Aurelio Puelma

Ensayo de la aplicación de la fórmula del profesor Colson al control de los costos de la construcción de pavimentos.

I.—Consideraciones generales

En la construcción de obras públicas se oye con frecuencia a los contratistas de las obras quejarse de los bajos precios del contrato con relación a los imprevistos que han encontrado al realizar los trabajos en el terreno, llegando muchas veces a solicitar un aumento de los precios o la resolución del contrato a fin de poder evitar las pérdidas que les originaría la continuación de la obra.

La Inspección Fiscal muchas veces se encuentra sin medios apropiados para poder controlar la veracidad de los reclamos y peticiones de los contratistas.

El presente trabajo tiene por objeto ensayar un sistema de control de los costos unitarios y totales sucesivos de la construcción de un pavimento y en consecuencia determinar si el contratista tiene pérdidas o ganancias.

Considerando la construcción de pavimentos como una industria en que los gastos totales pueden dividirse en gastos fijos independientes de la cantidad producida y en gastos variables con la cantidad producida, es posible aplicar los principios de Colson, profesor de Economía Política de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussees.

En nuestro caso el contratista de la obra es el productor de los metros cuadrados de pavimento que debe vender a precio fijo a un solo comprador que es el Fisco.

Entonces, es lógico estudiar si el precio a que compra el Fisco al contratista la producción, deja una ganancia razonable a este último o bien pérdidas que afecten la correcta terminación de la obra y el cumplimiento del contrato.

II.—Diagrama de los costos de producción y del precio de venta

La fórmula de Colson es:

$$p\,m = c + g\,m \quad (1)$$

p=costo total de cada unidad
m=número de unidades (metros cuadrados) producidas
c=Parte fija de los gastos totales independiente de la cantidad producida.
gm=Parte de esos mismos gastos totales que puede considerarse proporcional a la cantidad producida.

Dividiendo ambos términos de la ecuación por *m*, (cantidad producida)

$$\text{tenemos } p = g + \frac{c}{m} \qquad (2)$$

En consecuencia, *el precio de costo total* consta de una parte constante g independiente de la cantidad producida y de una parte variable que proviene de dividir los gastos fijos por el número de unidades producidas.

El coeficiente g se denomina *precio de costo directo.*

La fórmula (1) es la ecuación de una hipérbola equilátera que tiene por asíntotas el eje de los *p* y una recta paralela al eje de los *m* trazada a la distancia g de esta última.

Para una determinada cantidad de metros cuadrados de pavimento producido, los gastos totales están representados en el gráfico por la superficie O H K E que consta del rectángulo.

$$O\,B\,D\,E = g\,m.$$

y del rectángulo

$$B\,H\,K\,D = c$$

que es de superficie constante.

Se puede observar en el gráfico que, si la producción de metros cuadrados de pavimento, llega a colocarse en la parte de la curva M N en que esta se acerca a su asíntota vertical, el precio de costo total de esa unidad será independiente de la cantidad producida.

Como el contratista productor de pavimento tiene un comprador a precio fijo que es el Fisco, la *curva de la demanda* queda representada en este caso por la recta H F que denominaremos: *línea de precio de venta al Fisco.* Consideraremos 3 casos:

1.° Si esta línea queda comprendida entre el eje vertical de los *m* y la línea del costo directo, el contratista tendrá pérdidas de consideración.

2.° Cuando la línea del precio de venta queda comprendida entre la línea del costo directo B L y la curva del precio de costo M N, el contratista recupera los gastos directos, pero no alcanza a cubrir la parte c»rrespondiente a los gastos generales fijos.

3.° Si la línea del precio de venta al Fisco corta en un punto a la curva de los precios de costo, el contratista tendrá pérdidas para la cantidad de producción comprendida entre la asíntota de los precios y el punto de cruce y obtendrá ganancia para la producción superior a la que corresponde el punto de cruce.

En este caso la ganancia por metro cuadrado de pavimento estará representada en el gráfico por la distancia de la curva K M a la recta K F que corresponde al número de metros cuadrados producidos.

III.—Construcción del diagrama de Colson para los costos unitarios obtenidos aproximadamente en la la construcción del camino pavimentado de Valparaíso a Casablanca.

