

## CONCLUSION

De lo expuesto en las líneas anteriores puede colegirse que la minería no entra por mucho en la riqueza del Distrito ni éste tiene mucho que esperar de sus minas de oro y plata. Si los depósitos de carbón llegan a encontrarse y son tan abundantes como lo indican sus riegos, serán una riqueza muy apreciable el día en que su proximidad a una vía férrea les dé salida a los lugares de consumo o puedan reemplazar a la leña en la población.

La industria manufacturera de la cual deriva el Distrito sus mayores entradas es la que está más difundida y provee a las necesidades de la gente pobre. Se fabrican por término medio unos 240,000 sombreros de paja al año que valen en oro \$ 240,000 más o menos; el número de fabricantes asciende a unos 4,500 de los cuales el 80% son mujeres.

En cuanto a productos agrícolas el café se ha extendido mucho de algunos años a hoy, y en el año pasado la producción se calculó en 50,000 @. Hay más de dos millones de árboles sembrados y quedan aún muchos terrenos propios para su cultivo. No hay en el Distrito trilladoras y esto podría ser una empresa que podría montarse fácilmente, bien empleando la energía eléctrica de la planta o alguna de tantas caídas de agua.

El trigo se está cultivando mucho en las tierras frías y obtiene fácil venta en el molino de la Cascada del vecino Distrito de Sonsón a donde va casi todo el que se produce.

Hubiera deseado terminar esta monografía con un estudio estadístico del Municipio, pero como este ramo está muy imperfectamente organizado en el Departamento de Caldas los pocos datos que encontré estaban muy incompletos y con muchas anomalías. Por este motivo hube de prescindir de tal estudio para no exponerme a sacar conclusiones erróneas que podrían ir en perjuicio de los intereses de la población.

## RADIO TERRESTRE

## E INTENSIDAD DE LA GRAVEDAD EN MEDELLIN

## QUE SE ENTIENDE POR PAJA DE AGUA

(Estudio hecho para el Concejo Municipal de Medellín.)

El Sr. Presidente del Concejo Municipal tuvo a bien consultarnos sobre el método mejor para medir unas pajas de agua pertenecientes al Distrito, lo que nos indujo a estudiar el problema con alguna detención; pero al encontrar la dificultad de no conocer para esta localidad algunas constantes de frecuente aplicación en los cálculos, nos propusimos determinarlas analíticamente, con la esperanza de que los resultados que hallemos puedan ser verificados prácticamente más tarde, y lleguen así a ser datos importantes para los Ingenieros de esta sección de la República. Los principales de dichos datos son el valor del radio terrestre en Medellín, y la intensidad de la gravedad, o sea el valor de  $g$ , en el mismo lugar.

## Radio terrestre en Medellín.

La tierra es un esferoide aplanado, esto es, un sólido de revolución en que una sección meridiana es una elipse cuyo diámetro conjugado es el eje de la tierra.

La latitud astronómica de un punto de la tierra es el ángulo que hace una normal que pase por dicho punto, con su proyección sobre el plano del ecuador, lo que equivale a decir que es el ángulo que hacen la normal de la elipse de la sección meridiana con su eje transversal.

En lo que sigue usaremos la siguiente notación:

$a$ —diámetro ecuatorial de la tierra,

$b$ —diámetro polar de la id.,

$R$ —radio de la tierra en Medellín,

$l$ —latitud de Medellín.

