longitud representativa de 1 metro lineal en la escala en que esté dibujado P; si suponemos conocidas las áreas de las secciones de P por todos los planos paralelos á TV comprendidos entre A y B, el lugar geométrico de los puntos mn será una curva $amnb$ que llamaremos curva de las áreas; un punto m de dicha curva tiene por ordenada $mM = Ss$ siendo S el número de metros cuadrados de la sección por el plano T y por abscisa $AM = Ll$ siendo L la longitud AM expresada en metros.

El área MmnN tendría, pues, por expresión

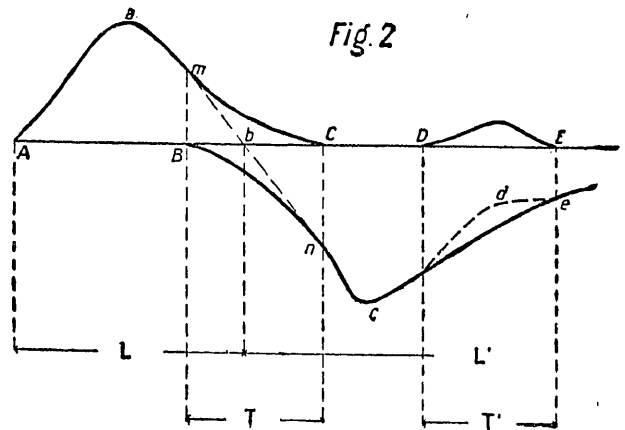
$$\text{área MmnN} = \int_M^N Ss d(Ll) = sl \int_M^N SdL = s \times l \times \text{vol (TV)}$$

el área es, pues, proporcional al volumen comprendido entre los planos T, V en el sólido P; el área representativa del volumen de 1 metro cúbico es el rectángulo $s \times l$.

Para cubicar el sólido P seguiremos, pues, el procedimiento siguiente: hallaremos las secciones del mismo por una serie de planos paralelos no sólo lo más numerosos posible, sino lo mejor elegidos que se pueda para que los puntos mn que á ellos correspondan puedan ser los vértices de un polígono inscrito en la curva ab que coincida sensiblemente con ella; trazaremos luego con las escalas de longitudes y áreas convenientes la figura $AabB$ en la que las ordenadas mM , nN representan las áreas, medidas con el planímetro, de las secciones halladas antes; por último, trazada aproximadamente la curva de las áreas, mediremos con el planímetro la superficie $AabB$ que en la escala especificada más arriba nos dará el volumen que se busca.

Apliquemos esto al caso de la explanación de un camino tomando para base de operaciones el eje de dicha explanación que, según costumbre, supondremos, para los efectos del movimiento de tierras, rectilíneo y horizontal, y convengamos en afectar las áreas en desmonte y en terraplén de signos distintos, considerando, por ejemplo, á los

desmontes como positivos; llevaremos, pues, según lo expuesto más arriba, sobre una recta AE (fig. 2) las distan-



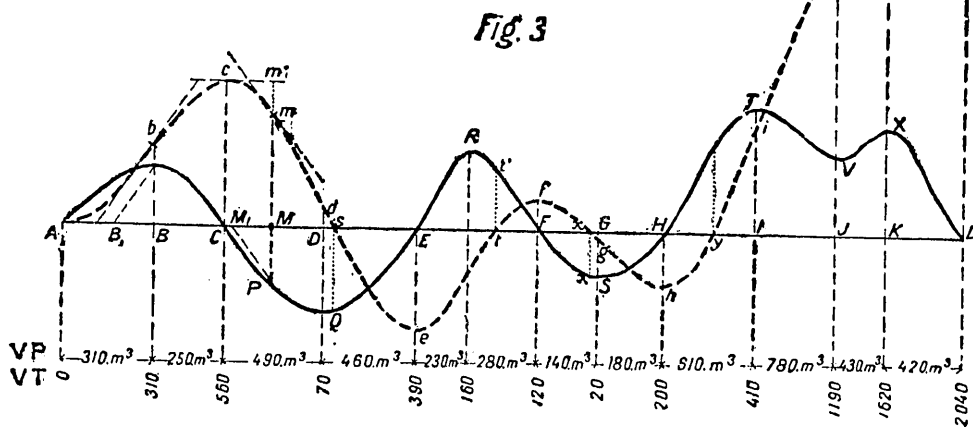
cias de los perfiles transversales y en cada punto tomaremos una ordenada que en la escala convenida representa el área de dicho perfil, llevándola hacia arriba si se trata de un desmonte, y hacia abajo si se trata de un terraplén; la línea poligonal así obtenida, lo mismo que la curva verdadera de las áreas, no es en este caso una curva continua; habrá algunos trozos como el BC y el DE en que por ir el trazado en ladera la curva será doble. Para hallar el volumen había que medir con el planímetro el área comprendida entre estas curvas y la base; como no puede hacerse la operación de una sola vez parece lo natural dividir el trayecto en desmontes y terraplenes sucesivos, que se subdividirían á su vez en trozos si su extensión lo exigiera; las aplicaciones sucesivas de la curva de las áreas recomiendan, sin embargo, un procedimiento diferente:

