

CAÑOS Y POSTES DE HORMIGÓN CENTRIFUGADO

ADVERTENCIA

El objeto de este trabajo no es otro que el de exponer la teoría y aplicación del hormigón centrifugado. Me he limitado en parte a extractar y traducir, procurando condensar y agrupar ordenadamente, los estudios hechos al respecto; generalmente dispersos en distintas publicaciones, entre las que citaré: Genio Civile; Revista "La Ingeniería" N° 492; Revista La Electricidad; Rendiconto della Undecima Riunione dell'Associazione Italiana per gli studi sui materiali da costruzione. — Tenuta in Torino; I Tubi "Vianini". — Estudio del Prof. Dott. M. Rôls por encargo de la Internationale Siegwartbalken Gesellschaft di Lucerna; Pali S C A C ornamentali per illuminazione pubblica. Edizione 1931. — Trento.

E. MIGUEL DE JORGE.

CAÑOS DE HORMIGON CENTRIFUGADO

En las canalizaciones para la distribución de agua potable o desagüe cloacal el primer obstáculo con el cual se tropieza es la economía, la que debe buscarse en el empleo y fabricación de esos conductos que a la vez que nos aseguren una larga duración, reúnan condiciones de perfecta impermeabilidad.

Examinemos rápidamente los medios empleados.

1°) Caño de hormigón no armado —

Fueron los primeros que se emplearon y su construcción se

hace en moldes horizontales o verticales empleando cemento de fraguado lento o rápido.

Estos caños no resisten más que presiones insignificantes y son poco económicos debido al gran número de moldes que sería necesario emplear cuando se trata de grandes canalizaciones.

2°) **Caños metálicos** —

Los caños de hierro fundido o acero son ventajosos en el sentido económico, pero su débil espesor exige que sean protegidos contra los agentes atmosféricos porque de lo contrario se destruyen muy rápidamente.

3°) **Caños de hormigón armado** —

Por su construcción misma están al abrigo de los agentes atmosféricos y son de una durabilidad indefinida, no exigiendo ningún gasto su conservación.

Estos caños no son absolutamente impermeables inconveniente que se subsana en parte empleando un hormigón rico, que presenta menor número de poros los que se cromatan con el tiempo por el limo o pequeñísimas partículas que arrastran las aguas. También suele recurrirse al empleo de camisas o revestimientos interiores, o materiales de obturación, procedimiento este último no aconsejable, porque ellos pueden aminorar la resistencia de los hormigones. Además del inconveniente señalado, la repartición de la mezcla es poco homogénea y su precio elevado debido principalmente a la gran cantidad de moldes que es necesario emplear para dejar en fragua el caño un tiempo prudencial. Estos inconvenientes hicieron buscar a los estudiosos otras soluciones que remediaban los defectos apuntados y sobre todo trataron de resolver el problema de la impermeabilidad del hormigón, indicándose a continuación una reseña de los diversos métodos ensados y los resultados obtenidos.

4°) **Ensayos del Ing Buchanan** —

El Ing. Buchanan, encerraba en un tambor desmontable una cierta cantidad de hormigón y lo hacía deslizar sobre rieles por una pendiente que terminaba en un depósito de agua, en la cual lo dejaba de 24 a 48 horas, el éxito fué discutible.

5°) Procedimiento primitivo de centrifugación —

En 1912 en Italia, mientras ya se había iniciado la fabricación mecánica de tubos de cemento no armado para uso de drenajes, nada se había hecho en cuanto a la fabricación de tubos de cemento armado para conductos a presión.

La razón era obvia. Ella era determinada por la dificultad de conciliar la intervención mecánica con la presencia de la armadura metálica. Este problema trataba de solucionarse también en el exterior, siendo varias las tentativas realizadas a fin de dar una solución práctica al problema y que terminaron por ser abandonadas.

Un primer ensayo práctico para la fabricación de tubos de cemento armado para conductos a presión es debido a la Sociedad Vianini, que para ello se sirvió de la patente de su Administrador, Delegado Cav. Guido Vianini.

El procedimiento empleado para la fabricación de tubos centrifugados, después de un breve período experimental debió ser abandonado por los inconvenientes a que daba lugar y que brevemente vamos a resumir.

Con este sistema la formación del tubo era obtenida mediante la rotación rápida de un cilindro metálico en el cual era previamente introducida la armadura metálica y la mezcla cementicia. La repartición de la mezcla alrededor de la pared interna del molde, era por lo tanto determinada exclusivamente por la fuerza viva, de que estaba animado el material por efecto de la rapidez de la rotación.

La mezcla estando constituida de varios elementos de distinta densidad y diverso volumen, no podía en consecuencia repartirse de un modo uniforme, porque los elementos más gruesos y más pesados, absorbiendo una mayor cantidad de fuerza viva se adherían a la pared interna del tubo, es decir en la periferia, mientras que los menos pesados y más pequeños y con ellos todas las escorias contenidas en la mezcla (ceniza, magnesia, calcio, materias orgánicas, etc.), se adherían en la superficie interna.

El coeficiente de contracción de una mezcla cementicia aumenta de un modo notable con el aumento del dosaje del cemento, por consiguiente, en la pared del tubo así formado, debían ne-

cesariamente desarrollarse fuerzas contrarias que con el tiempo terminaban por manifestarse en forma de grietas que partiendo de la superficie interna del tubo se dirigían hacia la pared externa, interesándola en todo su espesor, no obstante la presencia de la armadura metálica.

Constatado este gravísimo defecto, esto hubiera sido por sí solo una causa más que suficiente para abandonar el sistema de fabricación por la centrifugación, pero a este primer defecto se le agregaba otro no menos grave: la necesidad de emplear en este sistema mezcla muy fluída, determinaba un verdadero lavado del cemento, sustrayéndole, además los elementos más ligeros los cuales tienen una importancia notable en el fraguado de la mezcla cementicia.

6°) Nuevo procedimiento de fabricación —

El procedimiento anterior fué perfeccionado mediante la máquina que se describe a continuación consistente en la repartición homogénea del hormigón sobre la superficie interna del molde y compresión de este hormigón por acción de la fuerza centrífuga.

Este nuevo procedimiento de fabricación ha eliminado totalmente los inconvenientes del método precedente.

En nuestro estudio no nos detendremos en los procedimientos de fabricación de los números 1, 2 y 3 por ser los comúnmente empleados y suficientemente conocidos.

Tampoco nos ocuparemos de la descripción de los números 4—5 pues no dieron resultados satisfactorios en la práctica.

Pero al procedimiento del N° 6 le dedicaremos toda nuestra atención.

La empresa de las O. S. de Rosario que ha construído gran parte de su red cloacal con caños de hormigón centrifugado ha estudiado esta importante cuestión, cuyas conclusiones nos han sido suministradas y que nos permitimos transcribir.

APLICACION DEL CAÑO DE CEMENTO FABRICADO POR MEDIO DE LA FUERZA CENTRIFUGA A LAS CANALIZACIONES DE DESAGÜE CLOACAL Y DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE

“La impermeabilidad, en las muy numerosas aplicaciones a

que está destinado el concreto, es un factor importante; pero es de interés capital cuando se trata de tubos para la conducción de líquidos bajo presión y para drenaje de ciudades y pueblos.

“Se entiende por permeabilidad la medida de la velocidad a que el agua pasa bajo una cierta presión a través de un espesor determinado de material.

“El pasaje del agua se efectúa (en ausencia de rajaduras) por espacios pequeñísimos que existen en los materiales a base de cemento y que ponen en comunicación los lados opuestos de la pared.

“La impermeabilidad podría conseguirse por la obstrucción de estos espacios ya sea incorporando a la mezcla algún agente que los llene o aplicando a su exterior un revestimiento para ese fin.

“Son muy numerosos en el comercio los productos destinados a obstruir dichos intersticios y si bien es notorio que para ciertos propósitos y en determinadas condiciones su empleo es justificado, no puede decirse lo mismo cuando se trata de materiales destinados a la construcción de caños, donde es de gran importancia eliminar completamente dichos intersticios sin recurrir a materiales de obstrucción extraños a la mezcla, porque ellos influyen poderosamente en las cualidades de resistencia de los concretos.

“La penetración del agua es directa o indirectamente una de las causas de la desintegración de los concretos en infinidad de casos y por consiguiente, el grado de impermeabilidad y la densidad del material son una medida de su duración en el caso de ser empleados en contacto íntimo con ese líquido.

“Existe otro factor de tanta importancia como la impermeabilidad y es la “porosidad”, cuyo significado establecemos, brevemente, a continuación a fin de evitar posibles confusiones.

“Dijimos anteriormente que el concreto era permeable cuando el agua podía pasar de uno a otro lado de la pared por ser continuos entre ambas caras de la pared los conductos infinitamente pequeños del material. En este caso es lógico suponer que el concreto no sólo era permeable, sino también poroso.

“Pero puede ocurrir que el concreto contenga numerosos po-

ros o huecos que no comuniquen entre sí, ni a la vez con las dos caras de la pared, pero que posean así mismo la propiedad de absorber el líquido por capilaridad o en otra forma, siendo entonces poroso el concreto, aunque posiblemente impermeable.

“La porosidad de un concreto fabricado por los métodos comunes dependerá en gran parte del grado de homogeneización de la masa en el que influyen a un tiempo la dosis de agua empleada en la mezcla y la graduación de los componentes.

“Los trabajos efectuados por el señor Nathan C. Johnson demuestran claramente que los concretos fabricados por procedimientos comunes poseen una porosidad variable entre 20 y 25 por ciento de mezclas normales.

“En general las mezclas de consistencia semilíquida “Quaking mixture” rinden un concreto con porcentaje de poros menor que las mezclas semisecas.

“Una opinión expresada en numerosas ocasiones en contra del empleo de caños de concreto para obras de drenaje, es la de que los gases penetrando por los poros del material producen su desintegración gradual. Siendo admisible esta hipótesis cuando se trata de materiales con un alto porcentaje de poros tal acción no es imaginable tratándose de materiales no porosos.

“Generalmente la permeabilidad y porosidad tiene su origen en el empleo de un exceso de agua en la mezcla y también en la existencia del aire en la misma o en una combinación de ambas causas. Es lógico admitir que el agua empleada en la mezcla ocupará un espacio que por la evaporación dejará en su lugar los correspondientes poros y si el tratamiento subsiguiente de la mezcla no dispone de medios para extraer el exceso, la porosidad resultará relativamente elevada. Por otra parte, el empleo de materiales semi-secos conducirá a una incompleta hidratación del cemento y solamente la parte hidratada llenará las funciones de agente adhesivo quedando el resto sin combinar y por consiguiente inútil en lo que se refiere a un aumento de resistencia en el material. Además los granos de arena estarán imperfectamente cubiertos con cemento lo que ocasionará la presencia de innumerables burbujas de aire adheridos en cada grano disminuyendo la resistencia y aumentando enormemente la porosidad. Aunque las

burbujas adheridas a los granos de arena a que nos hemos referido son generalmente mucho más numerosas en los concretos semi-secos, ellas, sin embargo como lo demuestra el estudio microscópico, existen en considerables cantidades de concretos fabricados con mezcla semi-líquida. Su eliminación por las observaciones indicadas arriba reviste bastante importancia y se ha comprobado que el empleo de una violenta agitación en la preparación de la mezcla contribuye muy eficazmente en este sentido, y además ayuda a quebrantar la tensión superficial del agua efectuando mejor la hidratación y el perfecto recubrimiento de los granos del conjunto.

“De lo que exponemos anteriormente se deduce que para la producción de un concreto que reúna las mejores cualidades de impermeabilidad, densidad y resistencia, será imprescindible:

- a) Emplear una mezcla semi-líquida. “Quaking mixture”.
- b) Eliminar de la mezcla por desplazamiento el agua que excede de la necesaria para la hidratación del cemento.
- c) Consolidar la mezcla por otros medios que la simple gravitación.
- d) Eliminar totalmente las burbujas de aire, por pequeñas que sean de la superficie del grano de arena.
- e) Hacer que el agente cementante cubra totalmente la superficie del grano.
- f) Obtener una perfecta repartición de los granos a fin de que los espacios entre cada grano sean reducidos al mínimo.
- g) Conseguir que el agente cementante llene de una manera perfecta los espacios entre cada grano.

CAÑOS CLOACALES DE CEMENTO

“En la fabricación de caños de cemento para cloacas es de la mayor importancia el cumplimiento estricto de las indicaciones arriba expresadas para la producción de un material adecuado para dichas obras. Además deberán ser perfectamente rectos, circulares y lisos en su superficie interna.

Caños Centrífugos —

“En el año 1915 los que suscriben (Ings. Moir y Buchanan),

requeridos para estudiar un procedimiento de fabricación de caños cloacales de concreto para satisfacer las necesidades de la Compañía de Obras de Salubridad de Rosario, en las extensiones del área cloacal de la ciudad, y, teniendo en cuenta las condiciones que debían cumplirse para conseguir un material que diera buenos resultados en la práctica, se procedió inmediatamente al examen del problema.

“Un estudio de los diferentes procedimientos de fabricación en uso en esa fecha reveló que en cada caso el cumplimiento de una o varias de las condiciones deseadas no era posible y por consiguiente, desechándolos, nos dispusimos desarrollar una idea nueva que nos condujo al procedimiento que describimos, basado en la rotación rápida de la mezcla semi-líquida en un molde y máquina convenientemente proyectados, utilizando como agente consolidador la fuerza centrífuga de la misma mezcla.

“El estudio teórico sobre estos principios prometía resultados tan satisfactorios que se decidió iniciar experimentos en pequeña escala, y los resultados fueron tan halagüeños que resolvimos construir una máquina para producir caños de un diámetro interior de 30 cms. Con esta máquina, aunque algo rudimentaria, se obtuvieron caños de excelente calidad y además se adquirieron conocimientos prácticos que nos permitieron mejorar la calidad del producto y reducir el costo de producción. La experiencia así obtenida nos sirvió para proyectar y erigir la instalación adoptada por la Compañía de Obras de Salubridad.

“**Procedimiento de fabricación.** — Habiendo sido ya dado a la publicidad en otras ocasiones los datos referentes al proceso seguido para la fabricación de caños de este sistema, creeríamos superfluo extendernos mayormente sobre este parágrafo en la presente oportunidad, pero a título de mayor información y a fin de economizar buscas, nos permitimos transcribir un interesante artículo publicado en la Revista “La Ingeniería”, el que es debido a la hábil pluma del Sr. Ingeniero Raúl Zapata, quien nos honró oportunamente con una visita detenida que hizo a la fábrica que la Compañía de Obras de Salubridad tiene instalada en la Ciudad de Rosario.

La publicación del Sr. Ingeniero Zapata, que nos place tanto

más reproducir porque lleva en sí la valiosa opinión de un destacado profesional, está concebida en los siguientes términos:

“*Procedimiento de Fabricación.* — En breves palabras, consiste simplemente en someter el molde a un conveniente movimiento de rotación alrededor de su eje, y en depositar a lo largo

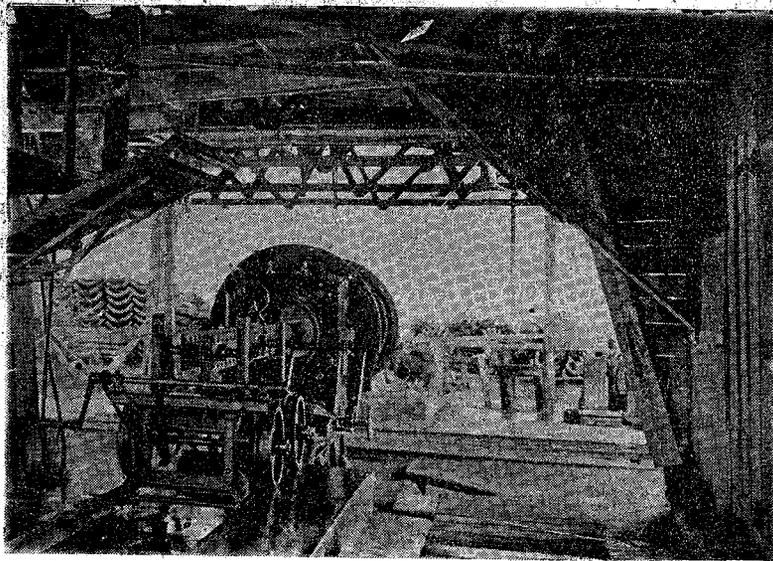


Fig. 1. — Máquina

“ de éste la cantidad de mezcla necesaria; la fuerza centrífuga
 “ desarrollada se encarga de distribuirla sobre la periferia inter-
 “ na del molde, bastando luego activar y uniformar esta distri-
 “ bución para que el caño quede formado.

“ Veamos ahora los medios empleados para efectuar estas
 “ diversas operaciones y el detalle de las mismas. (Ver lámina I y
 “ figs. 1 y 2).

“ El Molde M está formado por chapas de hierro de 1 a 2 mm.
 “ de espesor que en la unión de unas con otras forman nervadu-
 “ ras longitudinales N; en sus extremidades se ajustan dos ani-
 “ llos A y B que, además de servir como directrices del molde
 “ determinan con su saliente o reborde hacia el interior el espe-
 “ sor del caño que se ha de fabricar. En estas condiciones se co-

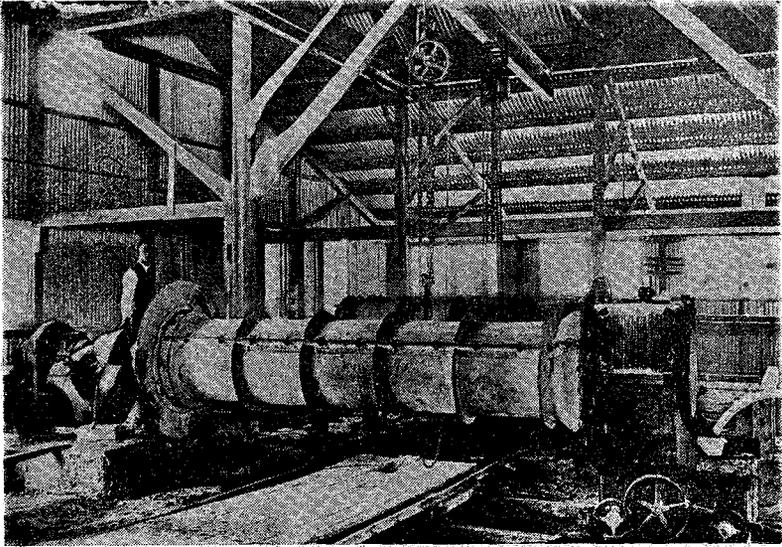


Fig. 2. — Molde

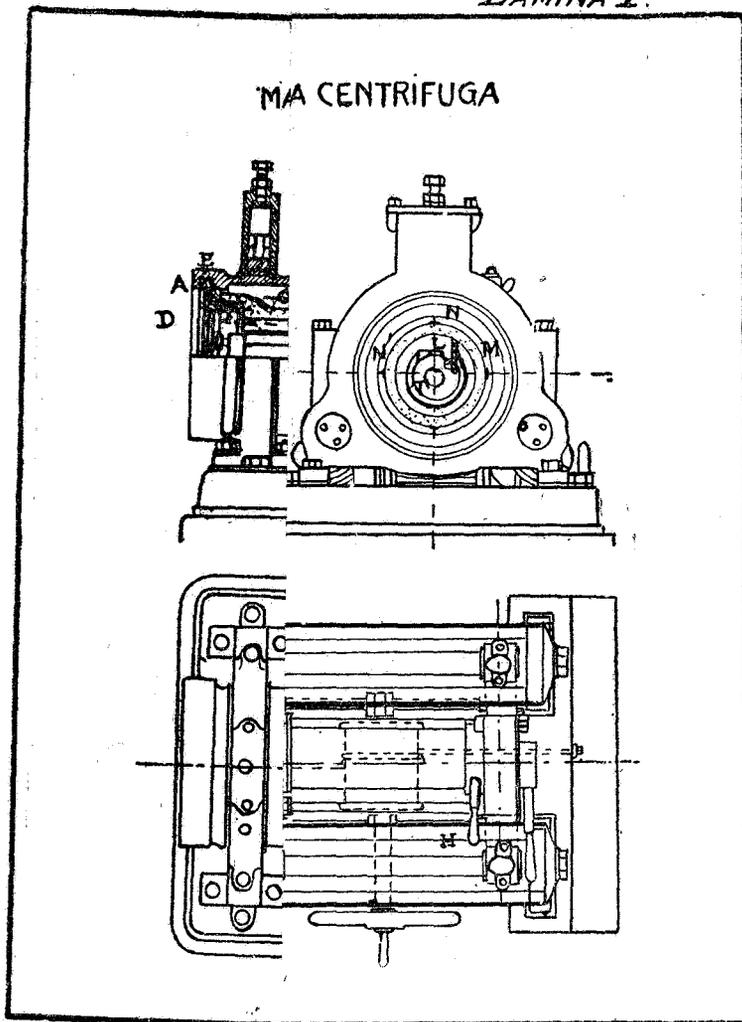
“ loca el molde en la máquina que le imprime el movimiento gi-
 “ ratorio, la cual consiste en un cilindro de fundición EE cuyos
 “ extremos se alojan en dos cojinetes solidarios con el zócalo de
 “ la máquina, y por cuya parte media exterior F pasa la correa
 “ que lo conecta con el árbol motor. Dada la clase de movimien-
 “ to a que este cilindro se halla sometido se le ha dotado de ner-
 “ vaduras circulares N' para proveer a su necesaria resistencia,
 “ se ha procurado su perfecto equilibrio para evitar descentracio-
 “ nes perjudiciales a la regularidad de sus revoluciones, y a fin
 “ de que los rozamientos sean mínimos los cojinetes están provis-
 “ tos de municiones. Por razones concordantes, el molde que se
 “ introduce en su interior debe quedar bien ajustado. Acto con-
 “ tinuo se inicia el movimiento giratorio, con una intensidad que
 “ depende del diámetro del caño; así se requiere:

Para un caño de	15	cm.	(6	pulgadas)	650	revoluc.	por	minuto
“ “ “ “	20	“	8	“	500	“	“	“
“ “ “ “	30	“	12	“	400	“	“	“
“ “ “ “	37.5	“	15	“	360	“	“	“

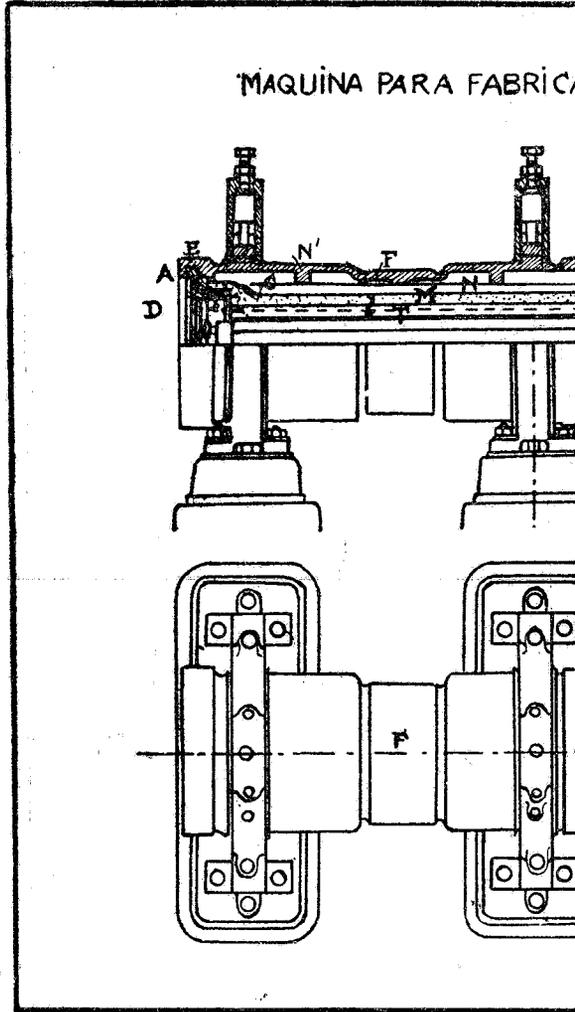
“ lo que equivale a decir, una velocidad tangencial más o menos
 “ igual en todos los casos. Como operación previa y auxiliar se

LAMINA I.

