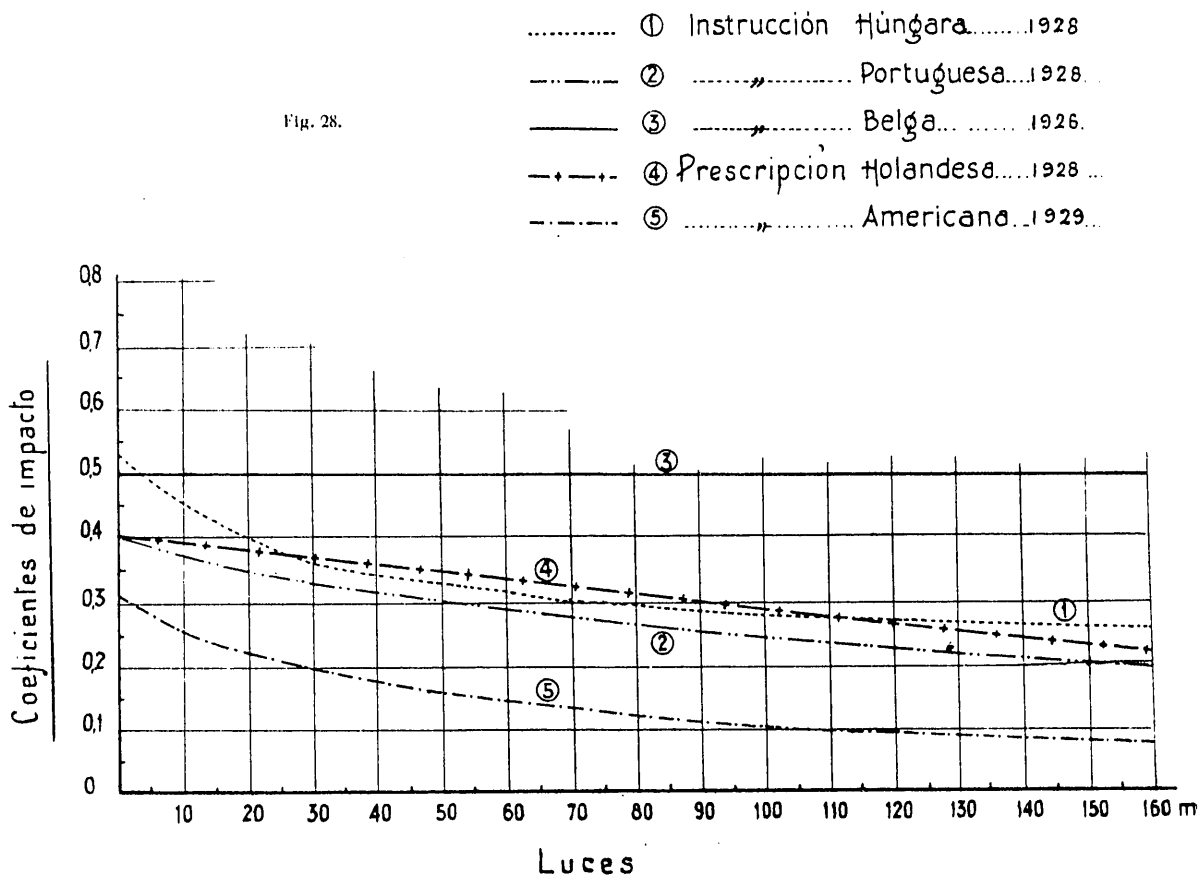


mos los de las correspondientes a la Instrucción húngara, hasta 25 metros de luz; de ésta a 110, la fórmula holandesa, y nuevamente domina la fórmula húngara para luces superiores.

La curva correspondiente a la prescripción ameri-

a fórmulas y prescripciones del carácter más internacional y general posible, para que el cálculo de tan interesantes estructuras, como son las que se proyectan para tramos metálicos para carreteras, no tengan deficiencias de cálculo y conduzcan a secciones

Fig. 28.



cana, es la que da valores más bajos para todas las luces.