Si en cada punto de los comprendidos entre B y C tomamos una ordenada igual á la suma algebraica de las de las curvas mC y Bn obtendremos otra curva mbn , formándose así una curva única $Aambncde$ desde el origen al extremo del trazado, que se podría llamar *de las áreas transportables*; la superficie de la figura mbc , que es igual á la de Bbn , representa el volumen de tierras que no se transporte á lo largo de la línea y que es conveniente medir y consignar aparte: el área encerrada por la curva $Aabc$ queda dividida naturalmente en desmontes y terraplenes sucesivos, que se medirán separadamente, sin perjuicio de subdividirlos para comodidad en el manejo del planímetro y de acuerdo con las operaciones que iremos detallando en lo sucesivo; las indicaciones necesarias en este dibujo, aparte de las distancias horizontales y valores de las ordenadas que no es indispensable colocar aquí porque han de constar en otros lugares, son dos series de números deducidos con el planímetro; una representada por las letras LL' en la figura que represente los volúmenes con transporte longitudinal, y otra representada por las T, T' ... que representa los volúmenes con transporte transversal; al hallar los volúmenes totales de desmonte y terraplén deberán contarse estos últimos dos veces, una entre los primeros y otra entre los segundos (1).

(1) Las curvas de las áreas coinciden en definitiva con el perfil gráfico núm. 1 del formulario vigente para la redacción de proyectos de carreteras; la interpretación, sin embargo, es diferente: se considera generalmente dicho perfil como una *representación* gráfica de la cubicación hecha de antemano numéricamente, mientras que la curva de las áreas constituye un *procedimiento* de cubicación completamente independiente del número, con el cual compete ventajosamente mediante el empleo del planímetro.

Ocupémonos ahora, terminado ya lo relativo á la cubi- cación, de la distribución de las tierras: entre los diversos métodos propuestos para resolver este problema, ninguno tan fácil y cómodo y al mismo tiempo tan claro y preciso como el de Bruckner, basado en el empleo de una curva cuya ordenada en cada punto es la suma algébrica de los volúmenes desde el origen, contando á los de desmonte como positivos y á los de terraplén como negativos; sien- do el procedimiento de sobra conocido y constando en va- rios lugares su descripción (1), nos limitaremos á estudiar el modo más sencillo de obtener la curva de Bruckner po- niendo de manifiesto una vez más las ventajas del planí- metro.

Sea (fig. 3) ANQRSTL la curva de las áreas transpo-



CQD, etc., obteniendo así otros tantos volúmenes parcia- les que constan en la figura con la indicación VP; hare- mos las sumas algebraicas desde el origen, obteniéndose así otra serie de números, que constan en la figura bajo la indicación VT y que serán las ordenadas de los puntos principales de la curva de Bruckner, los cuales trazaremos

haciendo uso de una escala convenien- te: claro está que si dos puntos de or- denada nula como el F y el H, estuvie- ran muy próximas, podría suprimirse por innecesario el punto principal inter- medio correspondiente al S, y del mis- mo modo, si alguna de las figuras, como la CDQ, resultasen muy grandes para hallar su superficie de una vez con el planímetro podría dividirse en dos, adoptando un punto principal inter- medio correspondiente al M aunque no fue- se punto singular de la curva que se busca.

Para determinar la curva entre dos puntos como A y c, cuyas tangentes son horizontales, puede no ser suficien- te el punto de inflexión b por descono- cerse la importancia de la flecha en los segmentos Ab, bc; para precisar más podríamos encontrar dos puntos auxi- liares, por el procedimiento que deta- llaremos, comprendido cada uno en uno

de aquellos segmentos, pero es preferible y mucho más sencillo determinar la tangente en b: si llamamos l, s, v, á las longitudes representativas de un metro lineal, un metro cuadrado y un metro cúbico y L, S, V, á los números expresados en metros, que midan la distancia AB, la su- perficie BN y el volumen Bb, la inclinación de la tangente que buscamos será

$$i = \frac{dVv}{dLl} = \frac{Sv}{l} = \frac{BN}{\frac{ls}{v}}$$

recordando que $V = \int sdL$; la longitud $\frac{ls}{v}$ depende sólo de las escalas adoptadas y será la misma para todo el di- bujo; llevando esta longitud á BB₁ uniendo el punto B₁ con el N y trazando por b una paralela, tendremos la tan- gente que se buscaba.