MA CENTRIFUGA



MAQUINA PARA FABRICAR

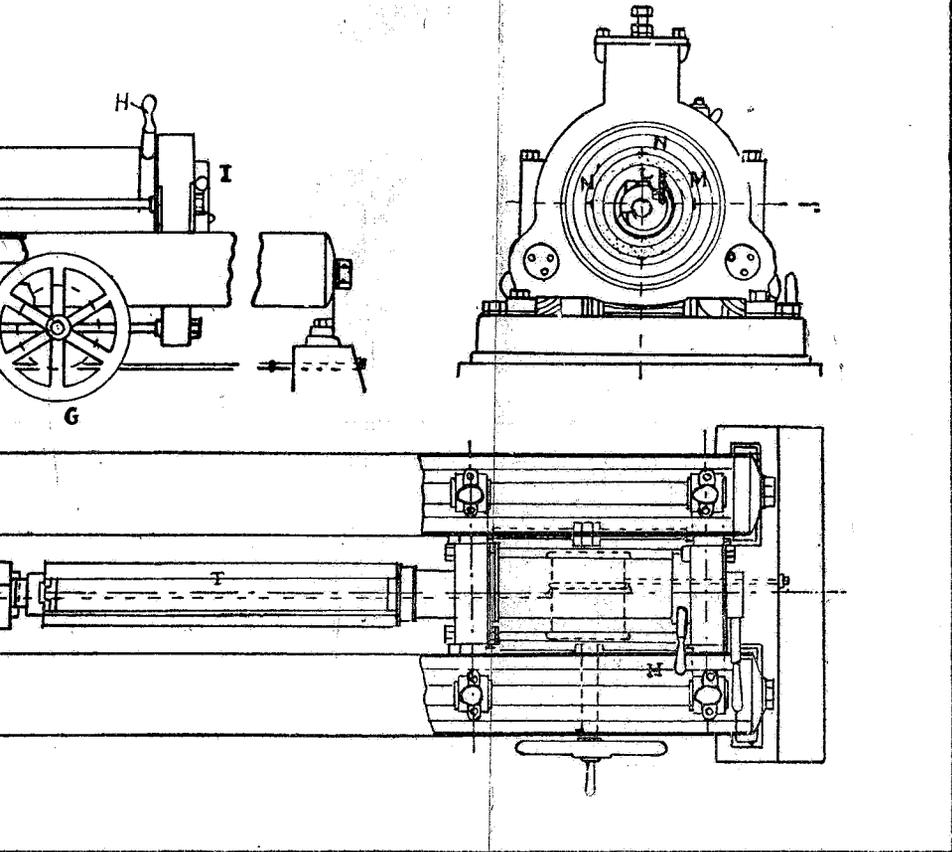


o gi-
uyos
o de
orra
nien-
ner-
encia,
raccio-
a fin
rovis-
ue se
con-
el que

inuto
”
”
”
menos
iar se

LAMINA I.

DE CEMENTO MEDIANTE LA FUERZA CENTRIFUGA



“ echa en el interior del molde una lechada de cemento para fa-
 “ cilitar su desprendimiento y luego se comienza por formar la ca-
 “ beza o enchufe del caño depositando al efecto con una cuchara
 “ de albañil la cantidad suficiente de mezcla en la parte corres-
 “ pondiente C del molde, y alisando luego la superficie con una
 “ varilla que se apoya en el anillo A y penetra en el interior la
 “ cantidad e. Hecho esto, se detiene el movimiento de la má-
 “ quina para colocar el anillo D cuyo ancho y diámetro interno
 “ es igual al del anillo B, siendo la distancia l que separa a am-
 “ bos el largo útil del caño. Para la formación de éste, una vez
 “ reanudado el movimiento se introduce la mezcla en el interior
 “ mediante un tubo alimentador T que se mueve en dirección del
 “ eje del molde a favor de un cable fijo que rodea o envuelve
 “ un tambor solidario con el tubo, de modo que, haciendo girar
 “ el tambor con ayuda de una manivela G, el conjunto avanza o
 “ retrocede. El tubo T tiene en su parte superior una abertura
 “ longitudinal igual a l y recibe por ella, cuando se encuentra
 “ fuera, la lechada o la mezcla. Introduciendo el tubo en el inte-
 “ rior mediante una palanca H, se le hace girar de 180° con lo
 “ cual el material cae sobre el molde y es arrastrado por el mo-
 “ vimiento de éste, adhiriéndose en toda su superficie interna gra-
 “ cias a la fuerza centrífuga desarrollada. Para que la distribu-
 “ ción de la mezcla se efectúe con uniformidad, una vez que el
 “ tubo alimentador ha vuelto a su posición normal por medio de
 “ una segunda palanca I que gobierna una excéntrica, el tubo
 “ alimentador se desplaza paralelamente a su eje de modo que
 “ la lámina o cuchilla L de que está provisto quita el exceso de
 “ material, el cual cae dentro del tubo, dejando en contacto con
 “ el molde un caño de espesor uniforme y con su superficie in-
 “ terna completamente lisa y cilíndrica. Si este espesor no es su-
 “ ficiente, lo que se verifica por la posición que ocupa la palanca
 “ I, se carga de nuevo el tubo alimentador y se repiten las ope-
 “ raciones anteriores”.

Obtenido el espesor deseado se aumenta gradualmente la ve-
 locidad de rotación, y así la mezcla no puede repartirse; lo úni-
 co que hace es ejercitar una acción de compresión, la cual será
 tanto mayor, cuanto mayor sea la velocidad imprimida. El lími-
 te de esta velocidad está determinada por la experiencia y pue-

de variar según sea el material empleado.

Con este procedimiento el tubo viene a estar formado por capas superpuestas y su espesor está determinado por la relación entre la velocidad de rotación y la cantidad de mezcla que atravesando la válvula del tubo alimentador, cae a lo largo de la generatriz del molde en movimiento, cantidad que como hemos visto puede regularse a voluntad.

La compresión determinada por la velocidad de rotación no puede dar lugar a la selección del material; y si seccionamos un tubo así formado veremos que la distribución del material es perfectamente uniforme y homogénea en todo el espesor de la pared del tubo (fig. 3).

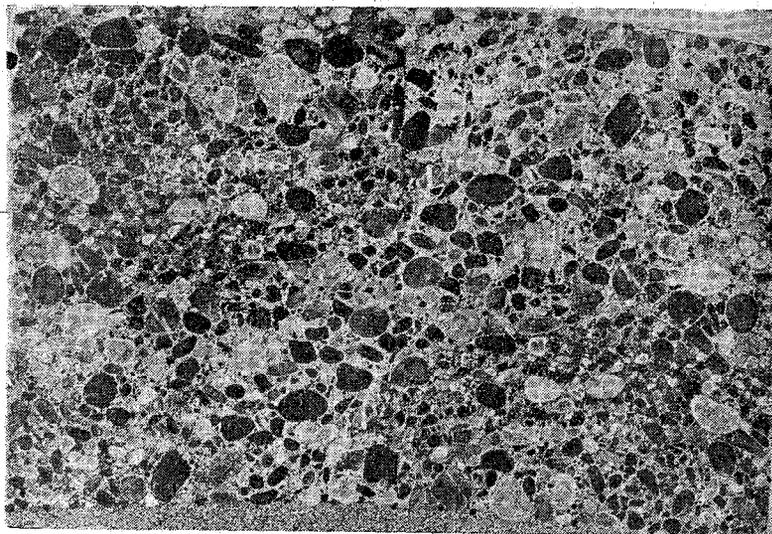


Fig. 3

Durante la caída de la mezcla se hace girar lentamente la máquina con una velocidad periférica variable con el diámetro de 2 a 8 mts. por segundo. Formada así la pared del tubo se aumenta la velocidad de rotación hasta 20 mts. por segundo durante 5 a 25 minutos según las condiciones de trabajo y dimensiones del tubo.

“El exceso de humedad que queda en el interior del caño se

“ quita echando un poco de polvo de cemento y finalmente se efectúa el enlucido de la superficie interna con un dispositivo K (Lámina I) compuesto de tres láminas metálicas curvas y flexibles que van colocadas en la extremidad del tubo T y que le permiten desempeñar el papel de una cuchara de albañil efectuando el enlucido en pocos instantes”. Terminada la operación los tubos se dejan durante 24 a 48 horas en el molde y después se extraen (fig. 4). En los primeros días se tiene la precaución de humedecer los tubos siendo mejor sumergirlos en depó-

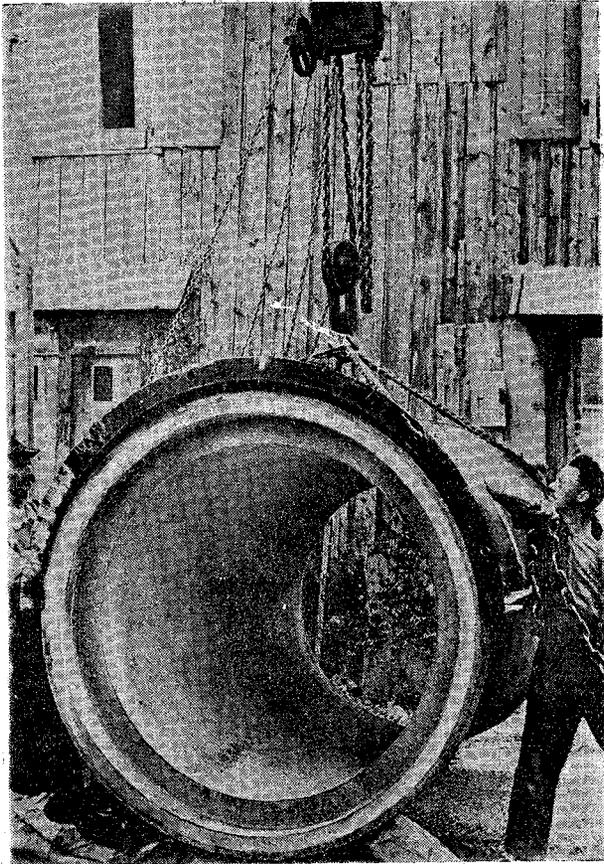


Fig. 4

sitos llenos de agua (fig. 5) a fin de que su endurecimiento se

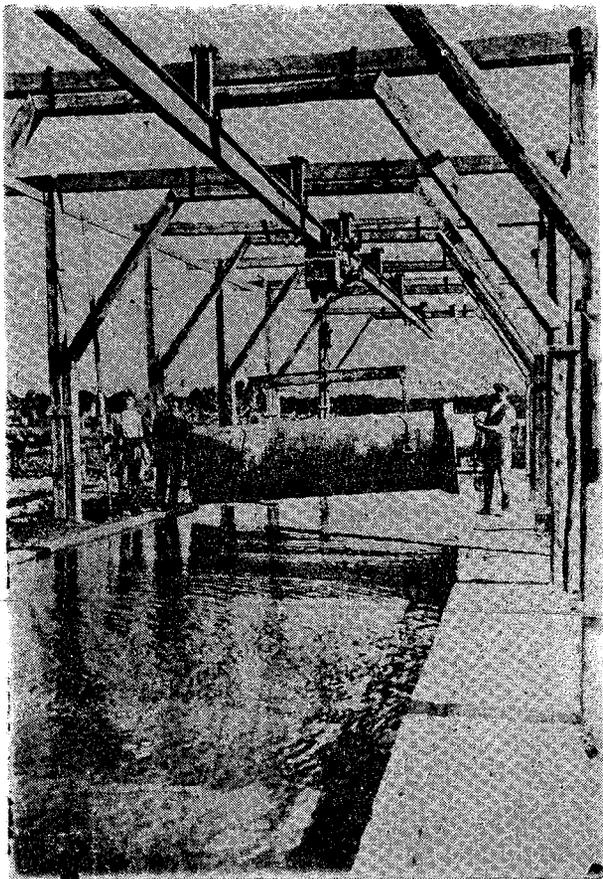


Fig. 5. — Inmersión de los caños

efectúe de una manera lenta y homogénea disminuyendo en lo posible la acción de la tensión de contracción.

“El molde se saca con facilidad gracias a que una de sus “juntas longitudinales está cerrada solamente con tornillos y “tuercas, de tal modo que sacados éstos así como los anillos A “y B, el molde se abre desprendiéndose del cemento”.

La velocidad a que gira el molde en esta segunda etapa de su fabricación es tal que el hormigón adquiere una densidad im-

posible de conseguir con el apisonado u otro procedimiento que no sea la fuerza centrífuga.

“Investigando, se encuentra que el grado de compresión de la mezcla es relativamente bajo, pero hay que recordar que la masa total queda sujeta simultáneamente a compresión, y a esto se agrega el efecto de la acción vibrante producida por la cuchilla “formadora”, a la que se alude en la descripción de la máquina, lo que materialmente ayuda a efectuar la deseada consolidación. El grado de compresión en la mezcla asentada por la rotación puede calcularse en la siguiente forma:

“Si un peso P kgs., está forzado a mover en una dirección circular a una velocidad de V cmts. por segundo, fácilmente puede demostrarse que una fuerza restringente F Kgs. actúa radialmente desde el centro de rotación y es de magnitud:

$$F = \frac{P \times V^2}{g \times R_y} \quad (\text{expresado en unidades de gravitación})$$

donde

“g = aceleración debida a la gravedad en cmts. por segundo².

R_y = radio de giro en cmts.

Que es en el caso de un caño = $\sqrt{\frac{R_e^2 + R_i^2}{2}}$

R_e = Radio exterior en cmts. y

R_i = Radio interior en cmts.

“Considérese ahora un anillo de concreto A, que puede ser una sección de un caño que tiene un radio exterior R_e... y un radio interior R_i... girando alrededor de un eje C.

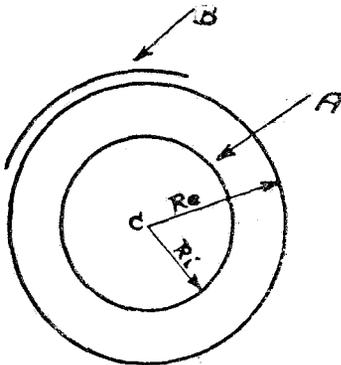


Fig. 6 .

Suponiendo que el concreto está obligado a efectuar un movimiento circular por estar contenido en un molde externo conveniente B, las fuerzas contrífugas en A serán equilibradas por fuerzas centrípetas iguales producidas por el molde, y por consiguien-

te la presión sobre la superficie interior, del molde B será igual a la compresión sobre la superficie exterior del concreto A.

“F — fuerza centrífuga en kgs.

Re — radio exterior del anillo A en c. m.

Ri — „ interior „ „ „ „ „

Ry — Radio de giro del anillo A en c. m. = $\sqrt{\frac{Re^2 + Ri^2}{2}}$

S — peso de 1 c. m cúbico de concreto en kgs.

V — velocidad en c. m. por segundo al radio Ry — $2 \pi Ry N$

N — revoluciones por segundo

p — Presión por c. m. cuadr. sobre interior del molde en kgs.

P — peso total en kilos sometido a la rotación

g — coeficiente de aceleración de la gravedad.

“Considerándose un anillo de concreto tal como A y de 1 c. m. de profundidad girando sobre su eje C.

“El peso P de este anillo será de $S \times \pi (Re^2 - Ri^2)$

“Este peso puede considerarse concentrado en el extremo del radio de giro Ry.

“La velocidad V en el extremo de Ry será de $V = 2 \pi Ry N$

$$= 2 \pi N \sqrt{\frac{Re^2 + Ri^2}{2}}$$

$$P \times V^2$$

“La fuerza centrífuga F se demostró ser $F = \frac{P \times V^2}{g \times Ry}$

$$\text{Luego } F = \frac{S \pi (Re^2 - Ri^2) \times \left(2 \pi N \sqrt{\frac{Re^2 + Ri^2}{2}} \right)^2}{g \times \sqrt{\frac{Re^2 + Ri^2}{2}}}$$

$$F = \frac{4S\pi^3 N^2 (Re^2 - Ri^2) \times \sqrt{\frac{Re^2 + Ri^2}{2}}}{g}$$

“Esta fuerza F actúa sobre la superficie interior del molde B en un área de $2\pi Re$ c. m. cuadr. (anillo de 1 c. m. de profun-

didad) y entonces la presión p por c. m. cuadr. sobre el interior del molde será:

$$p = \frac{2\pi^2 S N^2 (Re^2 - Ri^2) \times \sqrt{\frac{Re^2 + Ri^2}{2}}}{g \times 2\pi Re}$$

$$p = \frac{2\pi^3 S N^2 (Re^2 - Ri^2) \times \sqrt{\frac{Re^2 + Ri^2}{2}}}{g \times Re}$$

“Se dijo anteriormente que la presión sobre la superficie interior del molde era igual a la presión sobre la superficie exterior del concreto y por consiguiente la ecuación da la compresión en kgs. por c. m. cuadrado sobre la superficie exterior del caño expresado en función de los diámetros exterior e interior del caño y de las revoluciones por segundo. La compresión en el concreto disminuirá en intensidad hacia la superficie interior y su valor en la extremidad de cualquier radio R puede hallarse de un modo análogo.

“**Forma y terminación del caño.** — Del hecho que la acción de la cuchilla “formadora”, sobre la masa giratoria del concreto produce un resultado semejante a un caño torneado, se deduce que todos los caños fabricados por el procedimiento descrito son rigurosamente rectos y de forma perfectamente circular, cualquier grado deseado de pulimento interior podrá obtenerse mediante una aplicación suficientemente prolongada de la trulla mecánica, lo que constituye una ventaja de bastante importancia en cloacas y trabajo general hidráulico.

“Una serie de ensayos practicados por el Dr. E. Gache, Profesor de la Facultad de Ingeniería en la Universidad del Litoral, demuestra que la porosidad del material varía entre $2\frac{1}{2}\%$ y 4% , resultado realmente sorprendente tratándose de un mortero a base de cemento. Dichos ensayos se efectuaron de acuerdo con las condiciones establecidas por las Obras Sanitarias de la Nación para caños de material vítreo.

“El uso de caños de concreto para la conducción de aguas

servidas no es de práctica reciente; realmente, puede decirse que durante los últimos 40 años ha sido de práctica general colocar caños cloacales de concreto en los Estados Unidos, existiendo actualmente unas 84 ciudades americanas que han empleado casi exclusivamente caños de concreto en su sistema cloacal.

“En el año 1860 se empezaron a construir en París cloacas de concreto y actualmente hay de 200 a 300 millas de cloacas de concreto funcionando en esa ciudad. En Acheres, París, existen colectoras construídas en los años 1895/7 de 77 kilómetros de longitud que funcionan bajo una presión de 4 atmósferas.

“En Genevilliers, París, hay una cañería maestra de ese material que trabaja bajo la misma presión y con una extensión de 11.5 kilómetros; fué colocada en el año 1897. En Pierrelaye, Méry, Chanteloup, St. Onen — l'Aumone, Herblay, Triel, Carrieres-Sous-Poissy, se colocaron cloacas en los años 1898/99 en una extensión de 120 kilómetros; trabajan bajo una presión de 3 atmósferas.

“Luego, en fechas subsiguientes, se construyeron colectoras por la Municipalidad de París, como sigue:

En 1905/6 — 17 kilómetros, con diámetros que varían de
0.30 a 1.00 en Picquenard — Poissy.
En 1912/13 — 2.5 kilómetros en Pierrelaye.

“En la Ciudad del Rosario de Santa Fé, se han colocado desde el año 1915, hasta el 30 de Junio de 1921, las siguientes extensiones de caños de concreto de diversas dimensiones:

6''	—	26,600	metros	lineales.
8''	—	19,250	''	''
12''	—	10,200	''	''
15''	—	10,120	''	''
18''	—	876	''	''
20''	—	700	''	''
21''	—	815	''	''

CAÑOS DE CONCRETO REFORZADOS

Notación. —

R_i	—	Radio interior del caño
R_e	—	„ exterior del caño
M_m	—	„ hasta el centro del esfuerzo circunferencial.
f_i	—	Tensión superficial interior s/pared debido a P.Ri
f_e	—	„ „ exterior
τ_b	—	„ s/concreto
τ_e	—	„ s/acero
P	—	Presión interior en el caño
F_e	—	Area del acero
F_b	—	Area del concreto
E_e	—	Módulo de elasticidad de acero
E_b	—	„ „ „ de concreto
$\frac{E_e}{E_b}$	=	15
δ	—	espesor de la pared del caño.

“En el caso de un caño de concreto que debe estar sujeto a una presión interior, este debe ser a la vez impermeable para el agua y lo suficientemente fuerte para resistir las tensiones debidas a la presión que está llamado a soportar. El caño de fabricación centrífuga no sólo cumple admirablemente la primera condición sino que también y con igual facilidad la última, mediante la incorporación de acero en cantidad y forma conveniente en la pared del caño. Antes de describir la sucesión de operaciones en la producción de un caño reforzado, se discutirán primero ciertas precauciones a observarse en el diseño del refuerzo.

“**Refuerzo Tangencial.** — Fácilmente puede demostrarse que la presión interior de un caño perfectamente circular produce tensión tangencial en las paredes, lo que tiende a producir la ruptura según una generatriz. La tensión así producida, sin embargo, no es uniforme en toda la sección, siendo mayor en la super-

ficie interior y disminuyendo gradualmente hacia la exterior.

“Así en el asunto tratado por Barlow demuestra que la tensión en la superficie interior es $f_i = \frac{p \cdot R_e}{\delta}$ y que la tensión f en cualquier radio R varía inversamente de R^2 .

TEORIA DE BARLOW

“Si un cilindro se somete a una presión interna p los radios R_e y R_i aumentarán debido al alargamiento del material.

$$\text{Radio } R_e \text{ tomará el valor } R_e + N_e \quad R_e = R_e (1 + N_e)$$

$$\text{„ } R_i \text{ „ „ „ } R_i + N_i \quad R_i = R_i (1 + N_i)$$

“Donde N tiene un valor insignificante que corresponde al estiramiento elástico del material.

“El área de la sección del cilindro será igual antes y después de la aplicación de la presión.

$$\text{“Entonces } \pi (R_e^2 - R_i^2) = \pi \left\{ R_e^2 (1 + N_e)^2 - R_i^2 (1 + N_i)^2 \right\}$$

de donde se saca $R_i^2 (N_i^2 + 2 N_i) = R_e^2 (N_e^2 + 2 N_e)$

“Siendo N de un valor muy pequeño, N^2 será mucho más pequeño y por eso puede ser eliminado.

$$\text{“Entonces la ecuación será } \frac{R_i^2}{R_e^2} = \frac{f_e}{f_i} \text{ o } f_i R_i^2 = f_e R_e^2$$

“En otras palabras, la tensión f en cualquier lámina del anillo varía inversamente con el cuadrado de su radio.

“Considerando la tensión f en la lámina del radio R y espesor DR de profundidad unitaria, la tensión total en cualquier sección de la lámina será

$$F \cdot DR = \frac{f_i R_i^2}{R^2} DR = f_i R_i^2 \cdot R^{-2} DR$$

“La tensión total en la pared del cilindro será:

— 351 —

$$\begin{aligned}
 &= f_i R_i^2 \int_{R_i}^{R_e} R^{-2} DR \\
 &= f_i R_i^2 \left(\frac{R_e^{1-2} - R_i^{1-2}}{1-2} \right) \\
 &= \frac{f_i R_i^2 R_e^{-1} - f_i R_i}{-1}
 \end{aligned}$$

(Sustituyendo el valor de $f_i R_i^2$ de arriba)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{f_e R_e - f_i R_i}{-1} \\
 &= f_i R_i - f_e R_e
 \end{aligned}$$

“Este valor de la tensión total en la pared resulta de la presión total $p R_i$ y por consiguiente $p R_i = f_i R_i - f_e R_e$.

Substituyendo el valor de f_e , entonces

$$p R_i = f_i R_i - \frac{f_i R_i^2 \times R_e}{R_e 2}$$

“Dividiendo por R_i y reduciendo:

$$\begin{aligned}
 p R_e &= f_i R_e - f_i R_i \\
 p R_e &= f_i \delta
 \end{aligned}$$

“NOTA:—Todas las teorías de cilindros gruesos indican que la tensión sobre el interior es mayor que la del exterior cuando se somete el cilindro a una presión interior, pero no todos concuerdan respecto a la distribución de la tensión. En lo siguiente se adoptará la teoría expuesta.

“Cuando se aplica la tensión simultáneamente a dos materiales tales como el acero y el concreto perfectamente unidos, la tensión unitaria sobre cada material será proporcional al valor de su respectivo módulo de elasticidad es decir que la relación de la tensión unitaria en el acero a la tensión unitaria en el concreto

será $\frac{E_e}{E_b}$

“Desgraciadamente, si bien el valor E_e permanece casi constante en todas las clases de aceros empleados para refuerzo, el

valor E_b que tiene un gran alcance, depende de factores muy variables como ser: clase de materiales usados en el concreto; proporción de cada material; edad del ejemplar examinado; tensiones límites entre las que se considera, como también otros varios factores, y por consiguiente no puede darse una cifra definida que cubra todos los casos. Es costumbre, sin embargo, suponer que

el valor de $\frac{E_e}{E_b} = 15$ de lo que se deduce que, siempre que esos

dos materiales actúan en combinación, la tensión unitaria sobre el acero será 15 veces la tensión unitaria sobre el concreto.

“Aunque muy resistente a la compresión, el concreto es relativamente débil para trabajar a tracción lo que limita a un valor muy reducido la tensión unitaria que se puede emplear, si se debe estar a cubierto de rupturas en el concreto. En el caso de caños que conducen líquidos bajo presión, es muy deseable, del punto de vista de la impermeabilidad, evitar rajaduras no pudiéndose exceder una tensión de unidad segura y por tanto la tensión unitaria en el acero deberá igualmente ser baja.