Como resumen de todo lo expuesto, puede afirmarse que este es un problema en la actualidad estudiado muy ligeramente, solamente en sus principios; pero que es evidente presenta porvenir muy interesante, que justifica el que todos los ingenieros dedicados a esta clase de investigaciones dediquen a ellos su actividad, con objeto de llegar cuanto antes

débiles que dieran lugar a trabajos excesivos en la realidad para los elementos constitutivos de aquellas.

No hay duda que así como hasta ahora solamente se consideraba como artículo de fe el efecto correspondiente a los tramos metálicos para ferrocarriles, de aquí en adelante ha de serlo también en los tramos metálicos para carreteras, examinando y averiguando la cuantía e importancia del mismo.

D. MENDIZÁBAL
 Ingeniero profesor de la E. de C., C. y P.

Las puzolanas de Tenerife

Seiscientos millones de pesetas dedicados en los Presupuestos de la Nación para obras de puertos es una cantidad muy respetable para que los fabricantes de cementos, contratistas e ingenieros dedicados a la investigación hayan dejado de ocuparse del problema de la fabricación de los cementos puzolánicos en cuya adquisición ha de invertirse, claro es, un gran tanto por ciento del citado presupuesto. Sin embargo, por el momento, la fabricación de los cementos puzolánicos nacionales está supeditada a la adquisición de las puzolanas italianas o del *trass* alemán, sin que la explotación de las escasas puzolanas españolas haya podido tener hasta ahora un carácter

verdaderamente comercial y, en su consecuencia, el problema económico de la fabricación de los cementos puzolánicos nacionales sigue sin resolverse, hasta el extremo de estarse pagando la puzolana extranjera, en puerto español, al mismo precio que el cemento portland. No ha muchos días, en efecto, me decía nuestro compañero D. Eugenio Ribera haber pagado a 100 pesetas la tonelada de *trass* alemán, del que ha importado una respetable cantidad para las obras del puerto de Ribadesella.

Resulta, pues, ciertamente interesante el estudio de las puzolanas nacionales, y, entre ellas, las de Arucas, en la isla de Gran Canaria, son suficientemente

conocidas, aunque no empleadas; pero, en cambio, las de la isla de Tenerife son desconocidas hasta ahora ¹, y, que yo sepa, al hablar de las puzolanas de Canarias en general, nunca se ha hecho referencia a las segundas, sino única y exclusivamente a las de Arucas y la Isleta en Gran Canaria, la isla gemela. Las puzolanas de Tenerife, sin embargo, son excelentes y desde algún punto de vista muy superiores a las italianas, con la ventaja, respecto a otras puzolanas nacionales, de que por la formación de los yacimientos y por la regularidad de su composición son fácilmente explotables.

Por razón de mi cargo al frente de las obras del puerto de Santa Cruz de Tenerife (donde tenemos obras contratadas por más de 33 millones de pesetas), por afición y en cumplimiento de órdenes ya viejas del Consejo de Obras públicas, he estudiado las puzolanas de Tenerife, y aunque escasamente llevo un año y medio al frente de estas obras y en todo este tiempo he tenido que montar el laboratorio de la Junta, cubrir la plaza de químico, que estaba vacante y efectuar luego los ensayos, he podido realizarlos en número suficiente para poder informar a la Superioridad concretamente sobre el valor de las puzolanas de Tenerife. Mientras los ensayos realizados y las conclusiones deducidas son estudiadas por la Comisión especial que entiende en el empleo de los cementos en las obras marítimas de carácter oficial, he querido informar a los compañeros de asunto tan interesante; y encontrándolo así, ciertamente, el señor Machimbarrena, me ha ofrecido para ello las páginas de nuestra REVISTA, las que, agradecido, voy a ocupar por breve tiempo.