Según Bessel,

$a$ —6377397.15 metros,  $\log. a$ —6,8046434637

$b$ —6356078.96 metros,  $\log. b$ —6,8031892839

También tenemos para la latitud de Medellín

$$l = 6^\circ - 8' - 16'', \text{ log. tang. } l = 9.03155426.$$

La ecuación de la elipse es

$$a^2 y^2 + b^2 x^2 = a^2 b^2 \dots \dots \dots (1)$$

y la de un diámetro cualquiera que pasa por un punto cuya latitud es  $l$ , es

$$y = \frac{b^2}{a^2} \text{ tang. } l x \dots \dots \dots (2)$$

Combinando estas dos ecuaciones, se halla para las coordenadas  $(x', y')$  del punto de intersección

$$x' = \sqrt{\frac{a^4}{a^2 + b^2 \text{ tang.}^2 l}} \dots \dots \dots (3)$$

$$y' = \sqrt{\frac{b^4 \text{ tang.}^2 l}{a^2 + b^2 \text{ tang.}^2 l}} \dots \dots \dots (4)$$

Luego

$$R = \sqrt{x'^2 + y'^2} = \sqrt{\frac{a^4 + b^4 \text{ tang.}^2 l}{a^2 + b^2 \text{ tang.}^2 l}} \dots \dots \dots (5)$$

Para convertir esta fórmula en otra que pueda resolverse por logaritmos hagamos

$$\sqrt{a^4 + b^4 \text{ tang.}^2 l} = a^2 \text{ sec. } K, \text{ de donde}$$

$$\text{tang. } K = \frac{b^2}{a^2} \text{ tang. } l \dots \dots \dots (6)$$

$$\text{y } \sqrt{a^2 + b^2 \text{ tang.}^2 l} = a \text{ sec. } P, \text{ de donde}$$

$$\text{tang. } P = \frac{b}{a} \text{ tang. } l \dots \dots \dots (7)$$

Luego

$$R = \frac{a^2 \text{ sec. } K}{a \text{ sec. } P} = \frac{a \text{ cos. } P}{\text{cos. } K} \dots \dots \dots (8)$$

Para hallar a  $K$  tenemos,

$$\begin{aligned} 2 \text{ log. } b &= 13.6063785678 \\ \text{log. tang. } l &= 9.0315542600 \\ 2 \text{ cop. log. } a &= 6.3907130726 \\ & \underline{\quad \quad \quad} \\ & -20 = \underline{\quad \quad \quad} \end{aligned}$$

$$\text{log. tan } K = 9.0286459004$$

$$\text{de donde } K = 6^\circ - 5' - 49''.6, \text{ log. cos } K = 9.997536388$$

Para hallar a  $P$  tenemos

$$\begin{aligned} \text{log. } b &= 6.8031892839 \\ \text{log. tang. } l &= 9.0315542600 \\ \text{comp. log. } a &= 3.1953565363 \\ & \underline{\quad \quad \quad} \\ & -10 = \underline{\quad \quad \quad} \end{aligned}$$

$$\text{log. tang. } P = 9.0301000802$$

$$\text{de donde } P = 6^\circ - 7' - 2''.7, \text{ y log. cos. } P = 9.997519879.$$

Para hallar a  $R$  tenemos, aplicando la fórmula (8),

$$\begin{aligned} \text{log. } a &= 6.8046434637 \\ \text{log. cos. } P &= 9.9975198790 \\ \text{comp. log. cos. } K &= 0.0024636120 \\ & \underline{\quad \quad \quad} \\ & -10. \end{aligned}$$

$$\text{log. } R = 6.8046269547$$

de donde,

$$R = 6377154 \text{ metros.}$$

Esto quiere decir que si Medellín estuviera al nivel del mar, su distancia al centro de la tierra serían

$$6.377,154 \text{ metros.}$$

**Intensidad de la gravedad en Medellín.**

La intensidad de la gravedad, o sea el valor de  $g$  en cualquier punto de la tierra, puede hallarse experimentalmente contando el número  $(n)$  de oscilaciones que un péndulo de longitud  $(r)$  hace en  $t$  segundos; pues la Mecánica da la fórmula

$$g = \frac{9.8696 n^2 r}{t^2} \dots \dots \dots (1)$$

Hay que observar que  $r$  es la distancia del centro de suspensión al de percusión del péndulo.