“**Tensión admisible en el concreto.** — Caños centrifugados sin refuerzo, de una mezcla 1 — 2 1/2 cemento-arena, repetidamente han dado en pruebas valores de f_i hasta y aun arriba de 40 kls. por c. cuadrado, pero no se propone adoptar valores tan altos en la práctica.

Se recomienda que el valor máximo de f_i en el concreto en ningún caso exceda de 20 kgs. por c. c. si es que se desea absoluta impermeabilidad en el caño.

Tensión admisible en el acero. — Como se demostró anteriormente la tensión unitaria en el acero es 15 veces mayor que en el concreto (actuando conjuntamente acero y concreto). Igualmente se demostró que la tensión en la pared producida por la presión interior varía desde un máximum en la superficie interior hasta un mínimum en la exterior. La tensión permitida en acero entonces será 15 veces la tensión del concreto en el punto de la pared donde está situado el acero, o en otras palabras, cuanto más se aproxima el valor de R_m al valor de R_i , más elevada será la tensión admisible.

“La tensión unitaria f_e en el concreto en un radio R será

$f_e = \frac{f_{ei} \times R_i^2}{R^2}$ y por consiguiente la tensión unitaria admisi-

ble en el acero τ_e será $15 \frac{(f_{ei} R_i^2)}{R^2}$

“Colocando el acero lo más cerca posible de la superficie interior de la pared no solamente se obtiene una reducción en F_e pero también debido al menor diámetro de la espiral de refuerzo, la longitud de cada espiral es menor con una correspondiente economía en el peso del acero necesario, pero consideraciones prácticas limitan la extensión en que pueden efectuarse economías sobre este punto.

“En el caso de paredes de 5 cm. de espesor y menores, probablemente el mejor sitio para colocación del acero es lo más cerca posible del centro de la pared.

“Desgraciadamente, no siempre puede contarse con que el acero y el concreto actúen conjuntamente.

“Rajaduras accidentales en el concreto, producidas en la fabricación, transporte o manipulación pueden — aunque sean invisibles — hallarse presentes, y en tal eventualidad toda la tensión producida por la presión interior será soportada por el acero. El correspondiente alargamiento producido en el acero permitiría a la rajadura abrirse ligeramente, y si la presión interior y la tensión unitaria en el acero fuesen muy elevadas podría producirse un escape apreciable. Por una apertura dada, cuanto mayor es la presión, mayor es el escape y por esta razón, si la presión interior es alta, la tensión unitaria en el acero (actuando solo el acero) deberá mantenerse baja, mientras que si la presión interior es baja son admisibles tensiones algo mayores en el acero.

“Cuando la presión interior no excede 2 atmósferas, la tensión admisible en el acero podría alcanzar hasta 700 kgs. por cm^2 (actuando el acero solo), pero, a medida que se aumenta la presión interior esta cifra deberá reducirse.

“Otro detalle importante es la adherencia “entre concreto y acero”. Para que la tensión sea repartida en proporción correcta en cada material por todos los puntos alrededor de la circun-

ferencia, es esencial que esta sea lo más alta posible. Si hubiera rajaduras accidentales presentes en el concreto, una adherencia baja podría permitir un estiramiento del refuerzo en alguna distancia, en cualquier lado de la rajadura, resultando que una longitud mayor de acero estaría soportando la tensión total, con el consiguiente alargamiento mayor y apertura correspondiente de la rajadura. De aquí, mayor escape.

“El refuerzo más satisfactorio para caños grandes es cualquiera de los muchos tipos de barras deformadas, y para caños de diámetro inferior se recomienda un tejido soldado, convenientemente proporcionado.

“Luego las precauciones más importantes a observarse al diseñar un caño de concreto reforzado para resistir presión interior son:

- “a) Cuando el acero y el concreto actúan conjuntamente, la tensión unitaria en el concreto deberá ser tal que la ruptura del concreto no puede producirse.
- “b) Si se produjesen rajaduras accidentales en el concreto, en cuyo caso toda la tensión sería soportada por el acero, la tensión unitaria en este último deberá ser limitada a un valor tal que el alargamiento resultante no abra la rajadura suficientemente como para permitir escape apreciable.
- “c) El refuerzo empleado deberá ser de forma tal que ofrezca una adherencia máxima entre el acero y el concreto.

Refuerzo longitudinal. —

“No es solamente necesario reforzar un caño de concreto contra las tensiones debidas a la presión interior, sino que se deberá incorporar una cierta cantidad de acero para protegerlo contra las tensiones longitudinales.

“Estas últimas pueden ser producidas por diversas causas, a saber: (a) Variación de temperatura en el líquido conducido o en la tierra próxima al sitio donde está colocado el caño, lo que causará las correspondientes variaciones en la pared; (b) el “momento” de flexión producido por causas como asentamiento de la tierra después de la colocación, el efecto de cargas pesadas que

pasan encima de la cañería terminada, etc., etc. y (c) una combinación de lo arriba mencionado.

“Las tensiones longitudinales tienden a producir ruptura alrededor de la circunferencia y la causa principal de estas tensiones es la variación de temperatura, lo que produce expansión y contracción de los materiales. Los “momentos” de flexión resultantes de las causas antes dichas pueden ser enormemente reducidos mediante preparación cuidadosa del lecho donde se coloca el caño, apisonando bien alrededor del caño el relleno de la zanja y colocándolo a suficiente distancia bajo el nivel del suelo, y entonces estos no son, excepto en casos especiales, de suficiente importancia para darles consideración particular. Las tensiones producidas por variaciones de temperatura son, sin embargo, importantes. Se supone que cuando el material de la pared del caño está a una temperatura que corresponda a la media del año, no habrá tensiones de temperatura. Pero sin embargo, la temperatura del material varía arriba o debajo de esta media, se producirán las correspondientes fuerzas de compresión o tensión.

“Siendo el concreto un conductor de calor muy pobre, los extremos de temperatura que alcanzará una pared de caño generalmente serán más bajos que la del líquido que conduce a la del terreno próximo, y se ha encontrado que, aun en países con alta temperatura de verano y baja temperatura invernal, la variación en las paredes del caño nunca es probable que exceda 10 grados C en más o menos que la media.

“Los coeficientes de dilatación del acero y del concreto son afortunadamente, de casi iguales valores; siendo el del concreto .0000108 por grado C y la del acero .0000117 por grado C.

“Suponiendo, entonces, que a una temperatura media no habrá tensiones de temperatura, una baja de 10 grados de la media producirá una fuerza de tensión en el concreto de

$$.0000108 \times E_b \times 10 = .0000108 \times 141000 \times 10 = 15.228 \text{ kgs.}$$

por c. c. tomándose E_b á 141000 kgs. por c. c.

Aunque la tensión resultante de la máxima temperatura no alcanza la carga de seguridad en el material, si el caño a la vez está sujeto al “momento” de flexión de τ_b podría sin embargo alcanzar el límite de ruptura. Se podrán tomar precauciones

eficaces contra las tensiones de temperatura, haciendo uniones convenientes entre cada dos caños. Estas deben de ser de una naturaleza que permita un cierto y limitado movimiento longitudinal y a la vez que sea impermeable. En todo tiempo se han recomendado muchos tipos de uniones, varias de las cuales han resultado eficientes en la práctica, bajo las condiciones que fueron ideadas.

Unión de los caños. —

Los caños fabricados en Rosario llevan en sus extremidades una especie de nicho en el que se coloca una materia plástica que se adhiere firmemente a la superficie del hormigón.

Luego de colocar esta materia en el nicho de cada caño a unirse se ajustan uno al otro con un gato u otro medio conveniente.

Sobre la unión se coloca un collar de hormigón que tiene una superficie interior cóncava; dejando una solapa igual sobre los extremos de cada caño y se rellena enseguida el espacio anular con una lechada de cemento.

Antes de hacer la unión, se pintan los extremos del caño en la superficie exterior, con una mano de pintura asfáltica, lo que evita que la lechada de cemento que rellena el collar se adhiera firmemente al caño, constituyendo así un elemento elástico entre el anillo y el caño que permite el ligero movimiento necesario para la contracción y expansión causadas por cambio de temperatura.

La lechada de cemento que rellena el anillo impide que se empuje hacia afuera la mezcla plástica debido a la presión del agua en el interior del caño, mientras que esta misma presión, mantiene un contacto íntimo entre el material plástico y la cara exterior del nicho, asegurando de este modo la impermeabilidad.

De esta manera la tensión longitudinal en el caño está reducida a la necesaria para ligeramente tirar el caño desde el collar, y la experiencia ha demostrado que el concreto solo puede soportar eficazmente esta tensión.

Otra forma de unión es la empleada por la Sociedad Vianini que fué la primera que adoptó para los tubos que llevan su nom-

bre, de los nos ocuparemos más adelante, una junta que corresponde a una patente de su invención.

Esta unión no difiere sustancialmente de la empleada en los tubos metálicos. La extremidad de los tubos Vianini tienen una forma acordonada y en bisel de tal manera que el espacio comprendido entre la superficie interna del cordón y la superficie externa del bisel presenta una sección transversal ligeramente cónica. En este espacio se introduce una cuerda hecha plástica mediante una mezcla bituminosa preparada de manera que aunque la temperatura se avecine a 0° quede plástica y no se licúe a los 70° sobre cero.

La cuerda así embebida es cuidadosamente colocada en el espacio anular y contra ella se aplica un estrato de lana de plomo o plomo fundido debiendo efectuarse el calafateado con mucho cuidado pues los golpes pueden dañar la solidaridad del cemento. Se obtiene así una especie de guarnición en la cual hay un anillo comprimiendo la guarnición la que debido a la presión del líquido tiende a comprimirse contra el anillo. Dado el perfil del espacio anular es evidente que si el anillo de plomo por efecto del empuje de la cuerda bituminosa tiende a moverse hacia el exterior no haría otra cosa que asegurar la guarnición porque debe laminarse a través de un espacio cada vez más estrecho.

Esta junta es de gran elasticidad o por lo menos de una elasticidad semejante a la que presentan las juntas de los tubos de fundición.

La elasticidad de la junta es un factor importante en aquellos casos en que pueda tener lugar un ligero desplazamiento del subsuelo.

Cuando el terreno de asiento de la tubería presenta características de absoluta estabilidad, el estrato de plomo, por razones de economía, puede sustituirse por un estrato de cemento, reservando la junta de plomo para garantizar la tubería de los fenómenos de contracción y dilatación por efecto de variación de temperatura.

Por otra parte, la experiencia enseña que es inútil preocuparse por la junta elástica en los conductos y que es mucho mejor trabajar en los meses de baja temperatura, evitando así fuertes contracciones.

Las partes terminales del tubo deben presentar un refuerzo de armadura a fin de darle una resistencia elevada a la tensión y que pueda consentir que la unión se haga mediante una percusión enérgica, sin que se produzcan lesiones.

Las figuras 7, 8, 9 y 10 indican distintas formas de unión empleadas corrientemente.

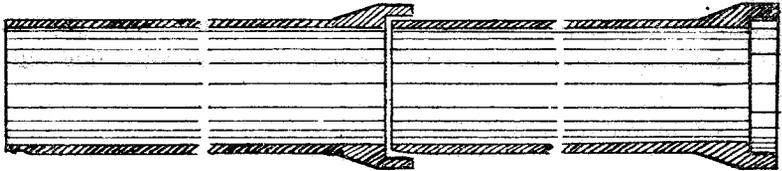


Fig. 7

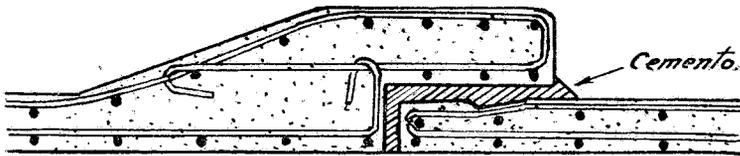


Fig. 8

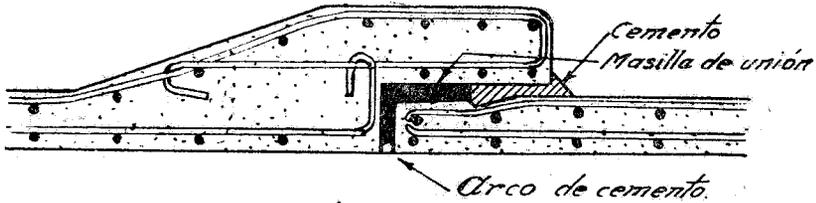


Fig. 9

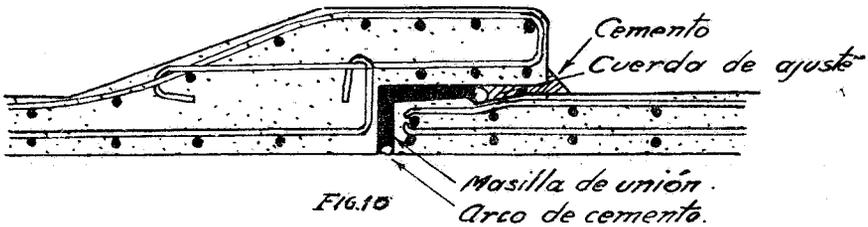


Fig. 10

VENTAJAS CORRESPONDIENTES A LA ADOPCIÓN DE CAÑOS DE CONCRETO REFORZADOS

“Talvez el argumento más notable en favor de estos caños, cuando son empleados para propósitos como la conducción y distribución de agua, es la economía.

“Indudablemente el costo de tales caños ideados para presiones moderadas, es considerablemente menor que el de caños de acero o fierro fundido.

Mediante su uso, se evita enteramente la incrustación de la superficie interior, tan común en el caso de caños de metal, y así se mantiene indefinidamente su sección entera. Mientras que la posibilidad de su deterioro está casi totalmente eliminada, la resistencia del material aumenta con el transcurso del tiempo.

PROCEDIMIENTO DE FABRICACION

“El procedimiento seguido en la fabricación de caños reforzados es, en principio, similar al descrito anteriormente, para la fabricación de caños cloacales sin reforzar.

“Haciendo girar la máquina y el molde, se introduce y deposita la mezcla en el modo usual. Sin embargo, durante la primera operación se coloca en el molde solamente un espesor correspondiente al que va fuera del refuerzo, y se moldea en forma circular por medio de la cuchilla raspadora. Entonces se detiene la máquina, y, dentro de esta capa de concreto que lo mantiene en una posición perfectamente concéntrica con respecto al eje del caño, se coloca un refuerzo preparado con anterioridad y que combina a la vez el refuerzo tangencial y longitudinal.

“Se hace girar nuevamente la máquina y se deposita otra capa de mezcla que da a la pared del caño el espesor deseado y consolida perfectamente el concreto alrededor del elemento de refuerzo. Las operaciones de pulido y terminación explicadas anteriormente se efectúan ahora y el caño terminado y su molde se retiran juntamente de la máquina.

TUBOS VIANINI

Dijimos ya que el primer procedimiento práctico para la fabricación de tubos de cemento armado para conductos a presión fué debido a la Sociedad Vianini.

Los tubos Vianini ocupan técnicamente en la actualidad el primer puesto en la industria de tubos de cemento.

Los primeros sistemas de fabricación derivados de la vieja patente Vianini (1910, 1911, 1912, 1913) se valían de la fuerza centrífuga desarrollada en la mezcla por la rápida rotación del molde para obtener la formación del tubo, cuyos inconvenientes ya hemos señalado.

Con la última patente Vianini (1914-1925) ha sido necesaria una transformación radical del mecanismo y la fabricación de los tubos está basada en la distribución homogénea de la mezcla sobre la superficie interna del molde y compresión de la misma por rotación.

En 1915, independientemente de estos ensayos que se efectuaban en Italia, la Compañía Constructora de O. S. de Rosario, encomendó a Moir y Buchanan estos ensayos.

Ya hemos descrito detalladamente los procedimientos de fabricación y la máquina empleada en Rosario, la cual es análoga a la que se construyó en Roma un poco antes. La Sociedad Vianini reivindicó la prioridad de la invención en base de su patente de 1913.

Describiremos ligeramente algunos detalles sobre la fabricación de estos tubos, así como los estudios y experiencias realizados sobre los mismos.

Moldes. —

Los moldes son de acero, cuidadosamente calibrados, compuestos de dos o más partes, en el cual se introduce la mezcla cuando el molde se ha colocado en la máquina y está perfectamente centrado. Con tal sistema es posible introducir en una vuelta la mezcla cementicia, mientras que el aumento o decrecimiento gradual de velocidad impiden que un cambio brusco en el movimiento de rotación produzca esfuerzos de torsión en el tubo que podría ocasionar una rotura transversal.

El escrupuloso calibrado del molde y la perfecta horizontalidad del eje de rotación impiden la ovalización del tubo y la diferencia de espesor de un extremo a otro del eje (fig. 11).

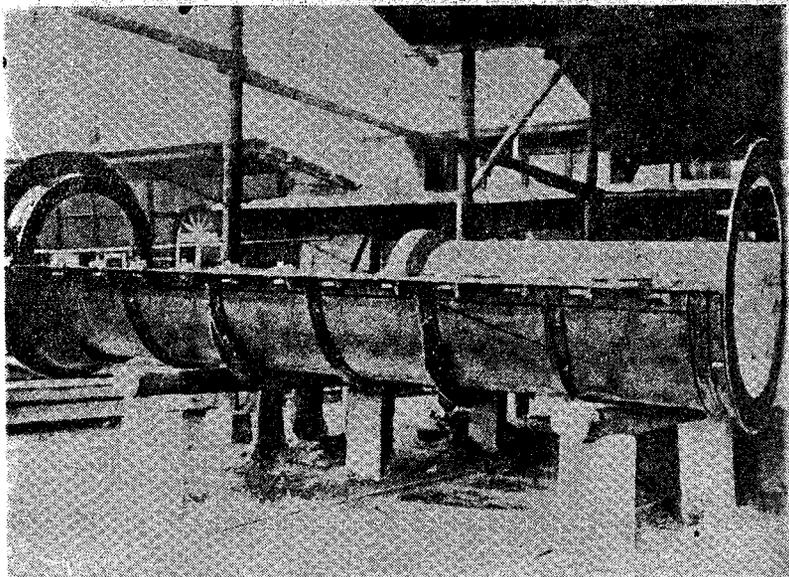


Fig. 11. — Molde abierto para tubos de 0,800 m. de diámetro el extremo izquierdo está munito de un dispositivo para formar el enchufe.

Armaduras. — Las armaduras metálicas de los tubos Viani ni son confeccionadas mecánicamente, con dispositivos patentados, mediante los cuales se obtiene una distribución regular del hierro.

La armadura se prepara en un tambor de madera (fig. 12) dándole la forma de una hélice continua, cuyo paso y diámetro vería según la presión que debe soportar el tubo. La armadura se compone de fierros en espiral y fierros longitudinales. La unión entre la directriz y la generatriz se hace por soldadura eléctrica o por ligadura.

Con la adopción de este sistema de armadura se encontraron en un principio ciertas dificultades.

Se había notado en efecto que al quitar la armadura del tambor sobre el cual estaba dispuesta, había una cierta tendencia del acero a desenvolverse, con la consiguiente desviación heli-

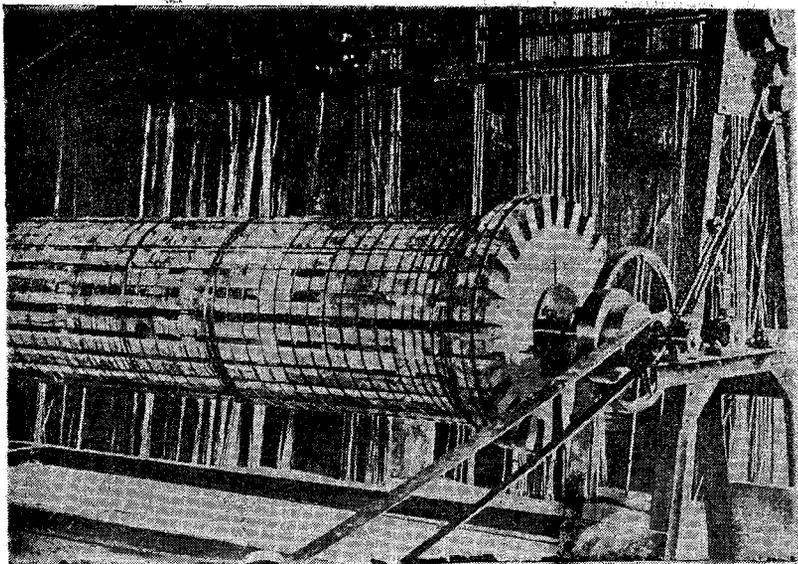


Fig. 12. — Tambor para la formación de armaduras metálicas.

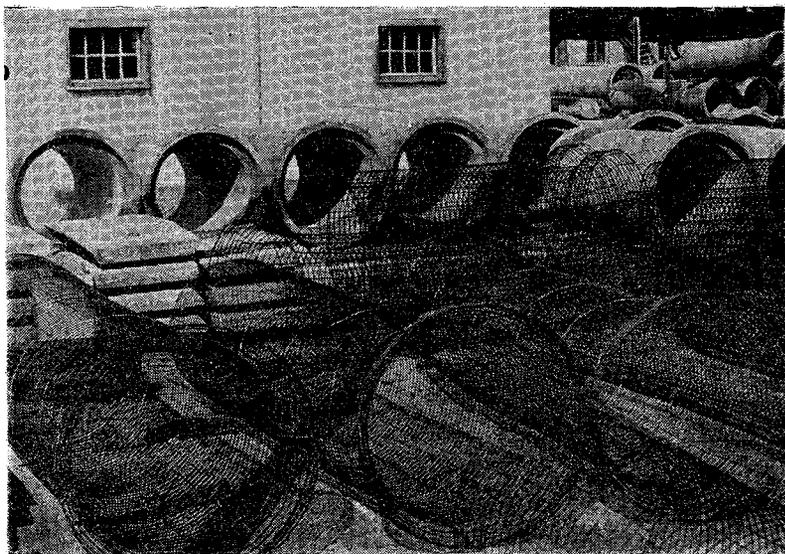


Fig. 13. — Armaduras metálicas.

coidal de la generatriz rectilínea dando lugar a un acortamiento o alargamiento de toda la armadura.

Por otra parte durante la rotación se notaba el afloramiento del hierro en el interior o exterior del tubo debido a la flexibilidad de la armadura en el sentido del eje longitudinal, destruyendo así la uniformidad en la disposición de la armadura en la masa cementicia, produciéndose oxidaciones en el metal que perjudicaba la durabilidad del tubo. Además de estos inconvenientes se notaban en el tubo lesiones normales a su eje debido al esfuerzo de corte producido por la dilatación del fierro con el aumento de temperatura.

El estudio y examen de tales inconvenientes hizo adoptar un nuevo tipo de armadura perfectamente rígida, constituida por hélices arrolladas en los dos sentidos formando una especie de malla romboidal y en la cual las armaduras longitudinales están dispuestas de modo que se encuentran comprendidas entre las diversas espirales (fig. 13).

Se ha constatado que esta armadura es rígida e indeformable no pudiendo sufrir deformaciones ni antes ni durante la fabricación del tubo; ofreciendo el fierro mayor superficie de adhesión al cemento y mayor repartición de las armaduras en el conglomerado, siendo rerísimas las fisuras transversales. Durante la centrifugación la armadura debe centrarse de un modo perfecto.

La proporción de armadura varía según el fin y en caso de conducto forzado la sección de fierro alcanza al 10 % de la sección de la mezcla.

La proporción de armadura se fija generalmente de modo que despreciando la resistencia de la mezcla la tensión resultante no sobrepase los 800 kg/cm².

Mezcla y dimensiones corrientes. —

La composición de la mezcla por m³ es la siguiente:
 780 a 800 litros de ripio fino de un diámetro no mayor de 20 m/m
 140 a 160 „ „ arena sola o mezclada con polvo de piedra
 450 a 550 kgs. de cemento portland de calidad superior
 10 % a 11 % de agua sobre el peso del material empleado

Una excesiva cantidad de agua actúa desfavorablemente sobre la resistencia.

El peso específico de la mezcla es de 2.32.

Para tubos de diámetro interno de 10 a 90 cms. la longitud de los mismos es de 2 a 4 mts.

Para diámetros internos de 95 a 200 cms. la longitud es de 2.45 mts.

Los espesores de las paredes de los tubos Vianini varían de 20 m/m para tubos de 10 cms. de diámetro a 150 m/m para tubos de 200 cms. de diámetro.

Una vez confeccionados se dejan alrededor de 24 horas en el molde, después puede quitarse el molde y se lo conserva en un lugar húmedo al reparo del sol y 48 horas después pueden ser llevados a los depósitos o playas de almacenamiento donde se los recubre con arena húmeda durante 15 a 20 días.

Después pueden ser levantados sin ningún peligro y amontonados bajo techo para dejarlos endurecer uno o dos meses por lo menos, antes de ser utilizados en obra.

Impermeabilidad. — Un problema a resolver en los conductos de cemento armado era el relativo a la impermeabilidad de su pared, bajo presiones elevadas del líquido conducido.

El proceso de fabricación Vianini ha demostrado que aun bajo presiones elevadas la impermeabilidad es absoluta.