Puede decirse que toda la isla de Tenerife es un puro yacimiento de puzolanas: por el Norte, en Garachico, Icod y Puerto de la Cruz; por el Sur, en Guimar, Médano y Los Crisianos, y en los alrededores del mismo Santa Cruz de Tenerife, la puzolana se encuentra bien definida y en grandes masas. Muestras de procedencia de todos los puntos citados han sido analizadas en nuestro laboratorio en número de más de noventa, y los resultados han sido excepcionales.

Los ensayos se han ordenado de la siguiente forma:

1.º Ensayos químicos.

2.º Ensayos físicos.

3.º Ensayos de determinación de la proporción de puzolana para formar un cemento puzolánico con arreglo al Pliego de Condiciones aprobado por Real orden de 25 de febrero de 1930.

A continuación, un brevísimo extracto de cada uno de ellos.

¹ Cuando el Sr. Ochoa Benjumea nos entregó este trabajo a principios de julio, nada se había publicado, en efecto, sobre las puzolanas de Tenerife. (N. de la R.)

Ensayos químicos.—Por no haber llegado a tiempo los productos pro-análisis que al efecto habíamos adquirido en Alemania, estos ensayos han sido realizados en el laboratorio de la Universidad de La Laguna, en donde es profesor de Química el jefe de nuestro laboratorio, D. Teófilo Gaspar Arnal, persona que por sus trabajos en varias fábricas de cementos tiene verdadera competencia en la materia.

Véanse los resultados obtenidos con algunas muestras, y no precisamente entre los mejores:

Muestras de Santa Cruz de Tenerife

	1 Por 100	2 Por 100	3 Por 100
Sílice y demás residuos insolubles en HCl.	54,1650	60,8119	58,9767
Anhidrido titánico TiO ₂	3,0171	3,6665	3,2044
Alúmina	9,7520	7,0100	13,8242
Oxido ferroso + óxido férrico, calculados en Fe ₂ O ₃	16,6400	9,7459	13,6631
Cal CaO	6,3530	5,3881	7,8868
Magnesia MgO	7,0180	8,7595	2,1460
Sulfúrico SO ₃	0,1880	0,2290	0,1397
Pérdida al fuego y no dosado	0,8661	0,2290	0,1591

Muestras del Puerto de la Cruz

	1 Por 100	2 Por 100
Sílice total SiO ₂	49,6509	49,2688
Anhidrido titánico TiO ₂	2,6662	2,8099
Alúmina Al ₂ O ₃	13,4901	12,3693
Oxido ferroso + óxido férrico, calculados en Fe ₂ O ₃	15,6798	17,7374
Oxido de manganeso, calculado en Mn ₂ O ₄	3,4004	—
Cal CaO	7,8008	8,1551
Magnesia MgO	1,3110	3,2680
Sulfúrico SO ₃	0,0271	0,1170
Pérdida al fuego y no dosado	5,9687	6,2745

Muestras de Icod

	1 Por 100	2 Por 100	3 Por 100
Sílice total SiO ₂	60,428	59,1428	48,9822
Anhidrido titánico TiO ₂	1,399	0,6675	1,906
Alúmina Al ₂ O ₃	16,06	18,9285	14,919
Oxido ferroso + óxido férrico, calculados en Fe ₂ O ₃	9,74	6,6004	14,083
Oxido de manganeso, calculado en Mn ₂ O ₄	2,08	5,3928	1,4511
Cal CaO	1,112	1,3392	5,9084
Magnesia MgO	0,09	0,9700	1,6961
Sulfúrico SO ₃	0,0429	0,1552	0,4424
Pérdida al fuego y no dosado	9,0481	6,8036	10,6118

Comparemos estos resultados con los obtenidos con algunas puzolanas de procedencia extranjera y con las condiciones exigidas en el Pliego español.