Llamando  $g'$  la intensidad de la gravedad al nivel del mar en un punto cuya latitud es  $l$ , Weisbach da la fórmula

$$g' = 9.8056 (1 - 0.00259 \cos. 2 l) \text{ metros} \dots (2)$$

Sonnet da

$$g' = 9.781031 + 0.050057 \text{ sen.}^2 l \dots (3)$$

La fórmula de Weisbach da para Medellín, donde  $l = 6^\circ - 8' - 16''$

$$g' = 9.780785 \text{ metros}$$

La de Sonnet da  $g' = 9.781603$  íd.

Adoptando el término medio tenemos

$$g' = 9.781194.$$

El Dr. Ruperto Ferreira halló para Bogotá por un procedimiento análogo

$$g' = 9.7812$$

Llamando  $H$  la altura de Medellín sobre el nivel del mar, y sabiendo que  $H = 1502$  metros, tenemos, que como la intensidad de la gravedad varía en razón inversa del cuadrado de la distancia

$$g : g' :: R^2 : (R+H)^2$$

Por consiguiente,

$$\log. g' = 0.9903918360$$

$$2 \log. R = 13.6092539094$$

$$2 \text{ comp. log. } (R+H) = 6.3905415840$$

$$-20 = 20.$$

$$\log. g = 0.9901873294$$

de donde sacamos,

$$g = 9.776589 \text{ metros.}$$

En los cálculos se aplica con frecuencia el valor  $\sqrt{2g}$ , por lo cual lo determinaremos.

$$\sqrt{2g} = 4.422897, \log. \sqrt{2g} = 0.645608643$$

¿Qué se entiende por una paja de agua en Medellín?

Con frecuencia hemos hecho esta pregunta, sin que hasta ahora hayamos obtenido una respuesta completamente satisfactoria. Comúnmente se dice que es la cantidad de agua que sale por un orificio de 12 líneas de Burgos de diámetro, bajo una presión 2 pulgadas, o sean 24 líneas; pero la cantidad de agua que sale varía considerablemente, según se disponga el agujero, esto es según que esté practicado en una lámina muy delgada o en una que tenga algún espesor, caso en el cual el agua puede considerarse saliendo por un tubo corto, lo que varía las condiciones del problema, como lo demostraremos adelante.

Asumiendo las dimensiones estipuladas, y considerando que el agujero está practicado en una lámina muy delgada, propongámonos averiguar qué volumen de agua saldrá por dicho orificio en 24 horas.

La vara de Burgos tiene 432 líneas y es igual a 0.835906 metros (1). Por consiguiente,

$$1 \text{ línea de Burgos} = 0.001935 \text{ metros.}$$

$$12 \text{ — — — } = 0.02322 \text{ —}$$

$$24 \text{ — — — } = 0.04644 \text{ —}$$

La Hidráulica suministra la siguiente fórmula:

$$q = 86400 n a \sqrt{2 g h} \dots (1)$$

en que

$q$  = volumen en metros cúbicos en 24 horas,

$n$  = coeficiente que se determina prácticamente,

$a$  = área del orificio en metros cuadrados,

$g$  = intensidad de la gravedad en metros,

$h$  = altura en metros del centro del orificio a la superficie tranquila.

Analíticamente hemos hallado el valor de  $g$  en Medellín y hemos encontrado:

$$g = 9.776589 \text{ metros.}$$

Determinemos primero el valor de la expresión

$$q' = 86400 a \sqrt{2 g h} \dots (2)$$

(1) Véase Contador Práctico.

y después discutiremos el valor de  $n$ , y tendremos en cada caso:

$$q = n q'$$

En el caso presente.

$$a = 0.00042346, \quad \log. a = 4.6268143$$

$$\sqrt{2} g = 4.421897, \quad \log. \sqrt{2} g = 0.6456086$$

$$h = 0.04644, \quad \log. \sqrt{h} = 1.3334461$$

$$\log. 86400 = 4.9365137$$

$$q' = 34.864, \quad \log. q' = 1.5423827$$

Luego:

$$q = 34.864 \text{ metros cúbicos.}$$

Weisbach da cuando el diámetro del orificio es 2 centímetros

y  $h = 0.6$  metros,  $n = 0.621$ ,  
y cuando  $h = 0.25$  metros,  $n = 0.629$ .