Podríamos citar como ejemplo el gran sifón construido por la Sociedad Vianini que alimenta el depósito de la Ciudad de Bari. Los técnicos de la Cía. Concesionaria del Acueducto Pugliesi, encontraron que la superficie externa estaba completamente seca y deseando conocer hasta qué profundidad la pared del tubo era permeable al agua bajo presión, hicieron una trepanación de la pared y constataron con verdadera maravilla que todo el espesor, cerca de 40 mm., estaba perfectamente seco, excepción hecha del último estrato interno que no pudo ser apreciado.

Patentes Vianini (en el exterior). — Con los procedimientos de fabricación ya descriptos, Vianini obtuvo patente también en Alemania, donde con anterioridad le había sido negada, aquella relativa al proceso por centrifugación, no porque hubiera habido aplicaciones precedentes, sino por el inconveniente derivado de la centrifugación. No es el caso entrar a detallar el riguroso examen a que fué sometido el nuevo procedimiento de fabricación, bástese.

nos decir que la Sociedad Vianini, con la intervención de los técnicos de la Oficina de Patentes después de practicar una larga serie de experiencias demostraron que todo fenómeno de centrifugación había sido eliminado.

El procedimiento Vianini de fabricación de tubos por rotación y distribución interna goza hoy de plena aplicación en Suiza, Alemania, Austria, Inglaterra, Francia y aún en el lejano Japón.

Aplicación del sistema Vianini. — La primera gran aplicación que tubo el procedimiento Vianini, fué en la construcción de la derivación del Acueducto Pugliese que está comprendida entre el canal principal y la costa Adriática que va de Barletta a Bari.

Son en total 200 kms. de tubación con un diámetro de 150 a 800 mm. y una presión superior a 4 atmósferas.

Esta derivación alimenta 30 Comunas con una población total de unos 600.000 habitantes.

Esta obra ya en servicio desde hace unos 15 años ha dado resultados satisfactorios, no obstante el temor que se tenía por el empleo de un material no metálico, en una obra donde sólo el metal parecía ofrecer suficiente garantía de seguridad.

Desde aquella época hasta hoy las patentes Vianini han sufrido notables perfeccionamientos, tanto que mientras entonces la construcción de conductos para presiones un poco superior a 3 atmósferas parecía ya un atrevimiento, hoy la Sociedad Vianini construye industrialmente tubos aptos para soportar presiones hasta 10 atmósferas.

Los distintos estudios y experiencias realizadas sobre los tubos Vianini han venido a confirmar que éstos representan un producto típico, por su conformación, por su característica especial y sobre todo por su excepcional resistencia, muy superior a la de productos análogos.

A continuación extractamos un interesante estudio del Profesor M. Rôz director del Laboratorio de Ensayos de Materiales del Politécnico de Zurich, quien ha hecho experiencias sobre los materiales empleados en la fabricación de los tubos Vianini y probado la resistencia, a la flexión, compresión, corte, trabajo mecánico, etc., de los tubos Vianini terminados.

RESULTADO DE LAS PRUEBAS SOBRE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LA FABRICACION DE TUBOS VIANINI

Los materiales empleados en la fabricación de los tubos Vianini: cemento portland, arena y armaduras presentan las siguientes resistencias:

I Cemento Portland superior de la Fábrica Holderbank

La resistencia con mezcla 1:3 al estado húmedo o al estado plástico según las normas suiza de 1919-25 son las siguientes:

Edad en días	Resistencia	Resistencia	Resistencia	
	a la tracción	a la tracción y a la flexión	a la compresión	
	β_z	β_b	β_a	
	En Kg. por cm ²		en Kg. por cm ²	
	húmeda	plástica		
3	28	32	365	183
7	43	48	594	318
28	46	59	753	382
Agua de amasado	9,4 %	11 %	9,4 %	11 %
Peso específico	2,34	2,20	2,34	2,20

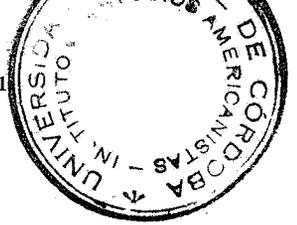
Tiempo de fragüe: principia a las 5 horas y termina a las 12 horas, a la temperatura de 15° C.

Fineza de molienda: el 2 % de residuo en un cedazo de 4900 mallas.

El cemento Portland de calidad superior de Holderbank corresponde a la norma reglamentaria Suiza (fig. 14).

II Arena de Reuss cerca de Flüetlen y mortero de construcción obtenido con esta arena

El examen químico de esta arena resulta compuesta mitad de calcáreos y mitad sílice con granos no mayores de 10 mm. (En Italia la Sociedad Vianini y Cía. emplea casi exclusivamente arena producida por trituración de roca).



mini son: cemento portland, arena y armaduras presentan las si-

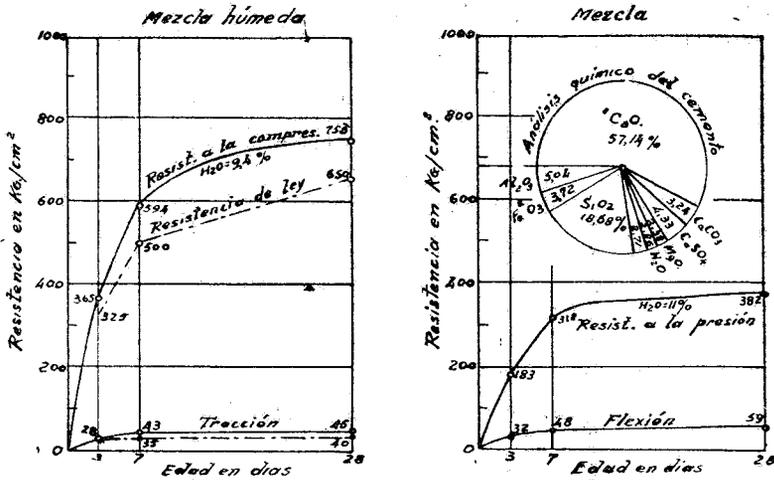


Fig. 14. — Cemento Portland — Consistencia húmeda y plástica.

En el caso de grandes tubos el grueso máximo de los granos no debe sobrepasar los 15 m/m. si se desea obtener un íntimo recubrimiento de las armaduras y la compacidad necesaria.

La resistencia de la mezcla en la proporción 1:3 con arena de Reuss, al estado húmedo y al estado de consistencia plástica tiene los valores siguientes:

Edad en días	Resistencia	Resistencia	Resistencia	
	a la tracción	a la tracción y a la flexión	a la compresión	
	β_z	β_b	β_a	
	en Kg. por cm ²			
	húmeda	plástica	húmeda	plástica
3	40	50	511	302
7	46	54	724	345
28	56	63	916	413
Agua de amasado	8 %	10 %	8 %	10 %
Peso específico	2,43	2,32	2,43	2,32

La resistencia de la mezcla al estado de buena consistencia plástica, la que es empleada para la fabricación de los tubos, es óptima (Fig. 15).

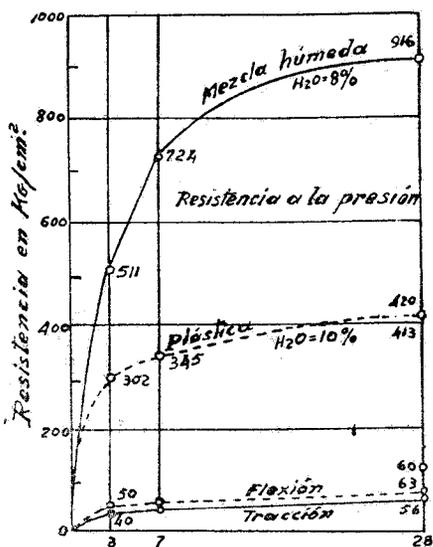


Fig. 15. — Resistencia de mezcla de construcción con arena de Rouss.

Las pruebas comparativas hechas con prismas de mortero centrifugado con el sistema "Vianini" constituido por una mezcla de cemento y arena en proporción de 1:3,5 partes en peso y de consistencia uniforme muy plástica, con agregado de agua del 10 a 11 % del peso de los áridos que es precisamente el mortero adoptado para la fabricación de los tubos, han dado los siguientes resultados.

Resistencia a la flexión $\beta_b = 60 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia a la compresión $\beta_d = 420 \text{ ,, ,,}$

Módulo de elasticidad a la compresión para σ hasta 60 kg/cm^2 $E_d = 290.000$

Fraguado bajo el agua durante 28 días.

Estos resultados concuerdan prácticamente muy bien con los valores correspondientes de resistencia anteriormente indicados.

$$\beta_d = 63 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{y} \quad \beta_d = 413 \text{ kg/cm}^2$$

para mortero no centrifugado en la proporción de 1:3 al estado de consistencia plástica.

Si se considera que el dosaje de cemento del mortero adoptado para la fabricación de tubos es un poco inferior a 1:3 y que la cantidad de agua es un poco mayor, se concluye en consecuencia que la resistencia a la flexión y a la compresión no sufren ningún perjuicio con el tratamiento "Vianini".

La determinación del módulo de elasticidad por tracción con probetas no centrifugadas con una sección de rotura de 70 cm² y para la compresión con probetas en forma de prismas de 12 × 12 × 36 cms. con un dosaje de 450 kg. de cemento Portland por metro cúbico (mezcla 1:3,5) de buena consistencia plástica (agua 10 %) fraguado al aire ha dado para β y para E los valores:

	Edad 28 días	Edad 200 días
TRACCION:		
	kg por cm ² .	
Resistencia	βz = 32	34
Módulo de elasticidad para δ hasta 20 kg/cm ²	Ez = 364.000	330.000
COMPRESION:		
Resistencia del prisma	β _d = 470	571
Módulo de elasticidad para σ hasta 60 kg/cm ²	E _d = 300.000	325.000

Los valores de la resistencia a la compresión y del módulo de elasticidad obtenidos en este examen concuerdan perfectamente, excepción hecha para la resistencia a la tracción con los valores correspondientes a los exámenes anteriores. (Fig. 15).

La excentricidad inevitable de la fuerza de tracción Z, la no homogeneidad de la mezcla y la tensión de contracción influyen de un modo muy desfavorable sobre los valores de la resistencia a la tracción así que tales valores, determinados como tensión

de rotura uniformemente distribuída $\beta z = \frac{Z}{F}$, aparecen notablemente más bajos que la tensión máxima que efectivamente se determina en la fibra extrema.

III Fierro de armaduras

El valor medio de once fierros de armadura de (ϕ 10 m/m.) sometidos a la prueba de tracción han dado los siguientes resultados:

Límite de elasticidad	$\delta p = 2,70 \text{ t/cm}^2$
Resistencia a la tracción	$\beta z = 4,15 \text{ ,,}$
Alargamiento de rotura	$\lambda = 27,7 \%$
Contracción	$\varphi = 74,3 \%$
Coefficiente de calidad	$c = \beta \lambda = 1,15$
Módulo de elasticidad	$E = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2$

RESULTADO DE LAS PRUEBAS Y RESISTENCIAS DEL TUBO "VIANINI" TERMINADO

1. — Constitución de hormigón

El análisis químico (examen hecho en diversos puntos de la sección transversal del tubo centrifugado) ha mostrado una distribución prácticamente uniforme del contenido del cemento a lo largo de la sección transversal del tubo, a excepción de la zona más interna. El dosaje de cemento correspondiente a los 9/10 del espesor exterior del tubo varía entre 466 y 490 kg. de cemento por m³., alcanzando así un promedio de unos 475 kgs. por m³. La capa interna de la pared del tubo tiene un espesor de 2 a 5 mm; es muy compacta, finamente granulada, de color gris, presentando en promedio un contenido de 1400 kgs. de cemento por m³. de hormigón.

El contenido medio del cemento de los tubos ensayados llega en cifra redonda a 540 kgs. por m³. de mortero.

El mortero posee una estructura extraordinariamente compacta la cual, debido a la regular distribución de los granos y al gran contenido de cemento especialmente en la capa más interna de un espesor de 2-5 mm, suministra una mayor y eficaz resistencia a las influencias mecánicas y químicas y absoluta impermeabilidad al agua.

2. — Resistencia de los tubos

74 tubos han sido sometidos a las pruebas de resistencias mi-

diéndose con toda exactitud las deformaciones.

- a) Resistencia a la flexión: 14 tubos

diámetro interno	25 — 100 cms.
distancia entre los apoyos	3.2 — 2.0 m.
- b) Resistencia al aplastamiento 32 tubos:

diámetro interno	25 — 200 cms.
largo de los tubos	3,65 — 1,0 m.
- c) Resistencia a la presión interna 28 tubos:

diámetro interno	15 — 200 cms.
largo de los tubos	3,65 — 1,20 m.

La edad de los tubos colocados al aire libre variaba entre 35 y 100 días.

a) **Resistencia a la flexión.** — La prueba de los tubos dispuestos a manera de viga sobre dos apoyos era efectuada por medio de un peso único actuando en el punto medio entre los apoyos, determinado por medio de una transmisión a palanca (prueba en fábrica) (Figs. 16 y 17) o por medio del pistón de Amsler

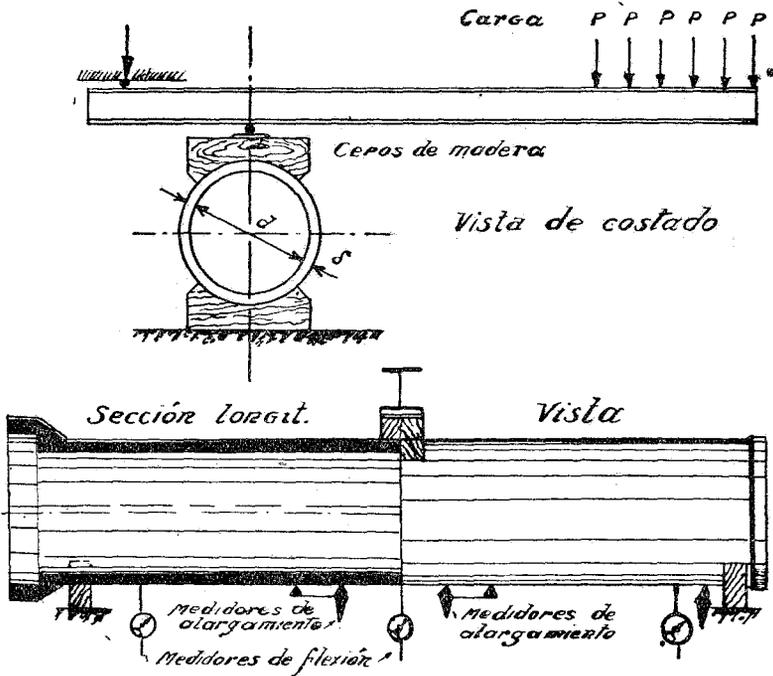


Fig. 16 — Prueba de flexión — Disposición general.

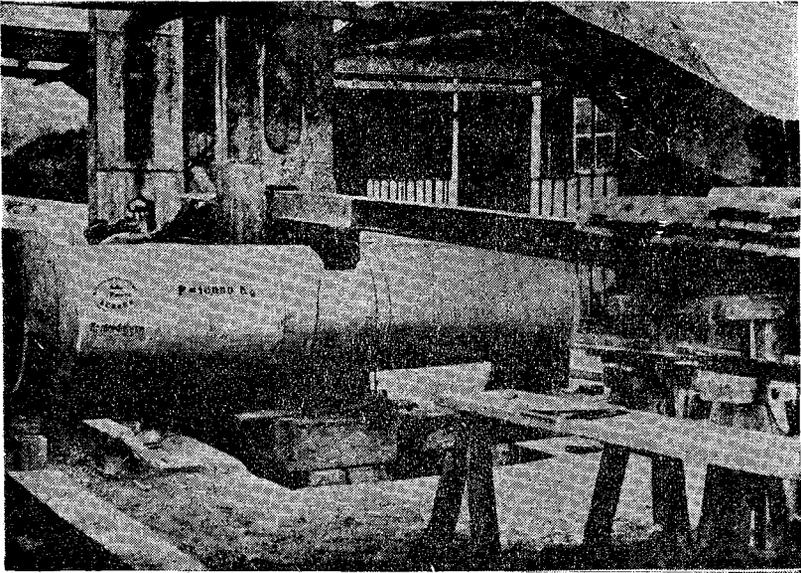


Fig. 17.

(prueba en el Laboratorio Federal para la prueba de materiales)
(Fig. 18).

En sus puntos de apoyo los tubos eran alojados en cepos de encina de forma circular, de un espesor de 8 cms.

La aplicación de la carga central se efectuaba de un modo semejante por medio de un cepo de encina de 16 cms. de espesor. La determinación de cada tensión de flexión y resistencia a la flexión β_b se obtenía aplicando la fórmula de Navier-Hooke:

$$\sigma_b = \frac{M}{W} \quad \text{y} \quad \beta_b = \frac{M_{\max}}{W}$$

Las tensiones así calculadas concuerdan prácticamente, casi exactamente, teniendo en cuenta la sección transversal en forma de anillo del tubo, con las tensiones que efectivamente se determinan.

La carga de rotura P_{\max} y el momento de rotura M_{\max} tienen lugar en el instante en que cesa la resistencia a la tracción y a la flexión de parte de la mezcla.

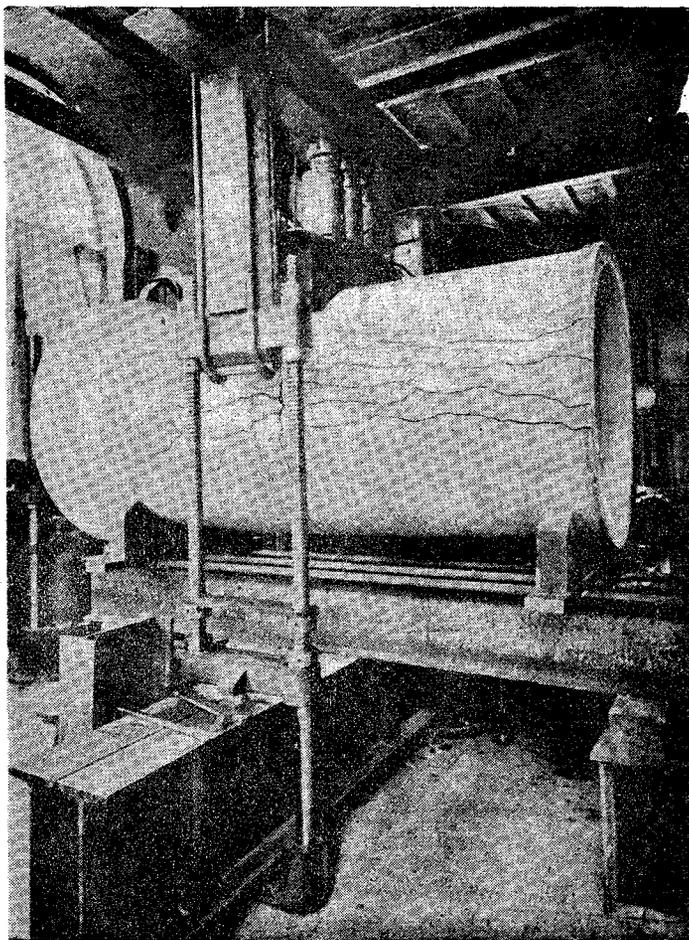


Fig. 18 — Pruebas de flexión. Diámetro m. 1.00 — Distancia entre los apoyos m. 2.00 — Carga alcanzada Kgs. 34.200.

El módulo de elasticidad por flexión E_b es obtenido midiendo el alargamiento de las fibras en el punto medio comprendido entre los apoyos, mediante el medidor de alargamiento (Fig. 16).

Prismas cuidadosamente obtenidos de la pared de los tubos han sido utilizados para determinar la resistencia a la compresión del mortero.

Las cargas de roturas P_{max} , la resistencia a la flexión β_b , la resistencia a la compresión β_d del prisma, el módulo de elasticidad

RESISTENCIA A LA FLEXION

Tubos apoyados sobre dos soportes, cargados al centro con peso único. — Edad de los tubos 50—100 días

Número de orden	Diámetro interno	Espesor pared	Distancia entre los apoyos	Carga de ruptura	Resistencia a la flexión	Resistencia del prisma a la compresión	Módulo de elasticidad a la flexión	Indicaciones
	cm.	cm.	m.	P _{max} . tonn.	kg./cm ²	β _d en kg./cm ²	E _b en kg./cm ²	
1	25	4,0	3,23	1,59	54,4	322	—	Fig. 17
2	40	5,0	3,26	3,82	43,0	370	241,000	
3	53,5	4,9	3,24	8,46	56,2	364	258,000	
4	60,7	4,8	3,24	7,69	43,0	576	248,000	
5	60,8	4,7	3,22	9,36	51,0	333	313,000	
6	69,3	6,3	3,20	10,10	30,8	316	277,000	
7	82,6	6,3	3,20	16,60	36,2	360	350,000	
				Valor medio: 45,0		378	282,000	
8	100,0	6,2	2,00	28,40	(¹) 27,3	—	—	
9	100,0	8,2	2,00	34,20	(²) 26,2	—	—	

(1) Armadura a espiral simple: 40 espiras de hierro redondo de 5 m/m. de diámetro; armadura longitudinal 18 redondos de 5 m/m de diámetro.
 (2) Armadura a espiral doble: 2 X 50 de 5 m/m de diámetro; armadura longitudinal 20 barras de 5 m/m.

CUADRO I

dad E_b y las dimensiones de los tubos sometidos a las pruebas, están resumidos en el cuadro I.

Disminuyendo en comparación con el diámetro de los tubos la distancia entre los apoyos (cuadro I) aparece evidente el debilitamiento de la resistencia a la flexión a causa de formarse mayor tensión interna.

La deformación de los diámetros vertical y horizontal pueden observarse en las figuras 19 y 20.

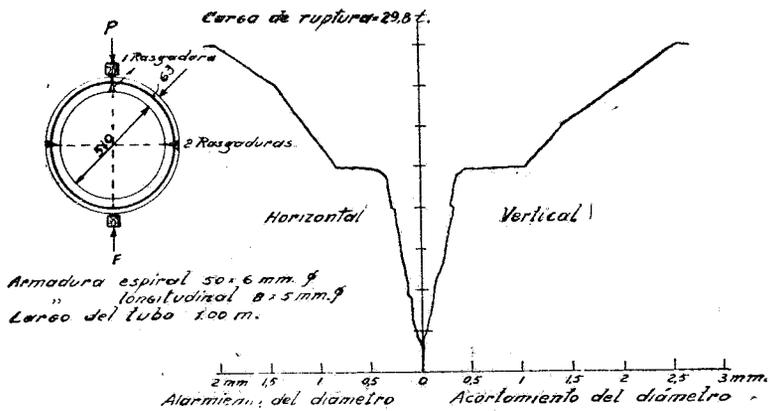


Fig. 19 — Deformación de los diámetros.

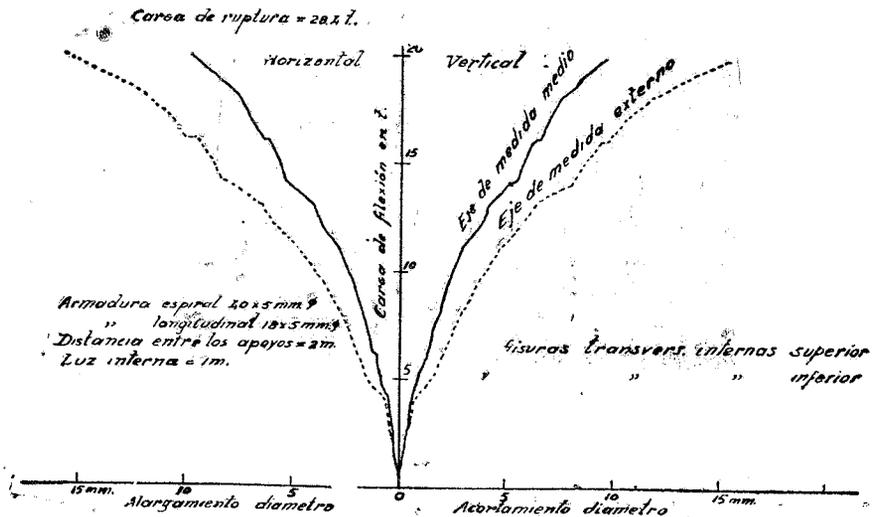


Fig. 20 — Deformación de los diámetros.

De las pruebas a la flexión se han obtenido los siguientes valores medios:

Resistencia a la flexión . . . $\beta_b = 45$ kg. por cm^2 .

Resistencia a la compresión . . $\beta_d = 378$ „ „ „

Módulo de elasticidad $E = 282.000$ kg/ cm^2 .

b) Resistencia al aplastamiento. — La carga ha sido aplicada como carga lineal, a lo largo de dos generatrices cilíndricas diametralmente contrapuestas (Figs. 21, 22, 23) o como carga parcialmente repartida adherente en cerca de 1/6 de la periferia de la superficie externa de los tubos sometidos a la compresión (Fig. 23).