Puzolanas de procedencias diversas

	1	2	3	4	5	6	7
Sílice.	64,71	53,20	54,50	54,96	56,22	59,70	66,37
Alúmina.	20,03	8,70	18,90	21,52	24,92	20,85	13,72
Oxido de hierro.	4,98	9,00	6,80	—	—	4,42	4,31
Cal	4,39	23,10	2,80	2,08	2,10	1,77	2,98
Magnesia	0,96	—	1,10	1,60	1,08	1,79	1,29
Sosa	1,77	1,20	3,00	—	—	5,98	4,22
Potasa	3,07	—	—	—	—	4,96	2,83
Pérdidas por calcinación	Análisis con sub. calcinada	4,10	12,40	12,04	Análisis con sub. calcinada	Análisis con sub. calcinada	4,06
	Bacoli	Auvernia (Francia)	Herault (Francia)	Trass de Hersfeldt	Trass de Burgbroh	Trass de Andernach	Santoni

El Pliego de Condiciones oficial determina una puzolana en cuanto a su composición química del modo siguiente:

Sílice total.....	Más del 45 por 100
Agua combinada.....	Más del 5 por 100
Acido sulfúrico.....	Menos del 1 por 100
Alúmina.....	14 al 22 por 100
Magnesia.....	Menos del 10 por 100
Cal.....	Menos del 12 por 100

Obsérvese a la vista de los ensayos que, en cuanto a la sílice, la proporción de las puzolanas de Tenerife excede con mucho a la mínima exigida en el Pliego, sobrepasando las de Icod y Santa Cruz en este punto el dosado de las puzolanas extranjeras. Asimismo los componentes indeseables, ácido sulfúrico, magnesia y cal, están en proporciones mínimas, no llegando en las muestras de Icod la magnesia al décimo del límite máximo y la cal en las del Puerto de la Cruz e Icod al décimo también del límite máximo permitido, siendo todas superiores a las italianas por estos conceptos. Es asimismo interesantísimo hacer notar que el dosado de óxido ferroso y férrico es en todas las muestras muy superior al de las puzolanas italianas, lo que les da, evidentemente, sobre éstas un valor enorme.

Los ensayos físicos, que luego siguen, han correspondido perfectamente al análisis químico que le ha precedido, a pesar, sin embargo, de que ninguna de las puzolanas ensayadas tiene el 5 por 100 de agua combinada que exige el Pliego. Es esta causa por la cual hoy por hoy, mientras no sea otro el criterio sustentado en el Pliego, no podrán ser admitidas para la formación de cementos puzolánicos, y este es precisamente el asunto que hemos sometido a estudio de la Comisión para el estudio de los cementos en las obras marítimas, de conformidad con lo que ya piensan muchos compañeros sobre las puzolanas que podríamos llamar anhidras. D. José Nicoláu, en su obra *Los aglomerantes en las obras marítimas*, dice: «Según el testimonio del ingeniero de Caminos D. Manuel Benítez, de especial competencia en estas materias, la puzolana de Arucas llena las condiciones de carácter químico de nuestro Pliego, salvo la relativa a la cantidad de agua combinada, a pesar de lo cual la resistencia obtenida en nada cede a las mejores italianas», y añade: «Convendría, pues, cerciorarse, mediante experimentación adecuada, de si no sería posible, sin inconveniente, reducir el límite fijado para la cantidad de agua, pues esto constituiría una facilidad que debemos perseguir para emplear las puzolanas de Canarias.» Otro tanto de lo que dice nuestro compañero D. Manuel Benítez sobre las puzolanas de Arucas (Gran Canaria) digo yo, y creo haberlo demostrado, sobre las puzolanas de Tenerife, suscribiendo cuanto manifiesta, además, el ilustre inspector Sr. Nicoláu. Debe asimismo tenerse en cuenta que el Pliego italiano no fija un mínimo de agua, sino un máximo, y que en general no hay más remedio que considerar como inmejorable una puzolana que, a pesar de no tener el 5 por 100 de agua combinada que se exige, proporciona unas resistencias superiores a las exigidas, sobre que, además, hay que pensar que si la hidratación de una sílice es testimonio de sus propiedades hidráulicas, las causas que por el contrario favorezcan su deshidratación serían amenazas permanentes para la estabilidad de los morteros que con ellas se formaran, por lo que, en consecuencia, no