Por consiguiente,  $n$  aumenta a medida que  $h$  disminuye, y para el caso presente tomaremos  $n = 0.63$ .

Luego,

$$q = 0.63 \times 34.864 = 21.964 \text{ metros cúbicos.} \dots (3)$$

Si el orificio, en lugar de ser en una lámina delgada, es un tubo corto cilíndrico de una longitud de  $2\frac{1}{2}$  ó 3 veces su diámetro, el valor que generalmente se toma para  $n$ , cuando  $h$  es de 3 a 20 pies ingleses, es

$$n = 0.815;$$

pero este coeficiente aumenta a medida que  $h$  disminuye, y Buff halló para  $h = 1\frac{1}{2}$  pulgadas inglesas

$$n = 0.855$$

Además,  $n$  disminuye cuando el diámetro del orificio aumenta, de modo que Weisbach halló para valores de  $h$  entre 0.23 y 0.6 metros los siguientes valores de  $n$ :

DIÁMETRO EN CENTÍMETROS	1	2	3	4
VALORES DE $n$	0.843	0.832	0.821	0.810

Considerando estas circunstancias creemos prudente adoptar el siguiente valor para  $n$ ,

$$n = 0.84.$$

Luego,

$$q = 0.84 \times 34.864 = 29.286 \text{ metros cúbicos.} \dots (4)$$

valor que es como la tercera parte mayor que el del caso anterior.

En Francia la antigua pulgada de agua (*pouce d'eau*) corresponde a 19.1953 metros cúbicos; pero Prony ha establecido una nueva pulgada de agua que consiste en el volumen de este líquido que sale en 24 horas por un tubo cilíndrico de 2 centímetros de diámetro, 17 milímetros de largo y una presión de 4 centímetros, lo que da 20 metros cúbicos de agua en 24 horas.

Sería demasiado conveniente que la Municipalidad estipulara de una manera terminante qué debe entenderse por una paja de agua, y al efecto nos atrevemos a emitir algunas ideas por si llegaren a ser útiles para ilustrar esta importante cuestión.

Adoptando en parte las ideas de Prony, llamaremos una paja de agua la cantidad de este líquido que sale en 24 horas por un tubo cilíndrico de metal de 2 centímetros de diámetro y 5 de largo, colocado horizontalmente de modo que su centro quede cinco centímetros debajo del nivel del agua tranquila. Este tubo puede fácilmente colocarse en un tablón común de 5 centímetros de grueso y la cantidad de agua que sale por él en 24 horas está comprendida entre 21.87 y 22.24 metros cúbicos, según que se tome para  $n$  el valor de 0.815 ó 0.84; y para el efecto de la medida de agua estipularemos que una paja son 22 metros cúbicos de agua en 24 horas, lo que es un término comprendido entre los dos anteriores, y seguramente muy próximo a lo que hoy se denomina una paja de agua, sin que realmente se sepa cuánto es.

Si el tubo, en lugar de ser cilíndrico tuviera otra forma, el valor de  $n$  cambiaría considerablemente.

**Modo de medir el agua de un arroyo pequeño.**

Para resolver este problema indicaremos dos métodos principales, que son:

1<sup>er</sup>. *Método.*—Se construye una caja de madera de dimensiones convenientes y de capacidad fácilmente determinable, y se hace llegar a ella toda el agua del arroyo hasta que la llene a una altura determinada. Si se observa con cuidado el tiempo transcurrido es fácil averiguar por una proporción la cantidad de agua que pasa en 24 horas, siempre que se conserve un régimen uniforme.