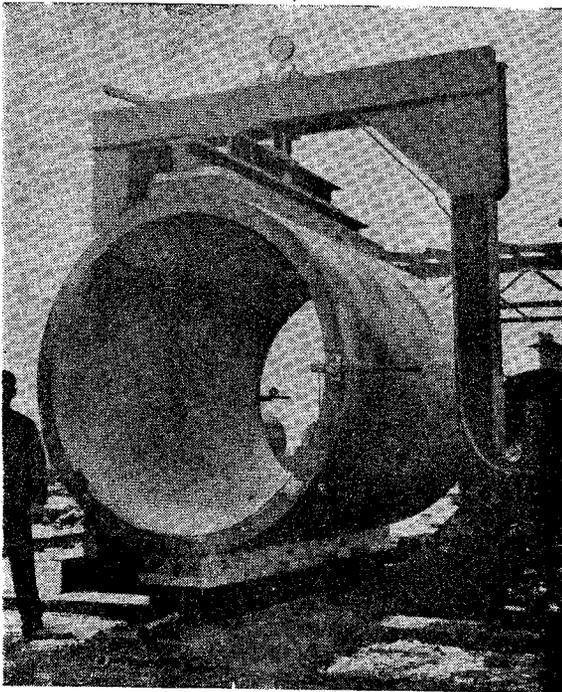


Fig. 21. — Prueba de compresión con carga lineal sobre el vértice. — Diámetro m. 2.13, largo m. 3.00. Carga resistida sin traza de lesiones Kg. 112.000, correspondiente a un esfuerzo de tensión en la mezcla de 82 Kg. por cm^2 .

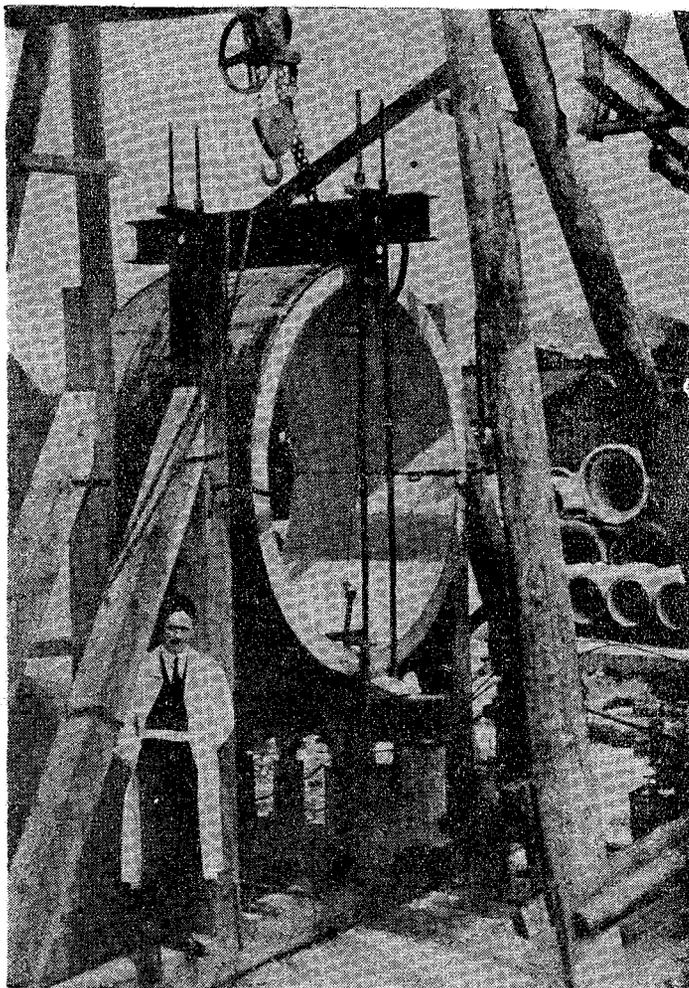


Fig. 22. — Pruebas de carga al vértice. — Diámetro del tubo m. 2.00, largo m. 1.20.

Los tubos probados presentaban en el sentido periférico una armadura en espiral simple o doble. La armadura longitudinal era débil.

En el caso de armadura en espiral simple la armadura de fierro se encontraba exactamente en el centro de la pared del tubo.

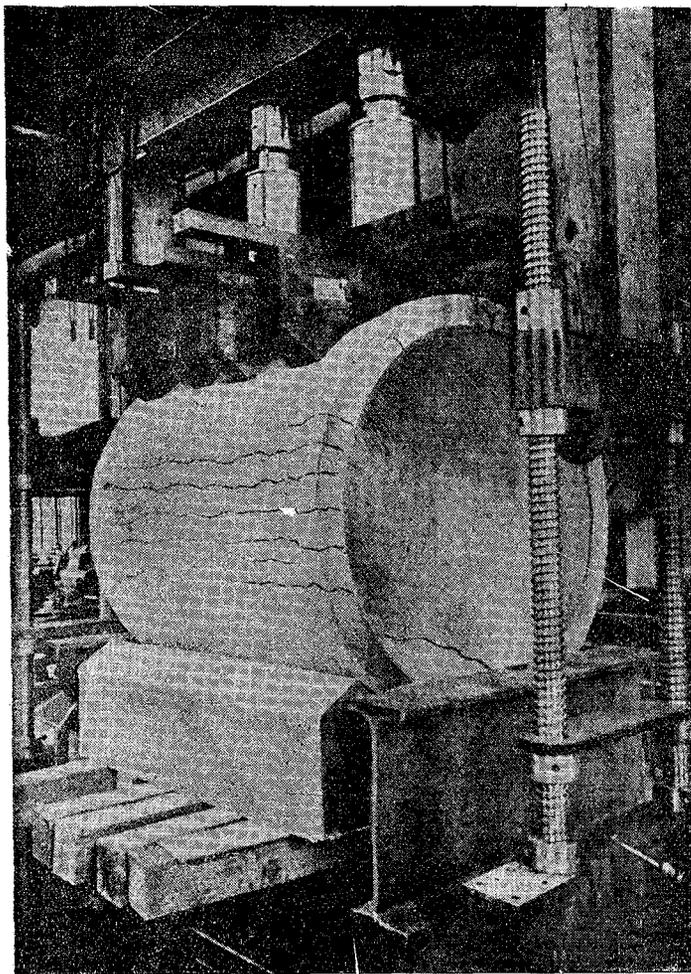


Fig. 23. — Prueba de carga al vértice. — Diámetro del tubo m. 1.00, largo m. 1.00, carga por m.l. Kg. 15.200.

La carga correspondiente al verificarse la primera fisura en el fondo ha sido designada como carga de fisuración, mientras la carga máxima (P_{max}) registrada durante la prueba corresponde a la carga de rotura. La determinación por medio del cálculo de la resistencia a la flexión ha sido obtenida mediante la fórmula de Navier-Hooke:

$$\beta_b = \frac{Mr}{W}$$

donde M_r es el momento máximo que se verifica en el anillo, en el punto en que aparecen las primeras fisuras visibles. En el caso de carga lineal, el momento máximo tiene lugar en el fondo y en la parte alta del anillo y tiene por valor: $M_r = 0,318 P.r'$ ($W =$ momento resistente de la pared del tubo alrededor del eje longitudinal y $r' =$ radio del eje neutro de la sección transversal anular del anillo). El momento en los puntos del diámetro horizontal varía de $M = 0,182 P.r'$ (Fig. 24) por sobre él.

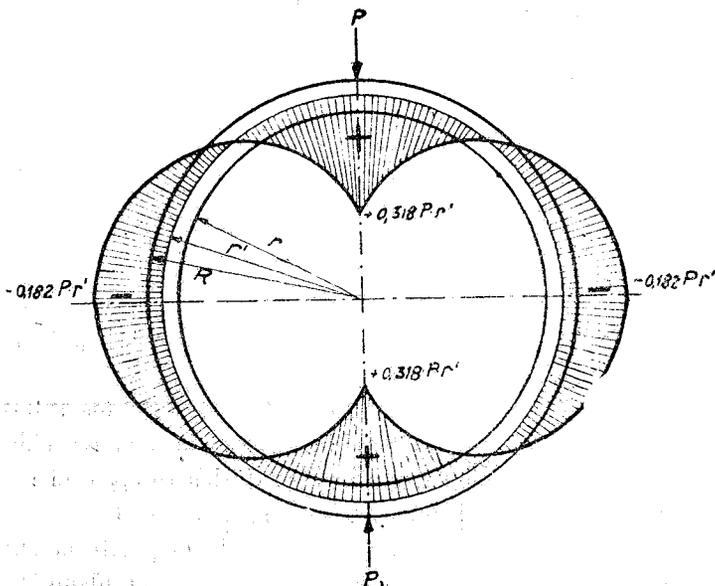


Fig. 24. — Curva de los momentos.

Las fisuras por tracción se verifican primero en la parte inferior y después en el vértice del tubo, siempre internamente y después externamente.

Las primeras fisuras visibles en la parte inferior de los tubos son una consecuencia de la tensión de flexión, proporcional al momento máximo en la parte inferior debido al peso propio G del tubo que es $M_{\max} = 0,238 G$.

Aumentando las cargas, aumentan las fisuras por tracción alrededor de los puntos lesionados.

Las deformaciones elásticas del diámetro vertical y del diá-

— 380 —

metro horizontal alcanzan con las cargas lineales los valores siguientes:

Acortamiento del diámetro vertical:

$$\Delta d_v = \frac{P r^3}{E J} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{2}{\pi} \right) = 0,1475 \frac{P \cdot r^3}{E J}$$

Alargamiento del diámetro horizontal:

$$\Delta d_h = \frac{P r^3}{E J} \left(\frac{1}{2} - \frac{2}{\pi} \right) = 0,1375 \frac{P \cdot r^3}{E J}$$

(J = momento de inercia de la pared del tubo respecto al eje longitudinal)

De estas relaciones se puede deducir el valor medio del módulo de elasticidad Ee.

$$Ee = \frac{1}{2} \cdot \frac{P r^3}{J} \left(\frac{0,1475}{\Delta d_v} + \frac{0,1375}{\Delta d_h} \right)$$

Las deformaciones de los diámetros de los tubos han sido medidas por medio del reloj Stoppani.

Las dimensiones y las armaduras de fierro de los tubos, las cargas de fisuración y de rotura, la resistencia a la tracción y a la flexión, la deformación del diámetro de los tubos y el módulo de elasticidad están indicados en los cuadros 2 y 3.

Cuando la carga abraza cerca de $\frac{1}{6}$ de la periferia externa del tubo (Fig. 23) la carga de fisuración no es notablemente mayor que la carga lineal, en cambio la carga de rotura es de 2,5 a 3 veces más grande.

Cuando se ha sobrepasado el límite de la deformación elástica y han aparecido las primeras fisuras, las deformaciones del tubo aumentan considerablemente. La disposición de la carga repartida sobre $\frac{1}{6}$ de la periferia externa obstaculiza estas deformaciones aumentando así la carga de rotura del tubo.

La entidad de la carga de fisuración y en modo particular el aumento de la resistencia de los tubos dependen principalmente de la amplitud de la superficie del tubo cubierta por la carga y del contacto continuo y perfecto entre superficie y carga.

Para la resistencia a la tracción por flexión y para el mó-

RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO

AÑO 18: N° 9-10. NOVIEMBRE-DICIEMBRE 1931
 Armadura a espiral simple. — P en kg. metro lineal. — Edad de los tubos 35 a 60 días

(Carga lineal)

Número de orden	Diámetro interno cm.	Espesor pared cm.	ARMADURA		Sección total armadura en o/o Fe	Carga de fisuración Pr kgs.	Carga de rotura Pmax kg.	Deformación del diámetro interno correspondiente a la carga de fisuración		Resistencia a la trac- ción y flexión β_b (2) kg. cm ²	Módulo de elasticidad E _c kg. cm ²	Indicaciones
			espiral	longitudinal				compresión vertical m/m	alargamiento horizontal m/m			
1	40	4,3	11 de 5	7 de 5	0,50	3200	5760	0,31	0,27	75,5	259,000	
2	45,7	4,7	11 de 5	7 de 5	0,46	2300	5960	0,27	0,25	52,9	232,800	
3	45,7	4,5	11 de 5	7 de 5	0,48	2200	6840	0,29	0,27	55,1	233,550	
4	50	4,8	12 de 4	5 de 4	0,49	3200	5200	0,40	0,37	76,0	266,900	
5	60,9	5,2	11 de 5	11 de 5	0,42	2700	6000	0,41	0,38	67,7	300,300	
6	100	6	20 de 5	18 de 5	0,65	1600	6560	0,97	0,80	55,1	213,500	
Valor medio:										63,8	251,000	
7	35	4	(1) 33 de 5	10 de 5	1,62	2000	16000	0,18	0,17	48,2	226,000	Fig. 19
8	51	6,3	(1) 50 de 6	8 de 5	2,24	4800	29800	0,33	0,30	64,8	287,500	
Valor medio:										56,5	257,100	
Carga parcialmente repartida												
9	25	4	12 de 2,5	10 de 5	0,15	3200	14500	0,36	0,36	55,2	Fig. 23	
10	100	6,2	20 de 5	18 de 5	0,63	1700	15200	0,98	0,83	44,9		
Valor medio:										50,1		

(1) Los tubos N° 7 y 8 tienen una armadura más fuerte (tubos para conductos forzados).

(2) Se ha tenido en cuenta la tensión de flexión, correspondiente al momento máximo en la parte inferior del tubo $M_{max} = 0,238 Gr'$ debido al peso específico G del tubo.

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y A LA FLEXIÓN

Armadura a espiral doble. — P en kg. por metro lineal. — Edad de los tubos
15 a 20 días (Carga lineal)

Número de orden	Diámetro interno cm.	Espesor pared cm.	ARMADURA		Sección total del hierro o/o E _e	Carga de fisuración Pr kg.	Carga de rotura P _{max} kg.	Deformación del diámetro horizontal interno correspondiente a la carga de fisuración		Resistencia a la tracción y flexión β _b (1) kg. cm ²	Módulo de elasticidad E _e kg. cm ²	Indicaciones
			espiral	longitudinal				anterior	posterior			
			m/m	m/m								
11	200	10,9	19 de 10 doble	16 de 6 doble	2,7	4370	12020	1,70	1,70	71,0	281000	
12	200	10,8	”	”	2,8	4370	10970	1,95	2,13	72,5	250000	
13	200	13,4	”	”	2,2	5750	16850	1,25	1,25	57,9	312000	
14	200	13,3	”	”	2,2	5600	15800	1,13	1,30	57,9	328000	
15	200	15,7	”	24 de 6	1,9	6440	22340	0,55	0,60	44,6	300000	
16	200	15,7	”	16 de 6	1,9	7940	16340	0,63	0,65	55,9	292000	
17	200	14,7	”	24 de 6	2,0	7940	18290	0,88	0,88	64,7	332000	
18	200	15,1	”	16 de 6	2,0	9140	19040	1,28	1,28	68,1	265000	Fig. 19
								Valor medio:		61,6	295000	
<p>(1) Se ha tenido en cuenta la tensión de flexión causada por el peso específico G del tubo, correspondiente al momento máximo en el fondo del tubo, M_{max} = 0,238 Gr'</p>												

CUADRO III

dulo de elasticidad se tienen los siguientes valores medios:

$$\beta_b = \frac{63,8 + 56,5 + 61,6}{3} = \sim 60 \text{ kg/cm}^2.$$

$$E_e = 267.700 \text{ kg/cm}^2.$$

Las deformaciones del diámetro interno de los tubos, correspondientes a la carga de fisuración llegan, para los tubos de un diámetro de 30 cms, a $\frac{1}{5}$ m. m; para los tubos de gran diámetro de 100 cms. alrededor de 1 m. m. y para los tubos de diámetro hasta 200 cms. alcanzan hasta 2 mm.

La relación teórica entre el acortamiento del diámetro vertical y el alargamiento del diámetro horizontal es la siguiente:

$$\frac{0,1475}{0,1375} = 1,075$$

La relación de los valores de las deformaciones medidas concuerdan casi exactamente con los valores teóricos.

Sobrepasado el límite de resistencia a la tracción, del mortero, las deformaciones de los diámetros aumentan rápidamente.

c) Resistencia a la presión interna

Los resultados de la resistencia a la presión interna a simple y doble armadura han sido resumidos, teniendo en cuenta la armadura, en el cuadro N° 4 que contiene también los datos relativos a las dimensiones y armaduras de los tubos.

Los valores de la resistencia a la tracción han sido determinados según la fórmula para los anillos

$$m\beta_z = \frac{P_i \max r}{\delta}$$

$$\text{relación } n = \frac{E \text{ fierro}}{E \text{ cemento}} = 10 \text{ y } 8.$$

Estos valores medios de la resistencia a la tracción anular $m\beta_z$ han sido contrapuestos a los valores $i\beta_z$ determinados sobre la pared interna de los tubos, correspondientes a la fórmula Lamé (Fig. 25)

RESISTENCIA A LA PRESION INTERNA
 AÑO 18. N° 9-10. NOVIEMBRE-DICIEMBRE 1931

Presión interna P_i en atmósfera — Edad de los tubos 60 días

Número de orden	Diámetro Interno cm.	Espesor pared cm.	Largo tubo ml.	ARMADURA ESPIRAL POR METRO LINEAL		Máxima presión interna P_i atm.	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN β_z kg/cm ²			Indica- ciones
				Diámetro fierro m/m	F_e en o/o		Fórmula para los anillos		Fórmula Lamé	
							N=10	N=8	N=8	
1	30	4,7	3,65	33 de 10	5,6	15	30,9	36,1	42,4	
2	60	5,3	3,65	50 de 10	7,4	8	26,0	31,3	34,4	
3	60	5,3	3,65	50 de 10	7,4	7	22,8	27,5	30,2	
4	60	5,0	3,65	45 de 5 doble	3,5	6,5	28,8	32,2	35,2	
5	60	5,0	3,65	40 de 10	6,3	6,6	24,3	28,8	31,6	
6	68	6,7	3,65	40 de 12	6,8	7	21,2	25,3	28,1	
7	82	6,7	3,65	25 de 12 doble	8,4	9,5	31,5	38,6	42,2	
8	82	7,7	3,65	25 de 12 doble	7,3	9,6	29,5	35,5	39,2	
9	84	6,0	3,65	25 de 12 doble	9,4	9,5	34,3	42,6	45,8	
10	84	5,7	3,65	25 de 12 doble	9,9	9,7	36,0	45,0	48,1	
11	125	7,5	2,45	17 de 12 triple	7,5	(¹) 6,3	30,0	36,2	(¹) 38,5	
							Valor medio total:			40
										32
										44
12	15	3,0	(²) 30,0	33 de 5	2,1	10	21	23	27	
13	35	4,0	(²) 28,0	40 de 7	4,8	8	23,8	27,5	31,0	
14	200	15,0	1,20	19 de 10 doble	2,0	5,3	—	—	32,0	
15	200	13,0	1,20	19 de 10 doble	2,3	5,4	—	—	37,0	
16	200	12,0	1,20	19 de 10 doble	2,5	7,9	—	—	59,0	
							Valor medio:			42,7

(1) La guarnición ha sido expulsada fuera.
 (2) Prueba en toda la longitud del conducto 28 a 30 metros.

$$i\beta_z = \frac{P_i \max}{\delta} \cdot \frac{R^2 + r^2}{R + r}$$

para $n = 8$

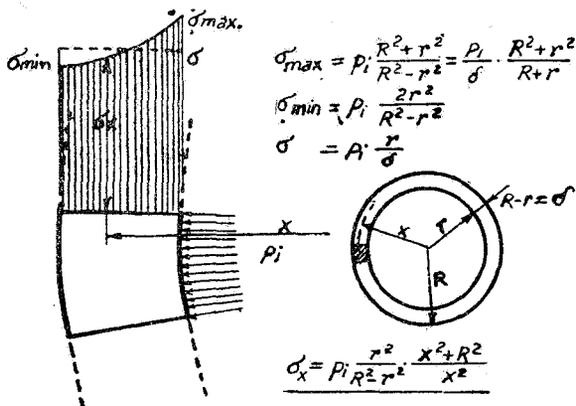


Fig. 25. — Distribución de la tensión por presión interna.

En general el valor medio de la resistencia a la tracción anular es $i\beta_z = 40 \text{ kg/cm}^2$. Los valores medios de $i\beta_z$ para los tubos de gran diámetro ($d \geq 80 \text{ cm}$) es mayor y alcanza a 44 kg/cm^2 , mientras que para tubos de diámetro menor ($d \leq 70 \text{ cm}$) es de sólo 32 kg/cm^2 . Esta disminución de $i\beta_z$ en los tubos de diámetro más pequeños se explica con la disminución a la tracción debida a las fuerzas de compresión en la dirección longitudinal de los tubos, causada por el estrechamiento del espigón longitudinal necesario para la guarnición.

Los resultados de los números 12 y 13 se refieren a la prueba de presión interna con conducto lleno sometido a la acción de las radiaciones solares y a una temperatura de 42°C .

Las guarniciones elásticas de las juntas formadas según una construcción especial (Fig. 26) se mantuvieron absolutamente secas hasta el momento de la fisuración de los tubos y no presentaron ninguna alteración después de tales fisuraciones.

Basándonos en los experimentos realizados en Lucerna en la fábrica de la Internacional Siegartbalken — Gesellschaft y en Zurich supuesta una fabricación cuidadosa y un tratamiento téc-

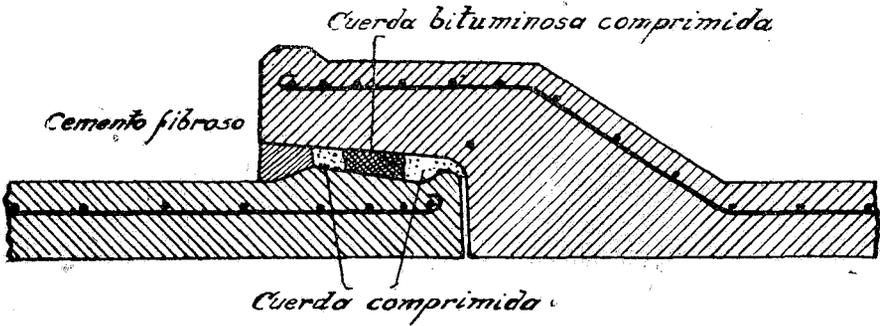


Fig. 26. — Unión de los caños.

nicamente perfecto de los tubos, podríamos considerar como valores bases de la resistencia y del módulo de elasticidad para un juicio sobre los tubos Vianini los datos siguientes:

Resistencia del prisma a la compresión	$\beta_d = 400 \text{ kg/cm}^2$.
Resistencia a la tracción y a la flexión (al determinarse la primera fisura visible)	$\beta_b = 60 \text{ ,, ,,}$
Resistencia a la presión interna	$\beta_z = 40 \text{ ,, ,,}$
Módulo de elasticidad	$E_e = 280.000 \text{ kg/cm}^2$.

$$\text{Relación } n = \frac{E_{\text{fierro}}}{E_{\text{cemento}}} = 8$$

La relación entre la resistencia a la flexión (tensión de las fibras) y la resistencia a la tracción axial (tensión de volumen) debería expresarse por:

$$\frac{\beta_b}{\beta_z} = \frac{1.33}{1}$$

La relación resultante de la prueba con tubos Vianini entre la resistencia a la flexión β_b y la resistencia a la tracción β_z

$$\frac{\beta_b}{\beta_z} = \frac{60}{40} = 1.5$$

debe considerarse como excesiva desde que el valor de 60 kg/cm^2

se refiere a la primera fisura visible, las cuales son naturalmente precedidas por fisuras no visibles a simple vista. Pruebas cuidadosamente hechas en el laboratorio han dado la siguiente relación

$$\frac{\beta_b}{\beta_z} = 1.33$$

La resistencia a la tracción $\beta_z = \frac{N}{F}$ deducida de la prueba de tracción es demasiado pequeña y la resistencia a la flexión $\beta_b = \frac{M}{W}$ deducida de las pruebas de flexión es demasiado grande, circunstancia que es necesario tener en cuenta al hacer aplicación de estos valores.

Para el cálculo de tubos enterrados o sometidos a una presión interna pueden usarse las tres fórmulas siguientes:

$$1) \quad \frac{N}{F} \cong \frac{\beta_z}{2.5} \quad \text{donde}$$

$N = p_i \cdot r$ es la fuerza anular máxima producida por la presión hidráulica interna p que puede también ser expresada en la siguiente forma $p_i \frac{R^2 + r^2}{R + r}$ (Lamé) $F =$ sección transversal del

tubo teniendo en cuenta la armadura de hierro; $n = \frac{E_c}{E_b} = 8$;

$\beta_z =$ resistencia a la tracción del hormigón $= 40 \text{ kg/cm}^2$.

Las tensiones anulares debidas a la máxima presión interna hidráulica p_i no deben ser superior a $\frac{1}{2.5}$ veces el límite real

de la resistencia β_z del cemento a la tracción es decir a 40 kg/cm^2 . Con este esfuerzo de tracción el coeficiente de seguridad debe ser elevado a 2.5

$$2) \quad \frac{N}{F} + \frac{M}{W} \leq \frac{\beta_b}{1.5}$$

M = momento flector máximo

W = „ resistente de la sección transversal considerada en el caso más desfavorable, teniendo en cuenta la armadura de hierro.

$$n = \frac{E_e}{E_b} = 8$$

β_b = resistencia a la flexión correspondiente a la aparición de la primera fisura visible = 60 kg/cm².