parece lógico que se deba rechazar una puzolana anhidra si en los ensayos físicos ha respondido en definitiva lo que de ella se exige, aunque haya que pensar en el cambio de la orientación secular hasta ahora seguida en el estudio de los cementos.

Ensayos físicos.—Para estos ensayos hemos pulverizado, quizá excesivamente, todas las muestras hasta ser cero el residuo en el tamiz de 4 900 mallas, al objeto de trabajarlas todas en igualdad de condiciones. La mezcla ha sido la exigida en el Pliego; esto es:

3 partes en peso de puzolana
1 parte en peso de cal,

habiéndose empleado la cal de mármol y la arena de la playa de Candelaria, elegida convenientemente.

El Pliego exige a los 28 días (7 en el aire y 21 en el agua dulce) una resistencia mínima, para el mortero 1 : 3, de 4 kilos por centímetro cuadrado. Véanse algunos ensayos elegidos entre los normales:

Resistencias a la tracción del mortero 1 : 3
Unidad, kg × cm²

PROCEDENCIA	7 días	AGUA DULCE		AGUA DEL MAR	
		28 días	3 meses	28 días	3 meses
Icod.....	4,30	6,69	11,90	6,95	15,36
Idem.....	5,20	6,57	14,50	8,11	16,25
Idem.....	5,11	5,85	12,53	8,42	18,87
Idem.....	4,57	6,70	11,55	7,00	15,90
Santa Cruz.....	4,65	5,12	9,95	6,45	—
Idem.....	4,45	5,00	8,42	6,33	12,33
Puerto de la Cruz.....	4,24	5,88	9,36	6,35	11,45
Idem.....	—	5,55	8,26	5,44	11,75

El resultado de estos ensayos tiene un gran valor, pues no sólo la resistencia mínima obtenida es superior en un 20 por 100 a la exigida en el Pliego, sino que es interesante observar la influencia tan notable del agua del mar, pues las probetas conservadas en ésta han dado siempre mayores resistencias que las conservadas en agua dulce, y, lo que es más interesante todavía, este incremento es mayor en tanto por ciento a los tres meses que a los 28 días, lo que demuestra una más acelerada tendencia al aumento de resistencia cuando se trata de morteros sumergidos en el mar.

Ensayos de cementos puzolánicos.—Para obtener un cemento puzolánico con arreglo al Pliego, hemos mezclado el cemento y la puzolana en las siguientes proporciones:

Cemento..... 50 por 100
Puzolana..... 50 por 100

Las resistencias exigidas en el Pliego a un cemento puzolánico son:

A los 7 días..... 15,20 kg por cm²
A los 28 días..... 18,80 kg por cm²

Véanse los resultados obtenidos con las puzolanas de Tenerife:

PROCEDENCIA DE LA PUZOLANA	FRAGUADO		En el aire	En agua dulce	En agua del mar
	Inicial	Final	7 días	28 días	28 días
Santa Cruz	1 h 55' . . .	4 h 55' . . .	18,80	25,10	28,55
			17,70	30,20	28,20
				23,18	24,00
		Promedio .	18,25	26,16	26,91
Icod	»	»	12,87	17,89	22,22
			15,55	18,92	17,10
				17,23	20,62
		Promedio .	14,06	18,01	19,98
Médano	1 h 40' . . .	4 h 58' . . .	16,87	19,45	22,58
			17,80	16,50	18,63
				15,90	18,20
		Promedio .	17,33	17,28	19,80

Los ensayos demuestran que en las proporciones fijadas las probetas en agua del mar no sólo sobrepasan las resistencias exigidas en el Pliego para los cementos puzolánicos, sino que incluso en algunas, como en las de Santa Cruz, se obtienen resistencias superiores a las exigidas para el mismo cemento portland, debiéndose forzar un poco la proporción de cemento en las muestras de Icod y Médano, sin embargo, para mayor seguridad.