Este método exige que la caja sea muy bien construída para que el agua no se salga, para lo cual lo mejor sería forrarla con una lámina metálica por dentro. También es preciso disponer la operación de modo que toda el agua, sin que se pierda nada, entre en la caja.

2<sup>o</sup>. *Método.*—Se hace en el arroyo un pequeño receptáculo que puede ser una caja sin fondo de madera, en donde pueda conseguirse que el agua llegue tranquila, o sea, sin corriente.

Para la salida del agua se hace en la tabla del frente de la caja una muesca rectangular, cortando la tabla a bisel hacia afuera, para que la abertura de salida presente al agua una arista delgada. La muesca debe tener de largo la tercera parte del ancho del arroyo, poco más o menos, y ocupará el tercio medio. Detrás de la muesca, y a unos 7 decímetros distante de ella, se clava en el fondo una estaca con un clavo en el extremo, hasta que la cabeza de éste se encuentre al mismo nivel que el borde de la muesca, lo que se prueba por medio de una regla y un nivel de albañil. Hecho esto se deja salir el agua por la muesca, cuidando de que todo el líquido pase por ella y no filtre nada por debajo o por los bordes, los que deben cuñarse muy bien con greda. Cuando el agua haya adquirido un régimen regular se mide con una regla la altura  $h$  en metros de la cabeza del clavo a la superficie del agua tranquila. Si se representa por  $l$  el largo de la muesca en metro, el volumen de agua en metros cúbicos que pasa por segundo lo da la fórmula

$$q=0.407 \ l h \sqrt{2 g h} \dots \dots \dots (1)$$

en que 0.407 es el coeficiente fijo que da d' Aubisson y  $g=9.776589$ , como antes.

Si se multiplica el resultado por 86400 se obtendrá el número de metros cúbicos de agua que pasa en 24 horas, el cual, dividido por los que corresponda a una paja (nosotros usaríamos 22) dará el número de pajas que tiene el arroyo.

Medellín, Marzo 19 de 1894.

FABRICIANO BOTERO,  
Ingeniero civil.

## RESUMEN DE ACTAS

26 DE JUNIO DE 1917

*No se acepta un curso de las Escuelas por correspondencia.*—Solicitó el Sr. David Arango R. que se le diera como ganado el curso de Vías de Comunicación por haberlo hecho en las "Escuelas por correspondencia" y le fue negada su solicitud con la aprobación de la moción siguiente: "El Consejo reglamentariamente no puede rebajar ninguno de los cursos que se exigen para optar un grado en la Escuela ni admitir cursos de la carrera hechos en otros Establecimientos".

*Nombramiento de Profesores.*—Para dictar las clases de Cálculo Infinitesimal y Mecánica Analítica fue nombrado, interinamente, el Profesor D. Antonio Villa en lugar del anterior, D. Luis Uribe Piedrahita.

*Sobre algunas asignaciones.*—Se aprobó la siguiente proposición: "El Consejo asigna para el pago de las dos secciones de Geometría y Trigonometría, que se dictan actualmente en la Escuela, la suma de sesenta pesos oro. El Sr. Vicerrector distribuirá estas asignaciones dentro del Presupuesto Nacional con las rebajas que en éste existen, y el complemento para esta suma y para pagar el valor de la clase de Contabilidad Industrial, por veintiocho pesos mensuales, se tomarán del auxilio departamental".

6 DE AGOSTO

*Sobre un grado.*—Se consideró la solicitud del Sr. Joaquín Caicedo sobre estudio de su tesis y fijación de fecha para el examen y se resolvió lo siguiente: "Por cuanto el Sr. Secretario informa que el Sr. Joaquín Caicedo ganó en la Escuela todos los cursos reglamentarios para recibir el título de Ingeniero Civil, comisionase al Consejero Dr. Jorge Rodríguez para que estudie la tesis que presenta sobre el punto que le había señalado el Consejo, y si el infor-