El máximo esfuerzo de tracción en la fibra extrema debido al esfuerzo longitudinal y a las fuerzas de flexión no deben su-

perar a $\frac{1}{1.5}$ veces el límite del esfuerzo que produce las primeras

fisuras visibles β_b límite que es de 60 kg/cm².

El grado de seguridad debe ser entonces elevado a 1.5 veces.

3°) El esfuerzo máximo de tracción del fierro de la armadura sin tener en cuenta la resistencia a la tracción del hormigón no debe superar en el punto más desfavorable del tubo a los 1200 kg/cm² que corresponde a un límite de seguridad exactamente igual a 2.5 veces.

Resistencia al trabajo mecánico. —

En cuanto al desgaste debido a la acción mecánica, al pulido y a los chorros de arena, el estrato interno de los tubos Viadini se comporta exactamente como los tubos de gres.

El desgaste total del extracto interno después de 200 vueltas de una muela, de 1 m. de diámetro cubierta con esmeril, con una presión de 0,5 kg/cm² ha resultado de 2,26 m.m. Los tubos de gres sometidos a un tratamiento análogo han sufrido un desgaste de 2,3 mm.

Después del tratamiento con chorro de arena durante dos minutos y a una presión de 3 atm. el estrato interno de los tubos presentaba un desgaste de 0,6 mm, mientras que los tubos de gres presentaban un desgaste de 0,84 mm.

Resistencia a los agentes químicos. —

La resistencia a la acción disgregadora del sulfato de calcio y del magnesio, a la acción destructora del agua del subsuelo conteniendo ácido carbónico y de los terrenos más o menos ácidos es debido principalmente a la impermeabilidad del hormigón.

Cuanto mayor es la impermeabilidad, tanto mayor es su resistencia a la acción destructora del agua del subsuelo y de los terrenos peligrosos para el cemento.

Los estudios y experiencias practicadas demuestran que los tubos Vianini, gracias a su extraordinaria impermeabilidad, se comportan del mejor modo posible en los terrenos neutros o poco peligrosos para el cemento y presentan una larguísima resistencia en los terrenos más peligrosos.

Toda vez que se desee usar tubos ordinarios de cemento en drenaje, es necesario examinar cuidadosamente el agua del subsuelo y la calidad del terreno antes de colocar los tubos.

Damos a continuación unas tablas de informe sobre la fabricación de tubos Vianini en la usina de Lucerna.

Fabricación de tubos Vianini de 10 a 30 cm. ϕ y 2 mts. de longitud

N° 1: Dimensiones de los tubos

„ 2: Costo de las materias primas y mano de obra

„ 3: „ „ la fabricación de tubos

Fabricación de tubos Vianini de 30 a 220 cm. ϕ y hasta 3,65 mts. de longitud útil.

N° 4: Dimensiones de los tubos

„ 5: Costo de las materias primas y mano de obra

„ 6: Costo de la fabricación de los tubos de 30 a 220 cm. ϕ para: una presión de servicio de 1 atm.

„ 7: „ „ „ „ „ 2 „

„ 8: „ „ „ „ „ 4 „

„ 9: „ „ „ „ „ 6 „

Caños de hormigón centrifugado SISTEMA VIANINI — Costo de fabricación

2

PARA TUBOS DE 10 A 30 Cms. DE DIAMETRO Y 200 Cms. DE LONGITUD EN LA MAQUINA PARA TUBOS PEQUEÑOS

MEZCLA DE PEDREGULLO Y ARENA

Pedregullo	0.520 m ³	a Fr. 9.00 el m ³	Fr. 4.68
Arena gruesa	0.580 "	" " 9.00 "	" 5.22
" fina	0.150 "	" " 9.00 "	" 1.35

Materias secas separadas	1250 m ³ total	Fr. 11.25
Armaduras precio medio por 100 kg.		Fr. 30
Cemento portland	100 kg.	Fr. 5.50

MEZCLA DE HORMIGON POR M³ 1 : 3,4

Cemento 450 kg. a Fr. 5.50 por 100 kg.	Fr. 24.75
Pedregullo y arena 1250 m ³	Fr. 11.25

Precio por m³ de horm. Fr. 36.00MEZCLA DE HORMIGON POR M³ 1 : 3

Cemento 500 kg. a Fr. 5.50 por 100 kg.	Fr. 27.50
Pedregullo y arena 1.250 m ³	" 11.25

Precio por m³ de horm. Fr. 38.75

MANO DE OBRA 8 HORAS

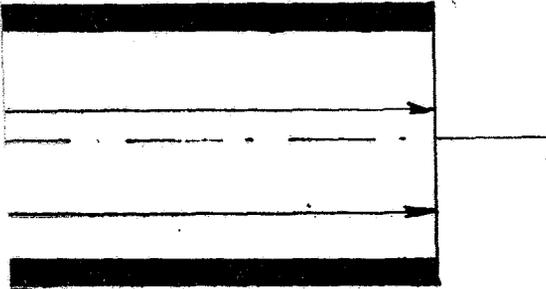
1 Capataz a Fr. 2.00 por hora	Fr. 16.00
—	
1 Encargado de maniobrar la máquina	
1 Mezclador	
4 Preparadores de armaduras	
4 Preparadores de moldes y encargados de la colocación de los mismos en la máquina; levantamiento de moldes; desmontaje de los tubos; trabajos de transporte	
—	
10 Operarios a Fr 9.60 por 8 horas	Fr. 96.00
	<u>Fr. 112.00</u>

TOTAL Fr. 112.00

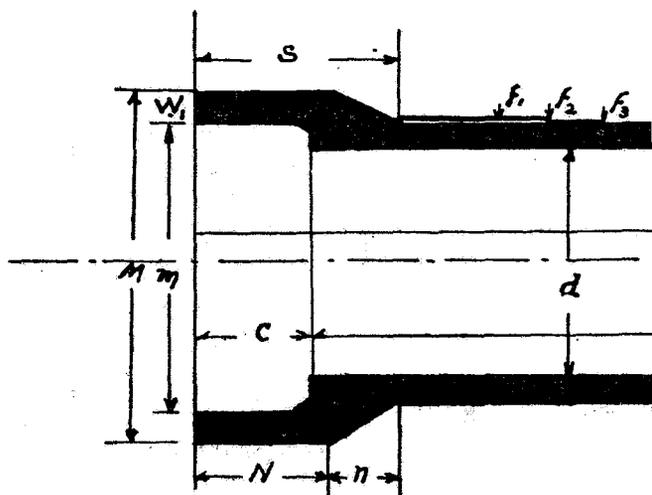
Para la fabricación de tubos sin armaduras hay que deducir 4 operarios a Fr. 9.60 por 8 horas = Fr. 38.40 y los fierros.

VI

①



DEL TUBO ENCHUFE	ESPESORES DE LA JUNTA			DIAMETRO EXTERIOR DEL TUBO D	PESO APROXIMADO POR METRO KG.	DIAMETRO d
	f ₁	f ₂	f ₃			
28	15	12	3	150	29	100
30	15	12	3	204	45	150
31	15	12	3	256	63	200
33	15	12	3	310	75	250
40	15	12	3	580	111	300

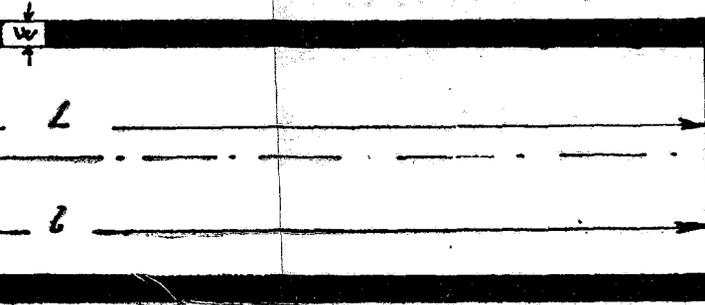


DIAMETRO	LONGITUD UTIL	LONGITUD TOTAL	DIAMETROS DEL ENCHUFE		DIMENSIONES	
			EXTERIOR	INTERIOR		
d	l	L	M	m	S	
100	2000	2130	236	180	238	
150	2000	2140	294	234	254	
200	2000	2140	348	286	257	
250	2000	2150	406	340	273	
300	2000	2150	480	410	290	

VIANINI

①

dimensiones)

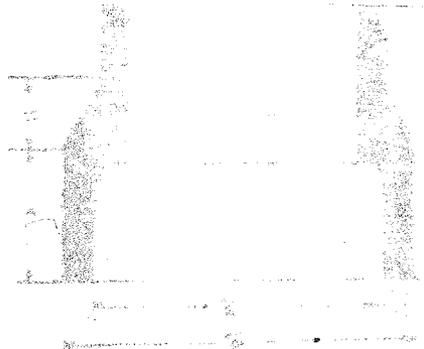


ENCHUFE	PAREDES DEL TUBO		ESPESORES DE LA JUNTA			DIAMETRO EXTERIOR DEL TUBO D	PESO APROXIMADO POR METRO KG.	DIAMETRO d	
	TUBO W	ENCHUFE W ₁	f ₁	f ₂	f ₃				
2	86	25	28	15	12	3	150	29	100
3	91	27	30	15	12	3	204	45	150
4	93	28	31	15	12	3	256	63	200
6	97	30	33	15	12	3	310	75	250
10	110	40	40	15	12	3	580	111	300

Caños de hormigón centrifugado SISTEMA VIANINI — Costo de fabricación

2

PARA TUBOS DE 10 A 30 Cms. DE DIAMETRO Y 200 Cms. DE LONGITUD EN LA MAQUINA PARA TUBOS PEQUEÑOS



Caños de hormigón centrifugado SISTEMA VIANINI Presión de servicio 2, 4 y 6 Atm.

3

Diámetro cm.	Longitud útil cm.	Pared del tubo mm.	Producción en 8 horas	Presión de servic. atm.	HORMIGÓN (centrifugado)		ARMADURAS		Corriente por tubo Fr.	Aceite lubricante por tubo Fr.	Material por tubo Fr.	Mano de obra Fr.	Total Por tubo Fr.	Total por metro lineal	Producción en 8 horas mi.	Diámetro
					m³	Fr.	Kg.	Fr.								
10	200	25	50	2	0.022	0.80	1.95	0.59	0.18	0.08	1.65	2.23	3.88	1.94	100	10
				4		0.86	2.96	0.89	0.18	0.08	2.01	2.23	4.24	2.12		
				6		0.86	3.95	1.18	0.18	0.08	2.30	2.23	4.53	2.27		
15	200	27	50	2	0.034	1.23	2.96	0.89	0.18	0.08	2.38	2.23	4.61	2.31	100	15
				4		1.32	4.91	1.47	0.18	0.08	3.05	2.23	5.28	2.64		
				6		1.32	6.84	2.05	0.18	0.08	3.63	2.23	5.86	2.93		
20	200	28	45	2	0.045	1.62	4.50	1.35	0.20	0.09	3.26	2.50	5.76	2.88	90	20
				4		1.75	7.74	2.32	0.20	0.09	4.36	2.50	6.86	3.43		
				6		1.75	11.06	3.32	0.20	0.09	5.36	2.50	7.86	3.93		
25	200	30	40	2	0.059	2.13	7.05	2.12	0.23	0.10	4.58	2.80	7.38	3.69	80	25
				4		2.29	12.48	3.75	0.23	0.10	6.37	2.80	9.17	4.59		
				6		2.29	17.27	5.18	0.23	0.10	7.80	2.80	10.60	5.30		
30	200	40	35	2	0.095	3.42	8.37	2.51	0.26	0.14	6.33	3.20	9.53	4.76	70	30
				4		3.68	17.40	5.22	0.26	0.14	9.30	3.20	12.50	6.25		
				6		3.68	25.00	7.50	0.26	0.14	11.58	3.20	14.78	7.39		

RELACION DE LA MEZCLA PARA 2 ATM. 1 : 3,4
 " " " " 4 y 6 " 1 : 3

ESFUERZO DE TRACCION DEL HIERRO 800 Kg. POR cm².

Caños de hormigón centrifugado SISTEMA VIANINI — Costo de fabricación

PARA TUBOS DE 30-220 CMS. DE DIAMETRO Y 250 A 365 CMS. DE LONGITUD EN LA MAQUINA PARA TUBOS GRANDES

MEZCLA DE PEDREGULLO Y ARENA

Pedregullo	0.520 m ³	a Fr. 9.00 el m ³	Fr. 4.68
Arena gruesa	0.580 "	" " 9.00 "	" 5.22
" fina	0.150 "	" " 9.00 "	" 1.35

Materias secas separadas	1250 m ³ total	Fr. 11.25
Armaduras precio medio por 100 kg.		Fr. 30
Cemento portland	100 kg.	Fr. 5.50

MEZCLA DE HORMIGON POR M³ 1:3,4

Cemento 450 kg. a Fr. 5.50 por 100 kg.	Fr. 24.75
Pedregullo y arena 1250 m ³	Fr. 11.25

Precio por m³ de horm. Fr. 36.00

MEZCLA DE HORMIGON POR M³ 1:3

Cemento 500 kg. a Fr. 5.50 por 100 kg.	Fr. 27.50
Pedregullo y arena 1.250 m ³	" 11.25

Precio por m³ de horm. Fr. 38.75

MEZCLA DE HORMIGON POR M³ 1:2,8

Cemento 550 kg. a Fr. 5.50 por 100 kg.	Fr. 30.25
Pedregullo y arena 1.250 m ³	" 11.25

Fr. 41.50

MANO DE OBRA 8 HORAS

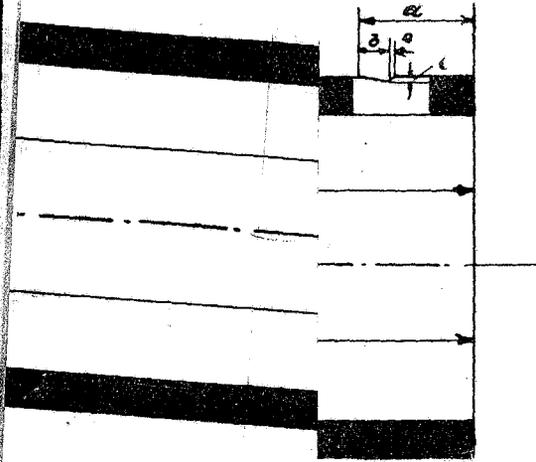
1 Capataz a Fr. 2.00 por hora	Fr. 16.00
1 Mecánico " " 1.60 " "	" 12.80
3 Encargados de maniobras de la máquina	
1 Mezclador	
7 Preparadores de armaduras	
7 " " moldes encargados de la preparación de moldes para tubos, colocación de los mismos en la máquina, levantamiento de moldes, desmontaje de los tubos, trabajos de transporte	
2 Ayudantes para diversas operaciones	
20 Operarios a Fr. 9.60 por 8 horas	Fr. 192.00

TOTAL Fr. 220.80

VIANINI

(4)

ESPECIFICACIONES —



ESORES LA JUNTA		PAREDES J			DIAMETRO		
		TUBO	DEL TUBO	mm.			
f_2	w	d	a	b	e		
12	10	300	150	15	3		

Caños de hormigón centrifugado SISTEMA VIANINI

6

PRESION DE SERVICIO 1 ATM.

Diámetro cm.	Longitud útil cm.	Pared del tubo mm.	Producción en 8 horas	H O R M I G Ó N (centrifugado)		ARMADURA POR TUBO		Corriente por tubo Fr.	Aceite lubrificante por tubo Fr.	Material por tubo Fr.	Mano de obra por tubo Fr.	Total por tubo Fr.	Tota por metro lineal Fr.	Producción en 8 horas ml.	Diámetro
				m ³	Fr.	Kg.	Fr.								
30	365	40	50	0.167	6.00	14.69	4.40	0.40	0.16	10.96	4.42	15.38	4.22	182.50	30
35	365	45	45	0.220	7.92	18.48	5.55	0.45	0.18	14.10	4.90	19.00	5.21	164.25	35
40	365	48	35	0.262	9.43	21.05	6.32	0.57	0.23	16.55	6.31	22.86	6.27	127.75	40
45	365	50	32	0.310	11.16	24.08	7.28	0.68	0.25	19.27	6.90	26.17	7.17	116.80	45
50	365	52	28	0.350	12.60	28.00	8.40	0.72	0.29	22.01	7.89	29.90	8.20	102.20	50
60	365	54	26	0.434	15.62	35.50	10.65	0.79	0.31	27.35	8.50	35.85	9.83	94.90	60
70	365	62	24	0.606	21.81	45.50	13.65	0.84	0.33	36.63	9.20	45.83	12.56	87.60	70
80	365	65	18	0.721	25.95	55.00	16.50	1.11	0.45	44.01	12.27	56.28	15.42	65.70	80
90	200	70	18	0.716	25.77	57.00	17.10	1.11	0.45	44.43	12.27	56.70	18.90	54.00	90
100	300	75	18	0.850	30.60	68.00	20.40	1.11	0.45	52.56	12.27	64.83	21.61	54.00	100
120	300	85	16	1.152	41.47	91.00	27.30	1.25	0.50	70.52	13.80	84.32	28.11	48.00	120
140	300	100	14	1.582	56.95	123.46	37.04	1.43	0.57	95.99	15.77	111.76	37.26	42.00	140
160	250	115	13	1.734	62.42	131.50	39.45	1.54	0.61	104.02	16.98	121.00	48.40	32.50	160
180	250	130	10	2.206	79.41	163.60	49.08	2.00	0.80	131.29	22.08	153.37	61.35	25.00	180
200	250	145	10	2.734	98.42	202.26	60.68	2.00	0.80	161.90	22.08	183.98	73.60	25.00	200
220	250	150	10	3.100	111.60	241.00	72.30	2.00	0.80	186.70	22.08	208.78	83.50	25.00	220

RELACION DE LA MEZCLA 1 : 3,4 ESFUERZO DE TRACCION CALCULADO SOBRE LOS FIERROS: 800 Kg/cm².

Caños de hormigón centrifugado SISTEMA VIANINI

PRESION DE SERVICIO 2 ATM.

Diámetro cm.	Longitud tubo cm.	Pared del tubo mm.	Producción en 8 horas	H O R M I G Ó N (centrifugado)		ARMADURA POR TUBO		Corriente por tubo Fr.	Aceite lubrificante por tubo Fr.	Material por tubo Fr.	Mano de obra per tubo Fr.	Total por tubo Fr.	Total por metro lineal Fr.	Produc- ción en 8 horas ml.	Diáme- tro cm.
				m ³	Fr.	kg.	Fr.								
30	365	40	50	0.167	6.47	21.03	6.30	0.40	0.16	13.33	4.42	17.75	4.87	182.50	30
35	365	45	45	0.220	8.53	27.00	8.10	0.45	0.18	17.26	4.90	22.16	6.07	164.25	35
40	365	48	35	0.262	10.15	32.40	9.72	0.57	0.23	20.67	6.31	26.98	7.40	127.75	40
45	365	50	32	0.310	12.00	38.12	11.43	0.63	0.25	24.31	6.90	31.21	8.55	116.80	45
50	365	52	28	0.350	13.56	45.37	13.61	0.72	0.29	28.18	7.89	36.07	9.90	102.20	50
60	365	54	26	0.434	16.82	59.18	17.75	0.77	0.31	35.65	8.50	44.15	12.10	94.90	60
70	365	62	24	0.606	23.48	77.58	23.27	0.84	0.33	47.92	9.20	57.12	15.65	87.60	70
80	365	65	18	0.721	27.94	98.00	29.40	1.11	0.45	58.90	12.27	71.17	19.50	65.70	80
90	300	70	18	0.716	27.75	102.15	30.64	1.11	0.45	59.95	12.27	72.22	24.07	54.00	90
100	300	75	18	0.850	32.94	122.55	36.76	1.11	0.45	71.26	12.27	83.53	27.85	54.00	100
120	300	85	16	1.152	44.64	170.70	51.21	1.25	0.50	97.60	13.80	111.40	37.13	48.00	120
140	300	100	14	1.582	61.30	232.00	69.60	1.43	0.57	132.90	15.77	148.67	49.55	42.00	140
160	250	115	13	1.734	67.20	250.00	75.00	1.54	0.61	144.35	16.98	161.33	64.54	32.50	160
180	250	130	10	2.206	85.48	309.26	92.78	2.00	0.80	181.06	22.08	203.14	81.25	25.00	180
200	250	145	10	2.734	105.95	385.30	115.59	2.00	0.80	224.34	22.08	246.42	98.56	25.00	200
220	250	150	10	3.100	120.12	465.16	139.55	2.00	0.80	262.47	22.08	284.55	113.82	25.00	220

RELACION DE LA MEZCLA 1:3 ESFUERZO DE TRACCION CALCULADO SOBRE LOS FIERROS 800 Kg/cm².

Caños de hormigón centrifugado SISTEMA VIANINI

PRESION DE SERVICIO 4 ATM.

Diámetro cm.	Longitud úfil cm.	Pared del tubo mm.	Producción en 8 horas	HORMIGÓN (centrifugado)		ARMADURA POR TUBO		Corriente por tubo Fr.	Aceite lubrificante por tubo Fr.	Material por tubo Fr.	Mano de obra por tubo Fr.	Total por tubo Fr.	Total por metro lineal Fr.	Produc- ción en 8 horas ml.	Diáme- tro cm.
				m ³	Fr.	kg.	Fr.								
30	365	40	50	0.167	6.47	33.81	10.14	0.40	0.16	17.17	4.42	21.59	5.91	182.50	30
35	365	45	45	0.220	8.53	45.08	13.52	0.45	0.18	22.68	4.90	27.58	7.60	164.25	35
40	365	48	35	0.262	10.15	54.95	16.48	0.57	0.23	27.43	6.31	33.74	9.24	127.75	40
45	365	50	32	0.310	12.00	65.66	19.70	0.63	0.25	32.58	6.90	39.48	10.80	116.80	45
50	365	52	28	0.350	13.56	78.30	23.50	0.72	0.29	38.07	7.89	45.96	12.60	102.20	50
60	365	54	26	0.434	16.82	106.53	31.96	0.77	0.31	49.86	8.50	58.36	16.00	94.90	60
70	365	62	24	0.606	23.48	143.74	43.12	0.84	0.33	67.77	9.20	76.97	21.10	87.60	70
80	365	65	18	0.721	27.94	181.57	54.47	1.11	0.45	83.97	12.27	96.24	26.40	65.70	80
90	300	70	18	0.716	27.75	191.34	57.40	1.11	0.45	86.71	12.27	98.98	33.00	54.00	90
100	300	75	18	0.850	32.94	232.68	69.80	1.11	0.45	104.30	12.27	116.57	38.85	54.00	100
120	300	85	16	1.152	44.64	330.60	99.18	1.25	0.50	145.57	13.80	159.37	53.12	48.00	120
140	300	100	14	1.582	61.30	449.76	134.93	1.43	0.57	198.23	15.77	214.00	71.33	42.00	140
160	250	115	13	1.734	67.20	482.00	144.60	1.54	0.61	213.95	16.98	230.93	92.38	32.50	160
180	250	130	10	2.206	85.48	605.00	181.50	2.00	0.80	269.78	22.08	291.86	116.74	25.00	180
200	250	145	10	2.734	105.95	759.00	227.70	2.00	0.80	336.45	22.08	358.53	143.40	25.00	200
220	250	150	10	3.100	120.12	903.00	270.90	2.00	0.80	393.82	22.08	415.90	166.36	25.00	220

RELACION DE LA MEZCLA 1:3 ESFUERZO DE TRACCION CALCULADO SOBRE LOS FIERROS 800 Kg/cm².

Caños de hormigón centrifugado SISTEMA VIANINI

PRESION DE SERVICIO 6 ATM.