Los costos unitarios se han calculado para el sector denominado Alto del Puerto. El transporte de materiales tiene que salvar gradientes de 4 y 6% para

abastecer la faena en este sector. El camino de consistencia arcillosa quedaba intransitable después de cada lluvia. Las faenas se interrumpían con frecuencia por esta causa en la temporada de invierno. El resumen del cálculo de los costos unitarios se expresa a continuación. En cuanto al cálculo, al precio de costo de la arena, chancado y agua se ha detallado para que se observen los factores que se han tomado solamente en cuenta.

El costo de estos materiales es variable según la distancia del transporte, las gradientes por vencer y el volumen transportado en cada viaje.

En nuestro estudio hemos considerado constante el precio de costo de estos materiales.

Los ex contratistas han trabajado en esta obra con material anticuado de muy poco rendimiento.

1.° *Cálculo del m3. de chancado* sin considerar los gastos fijos (Generales). Distancia de transporte 2 200 mts. (Cantera de Placilla).

	m3.
Precio del chancado puesto en cantera	$ 13.00
Derecho de puerta	1.00
Suma	$ 14.00

Camión cargado, con tres peones.
Gastos de Transporte

	diarios
Gastos de Bencina	$ 45.00
Gasto de aceite	1.00
Jornal de tres peones	24.00
Suma	$ 70.00

Tiempo de Transporte.

	minutos
Carguío del camión	20
Viaje de subida	25
Descarga	5
Viaje de vuelta	10
Suma	60

Número de viajes en 8 horas de trabajo

$$\frac{8\times60}{60}=8 \text{ viajes.}$$

Costo del m3. de chancado

$$14+\frac{70}{24}=\$\ 16.91\ \$\ 17.00$$

Costo de transporte del m3. km.

$$\frac{70}{24\times2,2}=\ \$\ 1.32$$

2.° *Cálculo del m3. de arena* sin considerar los gastos fijos (Generales).

Distancia de transporte km. 4 al km. 9=5 kilómetros.

Precio de la arena al pie del camión =$ 4.00 m3.

Camión de 3.00 m3. cargado con 3 peones.
Gastos de transporte.

	litros
Gastos de bencina	70
Gastos de aceite	2
Jornal de 3 peones	24
	95

Tiempo de Transporte.

	minutos
Carguío del camión	16
Viaje de subida	39
Descarga	5
Viaje de bajada	14
	74=

1 hora 14 minutos.

Número de viajes en 8 horas de trabajo

$$\frac{8\times60}{74}=6 \text{ viajes.}$$

$$\text{Costo del m3. } 4+\frac{95}{18}=\$\ 9.27.$$

3.° *Cálculo del costo del m3. de agua.*

Planta elevadora de agua del km. 9 800.

Distancia de transporte=0.7 km.

Camión (de 3 barriles) con capacidad de 1 059 litros.

Gastos de Transporte.

	diarios
Gasto de bencina (camión).....	$ 30
Gasto de bencina (bomba) ...,	3
Gasto de aceite	3
Jornales	6
Suma	$ 42

Número de viajes por día=16 viajes.

Volumen de agua transportada en 8 horas: 16×1059=17 m3.

IV.—Determinación de los términos de la fórmula Colson.

g=Gastos constantes por m2.

	Costo m2.	Sumas
Preparación de la subrasante	0.72	
Trato del maquinista del rodillo	0.29	
Colocación de moldes y excavación de subsoleras	0.29	
Enfierradura	0.55	
Concretadura del pavimento y de la subsolera ...	1.09	
Cubrir de tierra el pavimento, limpiar y hacer cunetas	0.14	
Riego del pavimento	0.01	
Cemento.....	13.44	
Piedra triturada	2.71	
Arena	0.85	
Bencina de la betonera	0.18	
Aceite	0.01	
Concreto de las junturas...	0.02	
Carbón del rodillo	0.24	
Aceite y grasa del rodillo..	0.01	
Consumo de agua de la betonera	0.10	
Consumo de agua del riego	0.01	
Costo del maicillo para la receba	0.24	
Suma	$ 20.90	21.00

C=Gastos fijos por día pero variables por m2. según producción:

		Gasto Diario
Sueldos Inspección y Oficina.....	$\frac{8900}{30}$ =	$ 296.00
Sueldos Chauffeurs	$\frac{2700}{30}$ =	90 00
Leyes sociales.....	$\frac{1500}{30}$ =	50.00
Gastos Generales	$\frac{1200}{30}$ =	40.00
Arriendo rodillos.	$\frac{400}{30}$ =	13.00

Intereses y amortizaciones de capitales invertidos en maquinarias:

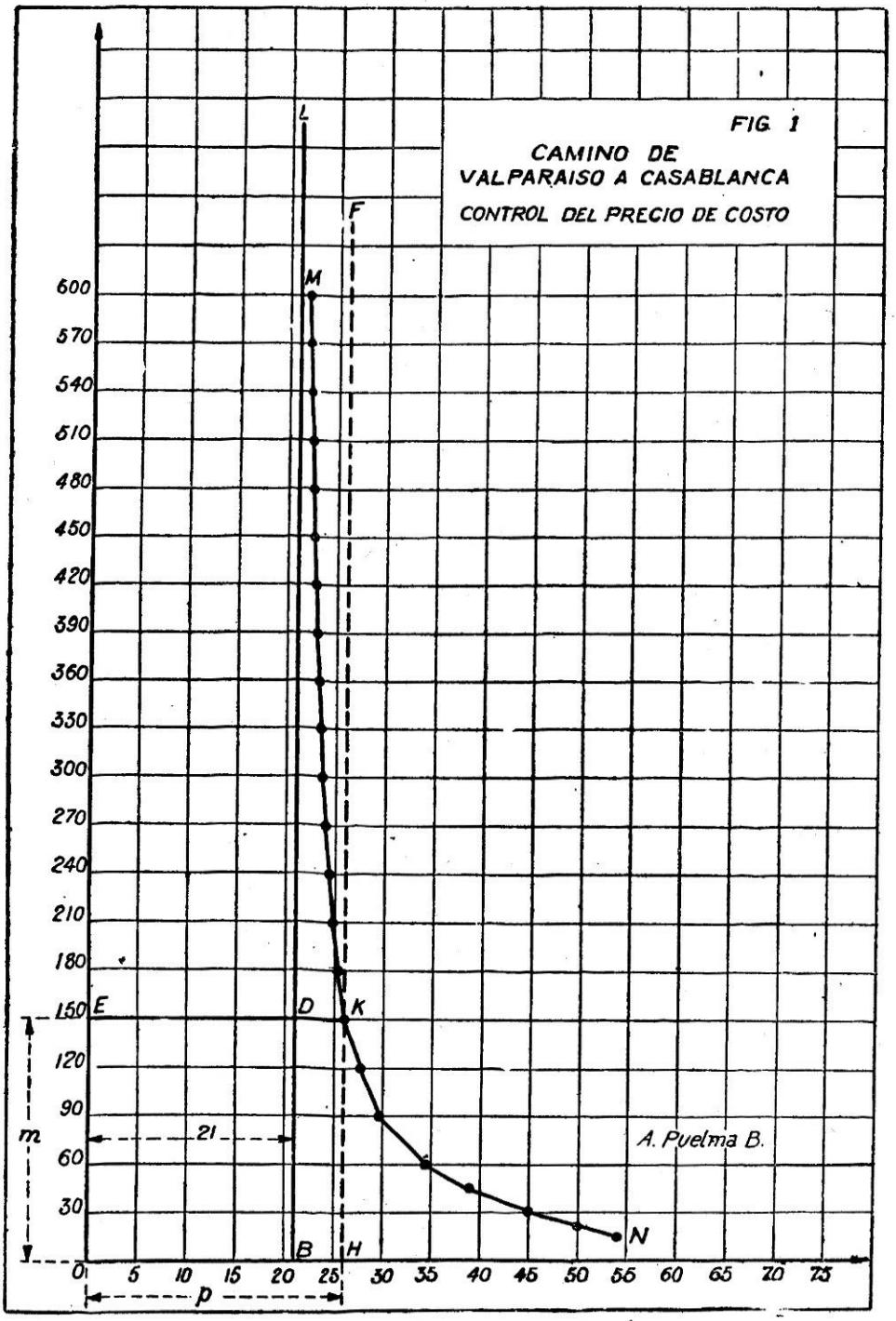
Valor de Chancadoras	$ 20 000.00	aproximado.
Valor de Motor y compresora	37 000.00	»
Valor de 2 camiones de volteo	116 000.00	»
Valor de 2 camiones fijos	100 000.00	»
Valor de 2 camiones Ford	18 000.00	»
Valor de herramientas	3 500.00	»
Valor de una betonera	9 000.00	»
Valor de autos usados de servicio....	13 000.00	»
Suma	$ 316 500.00	$\frac{316\ 500 \times 12}{100 \times 360}$ = 105.50
Depreciación de la maquinaria en un año de servicio 20%		$\frac{316.500 \times 20}{100}$ = 175.80
Gastos de conservación de la maquinaria 4%.....		35.00
Total gastos fijos por día		$ 805.30