Con lo dicho hasta aquí tenemos elementos suficientes en general, para trazar la curva de Bruckner por trazo continuo con una precisión más que suficiente para el ob- jeto que se persigue y con mucho menos trabajo que si nos empeñásemos en determinar directamente muchos puntos de ella; puede ser necesario, sin embargo, hallar algún punto además de los principales, y en ese caso bus- caremos, no su ordenada directamente, sino su diferencia con la del punto principal más próximo; así si se busca el punto m, hallaremos el área CMP, que nos representará en la escala adoptada la diferencia de Mm y Cc; tomando esta diferencia en m'm tendremos el punto buscado; to- mando MM₁ = BB₁, uniendo M₁ con P y trazando una pa- ralela por m tendremos la tangente correspondiente; los números de estas operaciones auxiliares no necesitan figu- rar en el dibujo definitivo.

tables; sabemos que la ordenada Mm de la curva de Bruc- kner en un punto M será la suma algebraica de los volú- menes representados por las áreas comprendidas entre la curva ANP y la base AM, afectada de los signos corres- pondientes; la obtendremos, pues, en este caso, hallando las áreas ANCA y CMPC y restando una de otra: esta operación, repetida para los puntos que conceptuásemos necesarios para determinar la curva, constituiría un méto- do para trazarla, pero no el más conveniente ni el más có- modo; es sabido que una curva empírica, como las de que aquí nos ocupamos, se determina mucho mejor por algu- nos puntos bien elegidos, que por muchos puntos tomados al azar, y en este caso podemos aprovecharnos de la cir- cunstancia de ser la curva de las áreas, ya conocida, la curva derivada de la de Bruckner, lo que nos permite sa- ber de antemano dónde estarán los puntos singulares de ésta, puntos que nos conviene determinar preferente- mente.

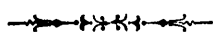
Así, pues, á los puntos C, E, F, en que la curva de las áreas pasa por cero, corresponderán puntos máximos ó mínimos de la curva de Bruckner, y á los N, Q, R, máxi- mos ó mínimos de la primera, corresponderán en la segun- da otros tantos puntos de inflexión; estas dos series de puntos nos servirán de base para el trazado de la curva, por lo que los llamaremos en lo sucesivo puntos principa- les. Dividiremos, por consiguiente, la línea AL en trozos por los puntos BCDE..... á que corresponden ordenadas máximas, mínimas ó nudos, en la curva de las áreas, ó mejor dicho, á la línea poligonal aproximada que la susti- tuye, mediremos con el planímetro las áreas ABN, BNC,

(1) V. Henry.—Theorie pratique des mouvements de terre, Paris (Gauthier-Vi- llars), 1893 (Encyclopedie des travaux publics fondée par M. M. C. Lechalas.)

Hemos concluido con el trazado de la curva de Bruckner, pero antes de terminar debemos mencionar aún otra aplicación importante del planímetro: si, para mejor sencillez, suponemos que la línea de compensación coincide con la base AL, habrá compensación entre los puntos t y x ; la distancia máxima será tx ; el volumen transportado Ff , la suma algebraica de los productos de los volúmenes por la distancia, vendrá expresada por el área tfx , y la distancia media se obtendrá, por consiguiente, midiendo con el planímetro la superficie de tfx y dividiendo el resultado por la ordenada Ff ; esta distancia media es la distancia entre los centros de gravedad de $t'F$ y $Fx'x$ que se encuentra fácilmente así sin necesidad de determinar previamente dichos centros de gravedad.

ANTONIO PRIETO Y VIVES.

Valladolid, Enero de 1899.



LOS FERROCARRILES DE AFRICA (1)

V

AFRICA OCCIDENTAL

Siguiendo la marcha que nos hemos impuesto en nuestra rápida excursión alrededor del Africa, tócanos hoy bordear la costa occidental y terminar la serie de ferrocarriles expuesta en los artículos precedentes, con los que pertenecen á la región bañada por el Atlántico. Hace poco más de quince años, no había aún sonado en ella el silbido de la locomotora; hoy se explotan millar y medio de kilómetros, y de seguir en auge el movimiento que ahora vuelve á iniciarse, no es aventurado asegurar que se duplicará esa cifra antes de que transcurran los tres primeros lustros del siglo venidero.