En su virtud, pues, nos hemos dirigido oficialmente a la Dirección general de Obras públicas, como ya ha quedado dicho, dando cuenta de los ensayos realizados, y que aquí reproducimos en una mínima parte,

en la seguridad de que, dada la calidad de los compañeros que componen la Comisión para el estudio de los cementos en obras marítimas, el asunto merecerá un detenido estudio del que quién sabe si resultará al fin la posibilidad de fabricar, al menos en las obras del puerto de Santa Cruz de Tenerife, los cementos puzolánicos a base de las puzolanas del país, obteniéndose en la ejecución de las obras una formidable economía, que es en definitiva lo que hemos perseguido al realizar estos estudios, sin olvidar tampoco, claro está, las consecuencias que pudieran deducirse para la economía nacional si se llegara, al fin, a la fabricación de verdaderos cementos puzolánicos nacionales.

José OCHOA Y BE JUMEA
Ingeniero. Director del Puerto
de Santa Cruz de Tenerife

Apuntes sobre la forma en planta de las presas-muros

Sabido es que está actualmente en pie la cuestión de la planta en curva o recta de las presas de embalse cuando han de hacerse de fábrica; por cuanto nadie discute la traza rectilínea de los diques en terraplén ni tampoco la de las presas-vertederos o de derivación, que siempre así se hicieron.

Las normas italianas, quizá influenciadas en sentido timorato desde la catástrofe de Gleno, proscriben, en general, la alineación recta, mientras los franceses, con más amplio espíritu de tolerancia, admiten indistintamente el trazado moderno y el circular.

En España nadie ignora que, hasta hace muy poco, todas las presas de fábrica, salvo la de Bermujales, de 45 m de altura, sobre el río Gacín (Sevilla), han sido ejecutadas con planta en arco de más o menos radio, pero siempre grande en relación a su cuerda; sólo de reciente, la Confederación del Ebro ha adoptado presa recta para los embalses de Santedalea (Teruel, río Guadalupe) y de Yesa (Navarra, sobre el río Aragón). En la del Pirineo Oriental se han propuesto en igual forma la del pantano de Crespiá y la del de Ribas, estando sancionada la primera, previo informe del Consejo de Obras públicas, y en suspenso la aprobación de la segunda hasta tanto se complete el estudio de los demás pantanos de cabe-

cera en el Fresser, pero sin observar nada, acerca de su planta, la Dirección general.

Entre las obras hidráulicas de los Estados Unidos, todas las dedicadas al abastecimiento de la enorme aglomeración urbana de New York, tienen traza rectilínea y no dejan de ser numerosas las levantadas con otro objeto en distintas regiones de la República. Sin embargo, ello no quiere decir que el criterio corriente entre los técnicos norteamericanos se incline decididamente en tal sentido, pues siempre resultan allí más numerosas las presas curvas para las grandes retenidas, excediendo poco de una docena las rectas de que tengo noticia.

Espinoso parece hoy sentar razonado criterio en lo referente a dicha cuestión, de mayor trascendencia quizá de lo que resalta a primera vista. Es indudable, en efecto, el acusado incremento de longitud y, por tanto, de volumen y coste, derivado de implantar la presa curvilínea, aparte de la complicación y dificultades de replanteo y ejecución que origina, máxime con la agravante del acuerdo circular en alzado entre el talud del paramento de aguas abajo con el vertical del triángulo postizo de coronación, que motiva una superficie de doble curvatura muy expuesta a resultar deformada al realizarla, según