V. CUADRO QUE INDICA EL PRECIO TOTAL DE COSTO, PÉRDIDA Y GANANCIA POR M2. CORRESPONDIENTE A LA PRODUCCIÓN DIARIA DE PAVIMENTO DE CONCRETO ARMADO.

Avance diario en recta ml.	Avance diario m2,	g $	C/m $	p $	Precio de venta $	Pérdida por m2. $	Ganancia por m2. $
5.40	30	21	26.80	47.80	26.00	21.80	
10.90	60	21	13.40	34.40	26.00	8.40	
16.30	90	21	8.90	29.90	26.00	3.90	
21.80	120	21	6.70	27.70	26.00	1.70	
27.20	150	21	5.30	26.30	26.00	0.30	
32.70	180	21	4.40	25.40	26.00	....	0.60
38.10	210	21	3.70	24.70	26.00	....	1.30
43.60	240	21	3.30	24.30	26.00	....	1.70
49.00	270	21	2.90	23.90	26.00	....	2.10
54.50	300	21	2.60	23.60	26.00	....	2.40
60.00	330	21	2.40	23.40	26.00	....	2.60
65.40	360	21	2.20	23.20	26.00	....	2.80
70.90	390	21	2.00	23.00	26.00	....	3.00
76.40	420	21	1.90	22.90	26.00	....	3.10
81.80	450	21	1.70	22.70	26.00	....	3.30
87.20	480	21	1.60	22.60	26.00	....	3.40
92.70	510	21	1.50	22.50	26.00	....	3.50
98.10	540	21	1.40	22.40	26.00	....	3.60
103.60	570	21	1.40	22.40	26.00	....	3.60
109.00	600	21	1.30	22.30	26.00	....	3.70

NOTA.—El avance calculado corresponde al ancho total de la calzada en recta que es de 5.50 metros.

VI.—Construcción del diagrama



Con los valores que hemos expresado en el cuadro anterior, se ha construído la hipérbole equilátera llevando los valores de p en el eje de los asíntotas horizontales y de los metros cuadrados de pavimento en el eje vertical paralelo a la otra asíntota.

Se puede observar en el diagrama que al punto k de encuentro de la curva de los precios de costo con la línea del precio de venta corresponde una producción diaria de 150 m2., lo que equivale a un avance por día de 27 ml. por cada faja de 2,75 mts. de ancho.

Habría ganancia en la construcción del pavimento de concreto armado cuando la producción diaria sea superior a 150 m2. y pérdidas cuando la producción sea inferior a esta cantidad.

Debemos hacer notar que para un rendimiento de 450 a 600 m2. diarios el precio de costo permanece casi constante y por consiguiente las utilidades.

Conclusión

De este estudio se pueden deducir las siguientes conclusiones:

1.° La Inspección Fiscal, llevando al día la construcción del diagrama de Colson, podrá conocer si la organización del trabajo es económicamente eficiente, y determinar si el contratista obtiene utilidades.

2.° El contratista, conociendo el diagrama de los costos, podrá mejorar día a día la organización del trabajo, observando los pequeños detalles para obtener el máximun de utilidad.

3.° Se deduce del diagrama que mientras mayor es la producción de pavimento menor es el precio de costo.

4.° Que para tener éxito en la construcción de un camino pavimentado, lo esencial es trabajar con maquinaria moderna de gran rendimiento.

5.° Que el aprovechamiento de la maquinaria se obtiene utilizando todo el factor de carga por medio de un abastecimiento de materiales bien ordenado y de una puntual preparación de la subrasante.

Placilla de Peñuelas, Agosto 31 de 1928.