Fracasado el proyecto del transafricano portugués de Angola á Mozambique, por la convención de Junio de 1891 que cedió á Inglaterra los vastos territorios, interpuestos á modo de cuña entre las dos importantes colonias de nuestros vecinos, han tenido éstos que reducir su intento á proporciones más modestas y contentarse con otra empresa, aún no desarrollada en toda su amplitud; nos referimos al ferrocarril de Ambaca, que parte de San Pablo de Loanda y del cual sólo se explotan 308 kilómetros de los 365 que debe contar el trazado completo. Lo empezó en 1888 una Compañía portuguesa con la garantía, por parte del Gobierno, de un 6 por 100 de interés para el capital de construcción, y á causa de la feracidad de la comarca que atraviesa, centro principal del cultivo del café, su tráfico no carece de importancia, habiendo excedido de 2.600 pesetas el producto por kilómetro durante el último ejercicio. Buena parte del personal, tanto técnico como administrativo, está formada por los españoles residentes en la colonia, y según tuvimos ocasión hace pocos meses de oír á algunos de ellos, la buena marcha del negocio invita á la empresa á una próxima prolongación de la vía hasta Kassange, y á la creación de varias ramificaciones (de Calumguembo á Zeuza, de Cassoaballa á Don-

do, etc.), que darán en total un desarrollo de más de 200 kilómetros á la longitud que actualmente está en explotación.

Se ha tratado también de establecer otras dos líneas desde Benguela y Mossamedes hacia el interior, pero la que parece próxima á llevarse á cabo es la recientemente proyectada entre el puerto de Lobito y Cobongo, para cuya construcción se ha constituido un sindicato Anglo-alemán con la probable intervención de los belgas. Los estudios están ya terminados y comprenden un trazado de 450 kilómetros dividido en dos secciones; la primera de O. á E. y la segunda de S. á N. con su punto de unión en Caconda.

El país que ha de recorrer la nueva línea produce caucho en abundancia, es apropósito para la cría de ganado y tiene además mucha riqueza minera, circunstancias todas no despreciables para la compañía concesionaria, que, como primera providencia, ha pedido al Gobierno portugués el derecho de explotar todas las minas que encuentre en el camino, cinco millones de hectáreas para sus operaciones comerciales á un lado y otro de la vía y un tanto por ciento sobre la renta aduanera del puerto de Benguela. Piensa además el sindicato emprender la mejora del puerto de Lobito y organizar una flotilla de vapores entre éste y los demás de la costa de Angola. Y en cambio de todas estas concesiones ¡ofrece transportar gratuitamente á los viajeros y material afectos al servicio del Gobierno lusitano!

La extensa red hidrográfica del Congo superior, navegable en una longitud de cerca de 18.000 kilómetros y separada de la región costera por 32 rápidos que se despeñan entre gargantas infranqueables, ha hecho concebir á los belgas vastos proyectos de ferrocarriles para poner en rápida comunicación con el mar los puntos extremos de la cuenca.

Entre todos ellos el más importante y de necesidad más imperiosa para el comercio, es el que en Julio último se abrió al servicio público ante el Gobernador del Congo y las representaciones oficiales del rey Leopoldo, soberano del Estado independiente, del Gobierno belga, de la Compañía constructora y de ocho naciones europeas invitadas al acto (1). Como de él hemos prometido ocuparnos más extensamente en estas columnas nos limitaremos por ahora á una somera noticia.

En 1887 la *Compañía comercial é industrial del Congo* emprendió los estudios, y una vez terminados, se hizo cargo de la construcción otra Sociedad, que, con el nombre de *Compañía del camino de hierro del Congo* fué constituida en Bruselas en Junio de 1889. Diez años han durado las obras y en 16 de Marzo del que acaba de transcurrir surcó la locomotora por vez primera las arenosas planicies del Stanley-Pool. La línea parte de Matadi, á 140 kilómetros de la desembocadura del Congo, se desarrolla sobre la margen izquierda del río y mide 388 kilómetros hasta Dolo y 398 hasta Leopoldville. Se ha escogido la vía estrecha de 0^m,75 de separación entre carriles; se han gastado en la construcción 65 millones de francos, y el producto obtenido durante el mes de Diciembre último excede de un millón trescientos mil. ¡Hermosa cifra, que consolará seguramente á los que tantos sacrificios se han

(1) Véase el número 1.216.

(1) Alemania, Austria-Hungría, España, Francia, Inglaterra, Italia Portugal y Rusia.