Diámetro cm.	Longitud útil cm.	Pared del tubo mm.	Producción en 8 horas	HORMIGÓN (centrifugado)		ARMADURA POR TUBO		Corriente por tubo Fr.	Aceite lubrificante por tubo Fr.	Material por tubo Fr.	Mano de obra por tubo Fr.	Total por tubo Fr.	Total por metro lineal Fr.	Producción en 8 horas ml.	Diámetro cm
				m ³	Fr.	Kg.	Fr.								
30	365	40	50	0.167	6.93	46.75	14.02	0.40	0.16	21.51	4.42	25.93	7.10	182.50	30
35	365	45	45	0.220	9.13	63.09	18.93	0.45	0.18	28.69	4.90	33.59	9.20	164.25	35
40	365	48	35	0.262	10.87	78.05	23.41	0.57	0.23	35.08	6.31	41.39	11.34	127.75	40
45	365	50	32	0.310	12.87	94.56	28.37	0.63	0.25	42.12	6.90	49.02	13.43	116.80	45
50	365	52	28	0.350	14.52	112.47	33.74	0.72	0.29	49.27	7.89	57.16	15.66	102.20	50
60	365	54	26	0.434	18.00	154.38	46.31	0.77	0.31	65.39	8.50	73.89	20.25	94.90	60
70	365	62	24	0.606	25.15	206.28	61.88	0.84	0.33	88.20	9.20	97.40	26.70	87.60	70
80	365	65	18	0.721	29.92	265.96	79.79	1.11	0.45	111.27	12.27	123.54	34.00	65.70	80
90	300	70	18	0.716	29.71	283.00	84.90	1.11	0.45	116.17	12.27	128.44	42.81	54.00	90
100	300	75	18	0.850	35.27	334.67	100.40	1.11	0.45	137.23	12.27	149.50	49.83	54.00	100
120	300	85	16	1.152	47.80	490.00	147.00	1.25	0.50	196.55	13.80	210.35	70.11	48.00	120
140	300	100	14	1.582	65.65	662.42	198.72	1.43	0.57	266.37	15.77	282.14	94.05	42.00	140
160	250	115	13	1.734	71.96	714.00	214.20	1.54	0.61	288.31	16.98	305.29	122.12	32.50	160
180	250	130	10	2.206	91.55	902.74	270.82	2.00	0.80	365.17	22.08	387.25	154.90	25.00	180
200	250	145	10	2.734	113.46	1124.00	337.20	2.00	0.80	453.46	22.08	475.54	190.22	25.00	200
220	250	150	10	3.100	128.65	1349.00	404.70	2.00	0.80	536.15	22.08	558.23	223.30	25.00	220

RELACION DE LA MEZCLA 1 : 2,8

ESFUERZO DE TRACCION DEL HIERRO 800 Kg.

Para la fabricación de estos tubos son necesarias dos máquinas; una para tubos de 10 a 30 cms. ϕ y otra para tubos de 30 a 220 cms ϕ .

Tubos de cemento y tubos metálicos. —

Todo cuanto hemos expuesto nos demuestra que el progreso realizado en la fabricación de tubos Vianini de cemento armado es tan notable que no es aventurado afirmar, que para determinadas presiones se ha encontrado finalmente el tubo que sin ninguna desventaja técnica y con gran ventaja económica, puede sustituir al tubo metálico. Que esto es así lo ha demostrado el hecho de que la Sociedad Cochrane y C. de Middlesbrough, que tiene una producción anual de 150 mil toneladas de tubos de fundición, ha dotado su establecimiento de un plantel "Vianini" para la fabricación de tubos de cemento armado.

Esta Sociedad ha reconocido que para determinadas presiones no es el caso de recurrir a la fundición y antes de insistir en la lucha de concurrencia, que existe entre los dos materiales, ha creado un aliado en el tubo de cemento, con el propósito de aumentar la producción de tubos de fundición, haciendo más económica la construcción de obras en las cuales los tubos de fundición y de cemento puedan asociarse.

Causas que pueden poner fuera de uso los tubos metálicos. —

La Cochrane no se ha limitado a esto, sino que ha ido más allá; ella reviste la parte interna de los tubos de fundición de gran diámetro con un estrato de cemento aplicado con la máquina "Vianini".

La razón de esto es que para determinada calidad de agua, la fundición no puede emplearse, porque sufre una rápida corrosión que en breve tiempo la pone fuera de servicio.

Veamos un ejemplo:

El conducto que alimenta la Ciudad de Cisterna se hizo en el año 1880 con caños de fundición. La longitud era de 10 km. y la presión de 6 atmósferas.

A los pocos años de ser puesto en servicio, la Administra-

ción de la Comuna constató que la cantidad de agua aportada había disminuído sensiblemente. Para estudiar las causas se nombró una comisión compuesta de ingenieros que constataron que el conducto se estaba obstruyendo por la formación de tubérculos ferruginosos originados por la calidad del agua conducida.

En el año 1912 cuando el conducto quedó obstruído casi completamente se encargó al Ing. Stefanori la sustitución del mismo. El mencionado Ingeniero adoptó los tubos "Vianini", que no obstante los defectos que en aquella época presentaban, resolvieron completamente el problema.

En la larga experiencia que la Sociedad Vianini tiene de los tubos de cemento, no ha ocurrido nunca el caso de tener que interrumpir los servicios de un acueducto para proceder a reparaciones eventuales.

Por otra parte si se considera la estructura de los tubos "Vianini" es fácil darse cuenta que si en determinadas circunstancias pueden producirse lesiones de fácil y pronta reparación, no pueden producirse roturas.

Obras en ejecución. —

Entre las obras que la Sociedad "Vianini" tenía en ejecución, citaremos las siguientes como las más importantes.

Por la Entidad Autónoma del Acueducto Pugliese:

1°) Acueducto **Foggia-Manfredonia**, longitud cerca de 50 km, diámetro de 400 a 500 mm., presión 4 atmósferas.

2°) **Tronco del grande sifone** per il Leccese, longitud 11 km, diámetro 900 mm., presión en ejercicio 5 1/2 atmósferas, probado a 6 atmósferas.

3°) **Acueducto Latiano-Mesagne**, longitud 15 km., diámetro de 300 a 400 mm., presión hasta 4 atmósferas.

Por la Sociedad dell'Acqua Marcia in Roma:

Sifoni a monte di Mandela, longitud 2 km., diámetro 1700 mm., presión 2 1/2 atmósferas.

Por la Sociedad Appoderamenti di Roma:

Grande impianto di irrigazione a Borgo Accilio, entre Roma

y Ostia; longitud cerca de 20 km., diámetro de 100 a 500 mm., presión hasta 4 atmósferas.

Uso de tubos Vianini en obras sanitarias. —

Además de los usos anteriormente descriptos, han sido empleados, en gran escala, en Suiza, para obras cloacales. Con este objeto se han fabricado tubos cuyo diámetro alcanza dos metros.

Dada la forma de unión, ya descrita, son evidentes las ventajas tanto económicas como técnicas que pueden presentar los tubos "Vianini" en el campo de la Ingeniería Sanitaria.

Estos tubos por su gran resistencia a la flexión pueden apoyarse directamente en el fondo de la excavación y como la unión se efectúa con gran rapidez, permite tapar pronto la excavación.

Esta nueva aplicación, motivó una campaña en contra por parte de los fabricantes de tubos de otro material. A esta campaña la Sociedad Siegwart de Lucerna, que es la concesionaria de la Patente Vianini respondió con una publicación, en la cual demostraba que el empleo de tubos "Vianini" en cloacas respondían enteramente a este fin y eran falsos los inconvenientes que se le atribuían. Así demostró no ser verdad que las aguas servidas con sustancias amoniacales corroían el tubo y que era igualmente falso que las arenas eventualmente conducidas, determinaban un desgaste rápido del mismo, pues las experiencias realizadas probaron que la resistencia al desgaste es parecida y algunas veces superior a la de los tubos hechos con otro material.

En nuestro país podemos citar las obras de saneamiento realizadas en Río Cuarto (Provincia de Córdoba) en cuya ejecución se emplearon caños de hormigón armado centrifugado.

Hagamos una ligera descripción de estas obras.

El pliego de condiciones establece que el denominado Conducto de Toma y la Cloaca Máxima deben ser caños de hormigón armado centrifugado.

Ambos conductos funcionan por simple gravitación, pero por las condiciones altimétricas del trazado soportan presiones elevadas.

El conducto de toma tiene un desarrollo aproximado de 18.800 mts. con un desnivel entre los extremos de 67,05 mts. y un

diámetro interior de 0,600 mts. Comprende dos tramos denominados "A" (baja presión) en el cual las presiones de funcionamiento no exceden de 2 atmósferas, y "B" (alta presión) cuyas presiones alcanzan a 4 atmósferas.

Con esa misma denominación "A" y "B" se distinguen los tipos de caños empleados.

La cloaca máxima es de 0,800 mt. de diámetro interior, 8,300 mts. de desarrollo con un desnivel total de 23,95 mts. La presión interior de funcionamiento no excede de 0,3 atmósferas.

Especificaciones generales del Proyecto. —

Tratándose de cañerías de un tipo que se aplicaba por primera vez en el país, careciéndose de experiencia y dependiendo de la elección del sistema de elaboración el dosaje y calidad de los caños a obtener, el Pliego de Condiciones estipula en forma muy amplia lo relativo a este tipo de cañerías, fijando las siguientes condiciones:

"El hormigón estará compuesto de 500 kg. de cemento Portland como mínimo, 0,400 m³ de arena y 0,800 m³ de pedregullo fino menor de 0,01 m. por cada m³ de hormigón terminado".

"Se empelará la cantidad de agua que sea conveniente".

"Las armaduras estarán compuestas por una hélice circular o circunferencias independientes, y directrices rectas".

"Los caños serán de 3,50 mts. de largo y del tipo de espiga y enchufe".

"Los enchufes tendrán 0,12 m. de profundidad y 0, m. 011 de juego radial".

"Las armaduras deberán distar 0. m. 015, como mínimo, de las superficies libres de los caños".

"Los coeficientes de trabajo máximos para el acero y el hormigón no podrán exceder en ningún caso de 800 y 16 kg. por centímetro cuadrado".

"El contratista proyectará y someterá a aprobación, los perfiles y espesores, distribución y forma de los materiales componentes, acompañando planos, diagramas y planillas justificativos".

"Los caños tipo "A" y "B" serán probados hidráulicamen-

te a los 20 días de fabricados sometiéndolos a presiones interiores de 2 y 4 atmósferas respectivamente”.

“No se permitirán arreglos de los caños fabricados, deberán permitir el pasaje de un disco de 0,594 m. los caños de 0,600 m. de diámetro”.

“Las juntas de estos caños será pintada exteriormente con una mano de asfalto caliente, para evitar la penetración de raíces”.

El pliego de condiciones establece además otras exigencias que no ofrecen mayor interés para esta breve reseña.

Como es fácil inferir, se procuró dar amplia libertad en la elección del tipo de cañería con el propósito de que el Contratista fuese responsable en grado máximo del resultado de la fabricación, resultado controlado por severas pruebas que originaron el rechazo de unos 80 caños, de los cuales el mayor número por falta de lisura interior.

Conducto de toma. —

Fabricación. — El montaje de la fábrica puede verse en el croquis adjunto y las figuras 27 y 28.



Fig. 27. — Vista general de la fábrica.

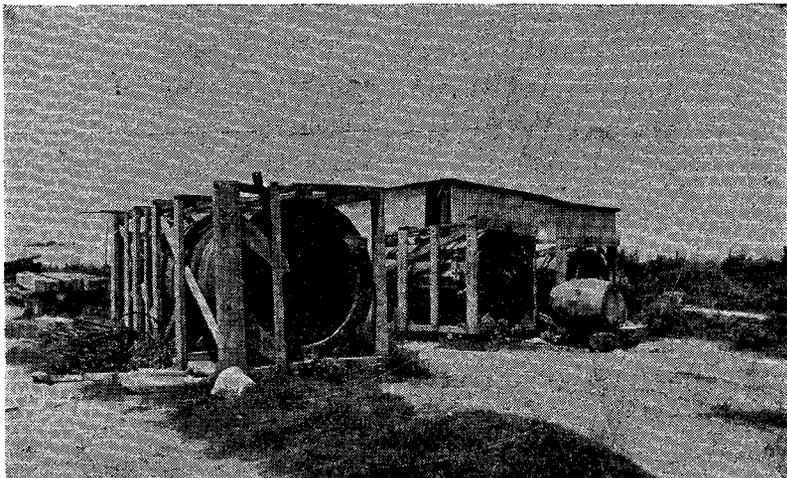


Fig. 28. — Molde.

La fabricación requiere un control esmerado, siendo muy difícil coordinar los diversos factores que influyen en la calidad de los resultados, tales como: finura y proporción granulométrica del material inerte, dosaje de cemento, cantidad de agua, velocidad de rotación, número de centrifugaciones o capas.

Después de numerosos ensayos se adoptó: a) Tres centrifugaciones para caños de 4 atmósferas 0 m. 065 de espesor) y dos centrifugaciones para caños de 2 atmósferas (0 m. 060 de espesor); b) duración de cada centrifugación 12 minutos, es decir que arrojado el material en el molde se hacía girar éste durante ese tiempo y deteniéndolo se cargaba de nuevo con otra cantidad de material repitiendo así las centrifugaciones.

c) Velocidad de rotación, 230 a 260 revoluciones por minuto.

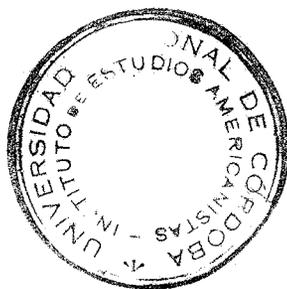
d) Materiales por metro cúbico de hormigón terminado: 630 kg. de cemento portland para caños del tipo "A" y 650 kg. para caños del tipo "B"; arena mediana 0,330 m³; arena gruesa de 3 a 7 mm. 0,720 m³ y 80 a 110 litros de agua por cada centrifugación, siendo esta última proporción para material bien seco.

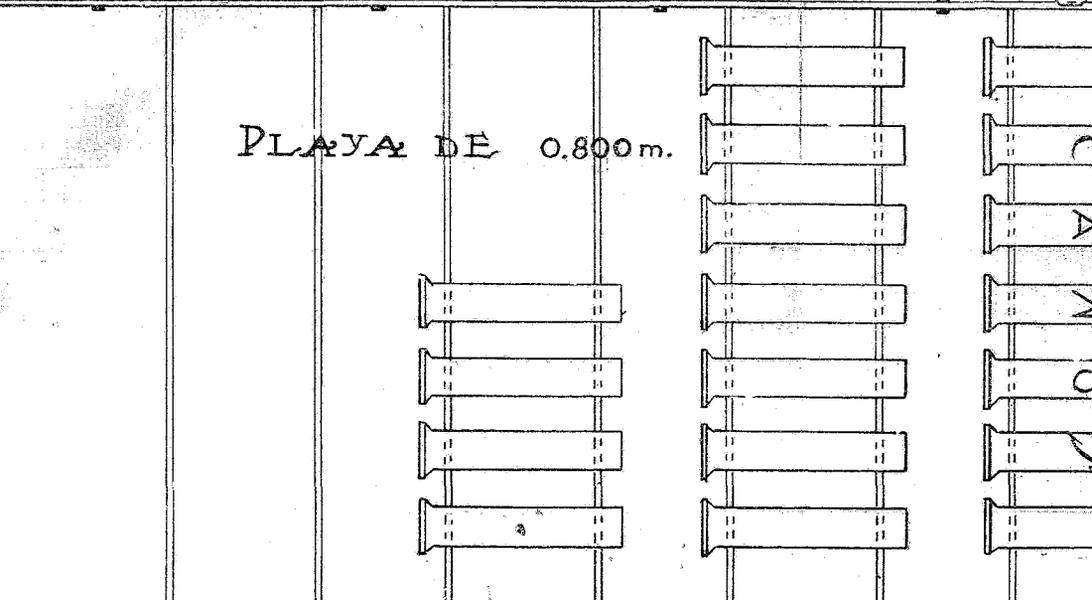
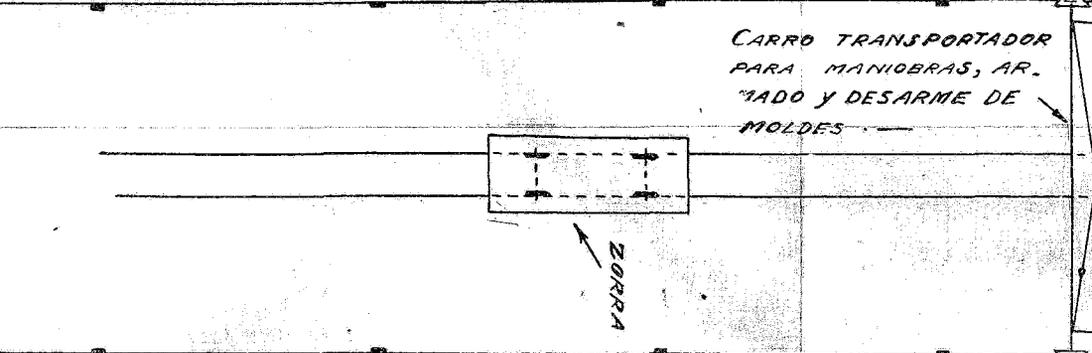
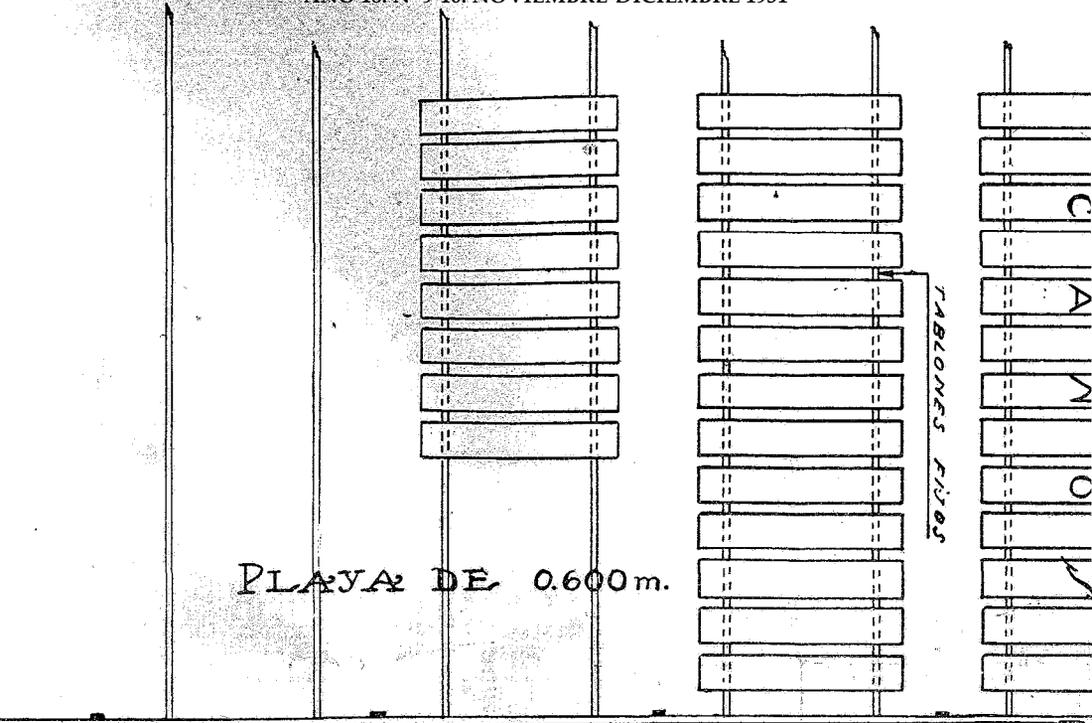
Al terminar cada centrifugación se inclinaba el molde esca-

CR

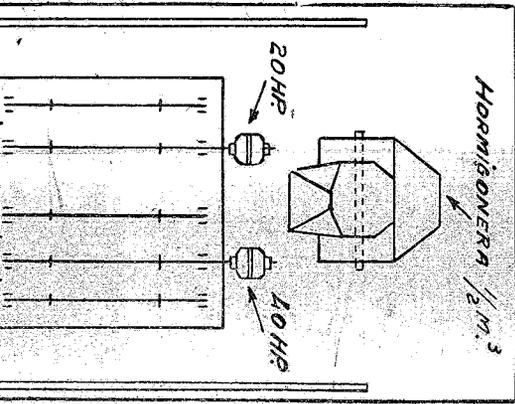
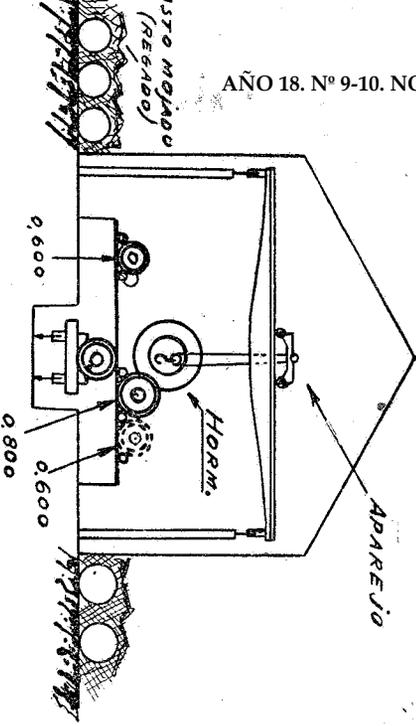
A

MOLDE

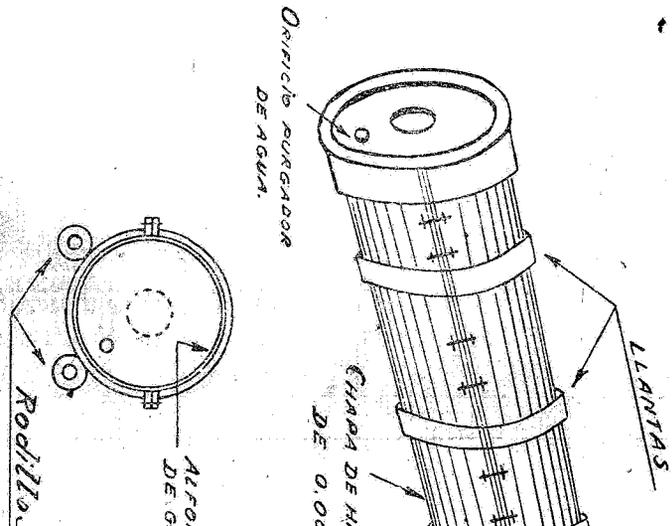




MONTAJE DE LA FABRICA



MOLDE



pando unos 90 litros de agua densamente cargada de cal proveniente del cemento. Esta eliminación de la cal por efecto de la centrifugación es muy conveniente para la calidad del material. En cada centrifugación se forman dos apreciables "cutículas" de cemento puro, al exterior y al interior de la capa depositada, que ofrecen gran impermeabilidad. Esto y la circunstancia de que cuanto menor es el espesor de la capa centrifugada por vez aumenta la homogeneidad del material centrifugado y la eliminación de cal libre del cemento, hacen conveniente aumentar el número de centrifugaciones en lo posible.

El contratista adoptó para la fabricación la patente S. T. A. C. (Société Tubes Armés Centrifugés) montando una fábrica que funcionó siempre bajo el control de un técnico especializado facilitado por dicha casa. Se utilizaron 28 moldes construídos expresamente en Francia de un costo aproximado de \$ $\frac{m}{n}$ 3500 cada uno.

En principio la patente S. T. A. C. consiste en moldes cilíndricos revestidos interiormente por una plancha ("alfombra") de goma, que se hacen girar apoyados sobre dos rodillos, uno de los cuales es accionado por un motor. Prácticamente, dichos moldes formados por dos semicilindros superponibles y fijables mediante espigas y pernos especiales, van embutidos en abrazaderas de acero las cuales en número de dos constituyen las llantas que apoyan sobre robustas poleas que sirven de rodillos para la centrifugación.

Dichos moldes requieren una centración muy perfecta, bastando una pequeña excentricidad para que la vibración que causa tal efecto impida la fabricación de caños, tal como ocurrió con uno de los moldes para cañería de 0 m 800 de diámetro.

Tipo de juntas. — Empleando los caños prescriptos en el pliego de condiciones debían ejecutarse dos tipos de juntas: juntas comunes de cemento puro humedecido y fuertemente calafateado, y juntas de "lana de plomo". Estas últimas distanciadas entre sí de 17.50 m. (5 caños) servirían como juntas de dilatación. A poco de comenzar debió abandonarse el tipo cañería a espiga y enchufe, sustituyéndolo por cañería lisa y collar de horrigón armado común. Los enchufes no sólo no resistían la ten-

sión originada por el calafateo de la “lana de plomo”, sino que en la fabricación de los caños se depositaba en el interior de los enchufes una cutícula de cal fofa que alterando la calidad del hormigón centrifugado en esa parte del caño, impedía la obtención de juntas resistentes a las elevadas presiones de prueba. Debíó adoptarse un nuevo tipo de juntas y cañería diferentes a las especificadas en el contrato. Se elaboraron caños lisos sin enchufe en cuyos topes se imprimió una canaladura tórica de 0 m. 04 de radio. Los caños fueron comprimidos entre sí comprimiendo entre topes, aros de mastic asfáltico “tibio”, preparados con betún y cemento Portland en proporción de pesos 1:1 a 1:2 según la temperatura ambiente. Se emplearon en general potentes gatos hidráulicos, manteniendo los caños en posición conveniente mediante un suncho interior de chapa de hierro fuertemente comprimida contra el caño fijo, sirviendo así de guía y sostén del “chorizo” de mastic. Recortado el excedente de mastic se corría un collar de hormigón armado de 0 m. 20 \times 0 m. 06 de escuadría y con 0,02 m. de juego radial, rellenándose y calafateando este “juego” o espacio anular, con mortero de cemento y arena en la proporción 1 : 2.

Tipo de caños. — Como queda expuesto se abandonó el tipo proyectado debido a las deficiencias que presentaban las juntas destinadas a elevadas presiones. También debíó descartarse el empleo de acero dulce para armaduras, pues la tensión máxima admisible para dicho material, exigía una armadura de trabazón tan tupida que hubiera sido menester adoptar elevados espesores de hormigón, sin ventaja alguna para la calidad de la cañería y con evidente derroche de material. Se empleó acero duro con un coeficiente de trabajo doble del especificado o sea 1600 kg/cm², y con alambre de 0,005 mt. de diámetro.

Armaduras. — Ya se dijo que se empleó acero de alta resistencia. Las armaduras fueron compuestas por una hélice arrollada y soldada (autógena) sobre 16 directrices rectas en puntos aislados, lo suficiente para poder retirar rápidamente del molde especial cada arrollamiento preparado. La hélice está cosida dos veces (en ida y vuelta) a dichas directrices mediante el em-

pleo de agujas curvas especiales. Paso de la espiral: 40 mm. para los caños tipo "A" y 26 mm. para el tipo "B".

Las armaduras resultaron así con suficiente rigidez.

Costo aproximado de estos caños. — Los caños fabricados por el contratista con materiales introducidos del extranjero a bajos precios, sin derechos de aduana y con bonificación del 50 % en los fletes ferroviarios, resultó de unos 20 y 25 pesos $\frac{m}{n}$ por metro lineal de caños tipo "A" y "B", respectivamente.

Los caños lisos fabricados a raíz de la supresión de enchufes fueron de 3,30 mts. de longitud.

Cloaca máxima. —

No existiendo los inconvenientes aparejados por las elevadas presiones estas cañerías se fabricaron de acuerdo a las especificaciones del contrato, siendo su espesor de 0,065 m.

Se empleó el mismo sistema de fabricación con ripio de 0,007 mt. a 0,010 mt., fabricándose cada caño en dos centrifugaciones debido a la dificultad de la puesta en marcha si se pretendía arrancar con el molde recargado con todo el material en una sola vez. De contar con un motor más potente que el empleado (40 H. P.) hubiese podido fabricarse en una sola centrifugación.

Se emplearon 10 moldes.

El costo aproximado de esta cañería con centrifugación de 15 minutos resultó de unos 20 pesos $\frac{m}{n}$ por metro lineal.

Conclusión. —

Las cañerías obtenidas fueron de óptima calidad desde todo punto de vista.

Sólo es de observar que tanto la fabricación de esta cañería que demandan elevadas inversiones de dinero, como la colocación y reparación de juntas que son lentas y requieren sumo esmero, constituyen factores poco favorables para la difusión de esta clase de conductos. Pero hay un mérito que los hace insustituibles: su calidad y sobre todo en lo que se refiere a la calidad del cemento que por estar purgado de cal libre resulta inatacable

por aguas puras o servidas, en mayor grado que las cañerías comunes de hormigón.

A simple título ilustrativo publicamos los cálculos y análisis de precios, hechos por la Empresa Constructora de los Ings. Cisneros y Deheza, para los distintos tipos de caños, al efectuar los estudios correspondientes para concurrir al llamado de licitación, que hiciera Obras Sanitarias de la Nación, para la ejecución de las obras de saneamiento realizadas en la Ciudad de Río Cuarto (Provincia de Córdoba).

AGUA POTABLE Y CLOACA DE RIO CUARTO

Cálculo de la cañería de cemento armado centrifugado

Esfuerzos de tensión

$$P = \frac{1}{2} p d$$

p = presión en kg/m².

d = diámetro interior de la cañería

Sección de la armadura.

$$F_e = \frac{P}{\sigma_e (800)} = \frac{p \cdot d}{2 \sigma_e}$$

CAÑOS DE 0,600 MT. DE DIAMETRO

Sección del hormigón para $\sigma_b = 16 \text{ kg/cm}^2$ y $p = 40000 \text{ kg/m}^2$.

$$P = \frac{1}{2} p \times d = \frac{40000 \times 0,60}{2} = 12.000 \text{ kg.}$$

$$F'_b = \frac{P}{16} = \frac{12.000}{16} = 750 \text{ cm}^2$$

$$\delta = \frac{750}{100} = 7,5 \text{ cm.}$$

Sección de las armaduras para $\sigma_e = 800 \text{ kg/cm}^2$.

$$F_e = \frac{P}{\sigma_e} = \frac{12.000}{800} = 15 \text{ cm}^2.$$

$$10 \phi 14 \text{ m/m}; \quad F_e = 15.40$$

Determinación de los pesos. —

Armaduras: Generatrices $8 \phi 12 \text{ m/m} \times 1 \text{ m} =$			
$= 8 \text{ ml} \times 0,882 \dots \dots \dots$		Kg.	7.06
Directrices $10 \phi 14 \text{ m/m} \times 3,14 \times 0,675 =$			
$= 10 \times 2,12 \times 1,20 \dots \dots \dots$,,	25.44
Ataduras de alambre y cruzamiento 5 %		,,	1.50
			34.00
Peso de las armaduras por metro lineal		,,	34.00

Tomaremos 40 kg/m.l. de caño.

Hormigón: $P = V \cdot \Delta = \pi D \delta \Delta =$
 $= 3.14 \times 0,675 \times 0,075 \times 2400 \dots \dots \dots 382.00$

Peso del caño de 3.50 mts. de largo. —

Armadura:	$3,50 \times 34 \text{ kg} \dots \dots \text{kg}$	119
Hormigón:	$3,50 \times 382 \text{ ,,} \dots \dots \text{,,}$	1337

Peso de un caño $\dots \dots \dots \text{kg} \quad 1456$

Cantidad de fierro en armadura por m^3 de hormigón. —

$$\begin{array}{r} 34 \text{ kg} \quad - \quad 0,159 \text{ m}^3 \\ \times \quad \quad - \quad 1 \\ \hline x = \frac{34 \times 1}{0,159} = \infty 214 \text{ kgs.} \end{array}$$

Sección del hormigón para $\sigma_b = 16 \text{ kg/cm}^2$; $p = 20000 \text{ kg/m}^2$ y $d = 0,60 \text{ m}$. —

$$P = \frac{20000 \times 0,60}{2} = 6000 \text{ kg.}$$

— 408 —

$$F_b = \frac{6000}{16} = 375 \text{ cm}^2$$

$$\delta = \frac{375}{100} = 3,75$$

Tomaremos 6 cms.

Sección de las armaduras para $\sigma_e = 800 \text{ kg/cm}^2$. —

$$F_e = \frac{6000}{800} = 7,5 \text{ cm}^2.$$

10 ϕ de 10 m/m; $F_e = 7,90 \text{ cm}^2$.

Determinación de los pesos. —

Armaduras: Generatrices 8 ϕ de 10 m/m \times 1. m =		
= 8 m. l. \times 0,61	Kg.	4.88
Directrices 10 ϕ de 10 m/m. \times 3.14 \times 0,675 =		
= 10 \times 2,12 \times 0,61	„	12.93
Ataduras y cruzamientos	„	1.19
Peso de las armaduras por metro lineal . .	„	<u>19.00</u>

Tomaremos 25 kg/m. l. de caño

Hormigón: $P = V \Delta = \pi D \delta \Delta =$
 $= 3,14 \times 0,66 \times 0,06 \times 2400$ 298.43

Cantidad de fierro en armadura por m³ de hormigón

$$x = \frac{19 \times 0,124}{1} = \frac{19}{0,124} = 153 \text{ kg.}$$

CAÑOS DE 0,800 MT. DE DIAMETRO

No se indica la presión a que serán sometidos estos caños y se prevé una armadura de 100 kg/m³ y una presión de 1.800 kg/cm² a los efectos de determinar el espesor de los caños.

Sección del hormigón para $\sigma_b = 16 \text{ kg/cm}^2$ y $p = 18000 \text{ kg/m}^2$.

$$P = \frac{18000 \times 0,80}{2} = 7200 \text{ kgs.}$$

— 409 —

$$F_b = \frac{7200}{16} = 450 \text{ cm}^2.$$

$$\delta = \frac{450}{100} = 4.5 \text{ cms.}$$

Tomaremos 6 cms.

Volúmen de hormigón por m. l. = $3.14 \times 0,86 \times 0,06 = 0,162 \text{ m}^3$

Armadura en kg/m. l. = 16,20 kgs.

CAÑOS DE 0,55

Espesor $\delta = 5 \text{ cms.}$

Volumen $v = 3.14 \times 0,60 \times 0,05 = 0,094 \text{ m}^3/\text{m. l.}$

Armaduras $100 \text{ kg}/\text{m}^3 = 9,4 \text{ kgs.}$

CAÑOS DE 0,50

Espesor $\delta = 5 \text{ cms.}$

Volumen $v = 3,14 \times 0,55 \times 0,05 = 0,086 \text{ m}^3/\text{m. l.}$

Armaduras $100 \text{ kg}/\text{m}^3 = 8,60 \text{ kgs.}$

CAÑOS DE 0,45

Espesor $\delta = 5 \text{ cms.}$

Volumen $v = 3,14 \times 0,50 \times 0,05 = 0,078 \text{ m}^3/\text{m. l.}$

Armaduras $100 \text{ kg}/\text{m}^3 = 7,8 \text{ kgs.}$

FABRICA DE CAÑOS CENTRIFUGADOS. — PLANTEL DE LA INSTALACION

N°	DESIGNACION	Depreciación	Precio unitario	Gastos de instalación
1	Máquina hormigonera	75 %	2000.—	1500.—
1	Depósito de agua elevado	85 %	1000.—	850.—
	Cañerías	50 %	100.—	50.—
1	Pozo	—	200.—	200.—
1	Motor elevador y bomba	30 %	600.—	180.—
1	Máquina elevadora de granza	60 %	3000.—	1800.—
1	Máquina centrifugadora Vianini Piazza Berberini N° 52	75 %	20000.—	15000.—
50	Moldes a \$ 300 c/u.	50 %	15000.—	12750.—
	Flete marítimo de Génova a Buenos Aires 30 tn.	—	500.—	500.—
	Guinche, etc. hasta s/w Puerto Madero	—	100.—	100.—
	Suma a la vuelta		\$ 42500.—	\$ 32930.—

N°	DESIGNACION	Depre- ciación	Precio uni- rio	Gastos de instalación
	Suma de la vuelta		42500.—	32930.—
	Flete F. C. Puerto Madero has- ta Río Cuarto		1500.—	1500.—
	Armamento macizo fundación y puesta en marcha		2000.—	2000.—
1	Motor eléctrico de 50 H. P.	50 %	3000.—	1500.—
	Correas, poleas, etc.		1500.—	1500.—
	Puente rodante, guinche, etc.	75 %	2000.—	1500.—
	Galpones, usina de F. G.	50 %	20000.—	10000.—
	Parque depósito caños			
	16 × 30 × 4.00 excavación		2000.—	2000.—
	135 × 4,50 × 0,45 mampostería		7000.—	7000.—
1	Puente rodante	75 %	3000.—	2250.—
	Piso 450 m ²		2250.—	2250.—
	Revoques		2000.—	2000.—
	Acequia, compuerta agua, repa- raciones, etc.		3000.—	3000.—
	Bomba, manómetros, cañerías, etc., tapas para probar caños	75 %	2000.—	1500.—
	Terreno para la fábrica		4800.—	4800.—
	Canalización eléctrica	90 %	1000.—	900.—
	Instalación interna eléctrica	90 %	500.—	450.—
	Decauville 500 mts.	50 %	3000.—	1500.—
	10 zorras	50 %	4000.—	2000.—
	Utilage			1000.—
				81580.—
	Impuestos 10 %		8158.—	8158.—
	Gastos y experiencias		10262.—	10262.—
	TOTAL		\$ 125470.—	\$ 100000.—

GASTOS MENSUALES DE FUNCIONAMIENTO DE LA USINA

1	Capataz		500.—	
8	Peones mensuales a \$ 100		800.—	
	Fuerza, aceite, grasa, estopa, te- léfono		750.—	
	Reparaciones		500.—	
	GASTO POR 1 MES		2550.—	
	” ” 20 MESES			\$ 51000.—

CANTIDAD TOTAL DE HORMIGON

Diám.	DESIGNACION	Unidad	CANTIDAD	
			Parcial	Total
0,60	Caños tipo "A" 16355 m. l. \times 0,125 \times 1,045	m ³	2136.—	
0,60	Caños tipo "B" 2350 m. l. \times 0,160 \times 1,045	"	393.—	
0,80	Caños colectora: 8350 m. l. \times 0,162 \times 1,045	"	1353.—	
0,50	Caños drenaje 1280 m. l. \times 0,086 \times 1,045	"	115.—	
0,55	Caños cloaca 830 m. l. \times 0,094 \times 1,045	"	82.—	
0,45	Caños varios 1402 m. l. \times 0,078 \times 1,045	"	114.—	
	TOTAL	m ³		4193.—

CANTIDAD TOTAL DE ACERO

DESIGNACION	Unidad	CANTIDAD	
		Parcial	Total
16355 \times 25	Tn.	409.—	
2350 \times 40	"	94.—	
8350 \times 16,2	"	135.—	
1280 \times 8,6	"	11.—	
830 \times 9,4	"	8.—	
1402 \times 7,8	"	11.—	
		668.—	
20 % por pérdidas		134.—	
Total en toneladas			802.—

PRECIO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA

Arena comp. impuestos	m ³	\$	1.80
Pedregullo del río de 1/4 a 1 1/2 cm.	"	"	4.—
Cemento	Tn.	"	59.—
Acero dulce para armaduras	"	"	270.—
Mano de obra para confección hormigón a máquina	m ³	"	0.50

PRECIO DE 1 m² DE HORMIGON

DESIGNACION	Parcial	Total
Cementó kgs. 500 a \$.59	29.50	
Arena litros 400 a \$ 1.80	0.72	
Pedregullo litros 800 a \$ 4.00	3.20	
Confección	0.50	
Transporte a la centrifuga	0.30	
Agua (combustible bomba)	0.10	
1 m ² de hormigón sin centrifugar		34.32
10 % por compresión y pérdidas		3.43
Precio del hormigón centrifugado		\$ 37.75
Gasto de instalación de usina por m ² de hormigón	\$ 37.75	
100.000		
————— =		
4193	” 23.85	
Gasto de confección de la cañería		
\$ 51.000		
————— =		
4193	” 12.15	
1 m ² hormigón centrifugado en caños de diversos diámetros		\$ 73.75

COSTO POR METRO LINEAL DE CAÑO COLOCADO

DESIGNACION	Parcial	Total
Caños tipo “A” de 0,60		
Hormigón 0,125 × 1,045 × 73,75	9.63	
Armaduras 25 × 0,30 \$	7.50	
Transporte y colocación	1.93	
Junta 0,22 × 6,30	1.39	
Costo m. l. de caño colocado		\$ 20.45
Caños tipo “B” de 0,60		
Hormigón 0,160 × 1,045 × 73,75	12.33	
Armaduras 40 × 0,30 \$	12.—	
Transporte y colocación	1.93	
Junta 0,22 × 6,30	1.39	
Costo m. l. de caño colocado		\$ 27.65
Caños de 0,80		
Hormigón: 0,162 × 1,045 × 73,75	12.49	
(A la vuelta)		

COSTO POR METRO LINEAL DE CAÑO COLOCADO

DESIGNACION	Parcial	Total
(De la vuelta)	12.49	
Armaduras: $16,2 \times 0,30$ \$	4.86	
Transporte y colocación	2.30	
Junta	2.60	
Costo m. l. caño colocado		\$ 22.25
Caños de 0,55		
Hormigón: $0,094 \times 1,045 \times 73,75$	7.24	
Armadura: $9,4 \text{ kg.} \times 0,30$ \$	2.82	
Transporte y colocación	1.—	
Juntas	1.30	
Costo m. l. caño colocado		\$ 12.36
Caños de 0,50		
Hormigón $0,086 \times 1,045 \times 73,75$	6.63	
Armaduras $8,60 \times 0,30$ \$	2.58	
Transporte y colocación	0.90	
Juntas	1.30	
Costo m. l. caño colocado		\$ 11.41
Caños de 0,45		
Hormigón $0,078 \times 1,045 \times 73,75$	5.75	
Armaduras $7,80 \times 0,30$ \$	2.34	
Transporte y colocación	0.80	
Juntas	1.25	
Costo m. l. caño colocado		\$ 10.14

Otras aplicaciones. —

Una última y recientísima aplicación de los tubos "Vianini" es la conducción de gas.

La Sociedad Vianini para este fin ha patentado recientemente un nuevo procedimiento de fabricación y las experiencias realizadas han dado completa satisfacción; pues bajo la presión de una columna de agua de 20 mts., el tubo, lleno de gas de alumbrado, después de un mes, el manómetro no ha señalado más variación de presión que la debida a la variación atmosférica.

El hormigón centrifugado ha venido a llenar también una sentida necesidad resolviendo un grave problema como es el sos-

tenimiento de las líneas destinadas al transporte de energía eléctrica que venía preocupando la atención de los electrotécnicos y constructores.

En el establecimiento de las líneas de transmisión es necesario considerar dos factores: gasto de primer establecimiento y condiciones de explotación.

Las obras de esta naturaleza deberán tener una solidez y durabilidad tan grande como sea posible y hacer que los gastos de conservación sean muy reducidos.

Para esto es necesario asegurar la explotación abandonando todos aquellos soportes que no ofrecen garantías suficientes, por ej. los postes de madera, que hacen costosas las explotaciones no solamente por los gastos de conservación, sino también por los accidentes que ocasionan: interrupción de corrientes, obligación de ejecutar reparaciones periódicas, gastos suplementarios de control y visitas, etc.; inconvenientes graves de por sí y que en líneas de gran importancia adquieren proporciones que están muy lejos de ser compensadas por las economías de primer establecimiento.

Los inconvenientes que presentaban los postes de madera indujeron a la introducción del poste de hierro.

Con esto se consiguió postes de mayor altura y durabilidad pero se aumentó notablemente el precio de adquisición, siendo demasiado onerosa su conservación.

Con la aparición del hormigón armado adelantó algo la solución del problema, confeccionándose postes de cemento armado macizos, huecos en su parte inferior; totalmente huecos o aligerados.

Este nuevo medio de sostén a pesar de haber dado resultados satisfactorios a las pruebas de flexión tuvo una aplicación modestísima, siendo muy pronto abandonado; señalando no obstante una etapa más o menos feliz en la búsqueda de un sistema mejor.

Diez años después cuando se aplicó la fuerza centrífuga a la fabricación de tubos de cemento armado, casi contemporáneamente, en Alemania, se aplicaba el mismo principio a la construcción de postes tubulares de cemento armado, obteniendo por su

indiscutible calidad una gran difusión que actualmente no sólo en Alemania sino también en Austria y Rumania cuéntanse ya millares de kilómetros de línea para la transmisión de energía eléctrica de alta, media y bajo potencial, sostenidos con postes centrifugados. Famosa entre todas es la línea Stocolmo-Trollhattan en Suecia de 320 kms. de longitud a 110000 volts construída con postes de 20 mts. de alto. Su empleo se ha extendido igualmente a las líneas telefónicas y telegráficas, especialmente en aquellos puntos de mayor importancia, en los pasos a nivel y en las ciudades como sostén para la iluminación, a los cuales se les adosa motivos decorativos.

En Italia estos postes son construídos casi exclusivamente por la Sociedad S. C. A. C.

Fabricación. —

El poste centrifugado tubular es de forma generalmente tronco-cónica.

El espesor varía según el esfuerzo a que deberá ser sometido.

El poste de hormigón centrifugado está constituído por armaduras longitudinales de acero y alto límite de elasticidad, con un alargamiento porcentual del 12 al 18 y con una carga de ruptura de 70 a 90 kg/mm². Las barras longitudinales están sostenidas interiormente por una espiral de fierro y exteriormente por dos espirales cruzadas. Las espirales están sólidamente unidas a las barras longitudinales constituyendo así un conjunto rígido e indeformable y al mismo tiempo elástico.

Este conjunto se coloca en la parte inferior de un molde tronco-cónico dividido en dos partes según un plano longitudinal medio.

La parte inferior del molde que contiene la forma es dirigida por medio de rodillos, bajo una hormigonera que lo llena de hormigón en toda su longitud, después de lo cual se fija la parte superior del molde por medio de bulones dispuestos a ese efecto y el conjunto es colocado por medio de un torno y de palancas en el interior de los tambores de la máquina centrifugadora, la cual está constituída por una serie de tambores de diámetros iguales convenientemente espaciados teniendo un eje horizontal común. Estos tambores pueden centrarse por medio de un juego de po-

leas. Los tambores móviles, están unidos en su periferia interior de un sistema de diafragma muy ingenioso, que permite centrar y mantener los moldes en el eje de la máquina.

Todos los tambores son comandados sincrónicamente, con ayuda de correas, por una transmisión única, la cual es accionada por un motor de una potencia de unos 75 H. P., alimentado bajo tensión variable, que hace posible variar su velocidad.

Las transmisiones son calculadas para accionar el molde a una velocidad máxima de 600 a 1000 R. P. M.

Bajo el efecto de la fuerza centrífuga que se traduce por presiones unitarias de 700 a 800 grs./cm² el hormigón se reparte en la periferia del molde y adquiere cualidades especiales de resistencia que lo diferencian totalmente del hormigón moldeado por los procedimientos comunes.

La máquina es puesta en marcha progresivamente, adquiriendo la velocidad máxima al final de la operación la cual dura alrededor de 15 minutos.

El molde es sacado con la ayuda de un torno, pudiendo efectuarse el desmolde después de un reposo de 12 horas.

El poste se coloca enseguida en un lecho de arena húmeda y es mojada abundantemente.

Después de 12 días, el poste puede ser utilizado en la construcción.

Características. —

Los postes de hormigón centrifugados pueden hacerse hasta de un largo de 25 mts. de una sola pieza y para esfuerzos útiles en el vértice de 4 Tn.

Las principales ventajas de estos postes son su durabilidad prácticamente ilimitada y su seguridad en servicio, aún durante las más fuertes tempestades.

Esas cualidades provienen de la elasticidad extraordinaria de esos soportes, debido a la homogeneidad perfecta del hormigón centrifugado, a la ausencia de vacíos, a su gran densidad (superior en un 8 % al hormigón hecho por los procedimientos comunes) y también a la perfecta adherencia del hormigón al fierro.

La homogeneidad elástica de los postes centrifugados está claramente demostrada por los ensayos efectuados ejerciendo en

el extremo del poste esfuerzos hasta la carga de ruptura. Las primeras fisuras aparecen en la parte tendida, bajo un esfuerzo en el extremo igual a 4 y 6 veces el esfuerzo normal.

Durante este primer período elástico, el poste vuelve a su posición primitiva cuando el esfuerzo cesa de actuar.

A medida que aumenta el esfuerzo, las fisuras de la parte tendida se hacen cada vez más profundas, y así la sección de hormigón tendido disminuye, el eje neutro se desplaza hacia la parte comprimida.

Los ensayos han demostrado que el hormigón tendido comienza a romperse para tensiones superiores a 300 kg/cm^2 mientras que a la ruptura el hormigón comprimido trabaja de 500 a 600 kg/cm^2 . Esta última cifra que parece muy elevada, se explica por el hecho de que una parte de los esfuerzos que se producen en el hormigón es absorbido por el zunchado que no ha sido tenido en cuenta en los cálculos.

Por otra parte la sección anular del poste es aquella que da el mayor valor para el momento resistente de la sección.

Brazos y travesaños. —

Los brazos y travesaños se construyen de hormigón armado presentando así unidad de estructura con el poste. Son muy resistentes y pueden establecerse fácilmente en vista de responder a todos los problemas concernientes a las líneas de transmisión eléctrica; a la vez que puede obtenerse efectos estéticos notables.

En cuanto al transporte y levantamiento de estos postes no ofrece mayores dificultades, siempre que se disponga, naturalmente, de un material apropiado.

Conclusiones. —

El costo de estos postes se puede considerar inferior al de cualquier otro, si se tiene en cuenta su resistencia y durabilidad.

El grado de perfección alcanzado en la construcción de este tipo de poste, nos permite afirmar, de que llegará a suplantarse en gran número de casos las pilas metálicas, dado los inconvenientes que éstas presentan desde el punto de vista de su conservación.

Para terminar transcribimos el juicio que sobre este nuevo tipo de poste ha expresado el Prof. Förster del Politécnico de Dresde en una de sus conferencias:

“Los postes centrifugados de hormigón armado son superiores por su resistencia, por su aspecto estético y por la durabilidad casi ilimitada, a los postes comunes de hierro o de madera destinados al mismo objeto.

“La elevada resistencia obtenida por el hormigón centrifugado, se puede comprender por el hecho de que un poste centrifugado 24 horas después de su construcción puede ser levantado del molde, transportado y depositado; por fin la caída al suelo de un poste durante el montaje del mismo no trae como consecuencia ninguna rasgadura, ni interna ni externa.

“El mayor precio del hormigón centrifugado y del poste obtenido con tal sistema es insignificante comparado con la extraordinaria elasticidad del mismo.

“El poste representa en definitiva un producto estática y constructivamente perfecto cuyo uso y destino crecerá día a día en la construcción de sostenes eléctricos”.
