



centro de educación continua de la facultad de ingeniería, unam



PROFESORES DEL CURSO FABRICACION, COLOCACION Y  
CONTROL DEL CONCRETO

ING. PEDRO LUIS BENITEZ ESPARZA  
Jefe de la Div. Trituración y Asfalto  
Industria del Hierro, S.A.  
Minería 145 Edif. A 3 Piso  
México, D.F.

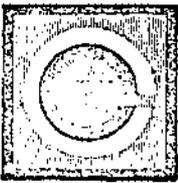
ING. AUSENCIO AGUILAR CALDERON  
Encargado del Laboratorio de Cementos  
Morteros y Lechadas  
Ofi. de Estudios Experimentales  
Augusto Rodin 265  
México, D.F.

ING. ALEJANDRO GRAFF LOPEZ  
Gerente Técnico  
Pre-Concreto, S.A.  
México, D.F.

ING. MARCOS J. FARADJI CAPON  
Gerente  
Laboratorio Nacional de la Construcción, S.A.  
México, D.F.

ING. RICARDO MADRIGAL  
Gerente  
Concretos Tolteca  
Div. Bombeo  
México, D.F.

ING. VICTOR MANUEL MENA FERRER  
Jefe de la Sección de Materiales  
Oficina de Estudios Experimentales  
C. F. E.  
México, D.F.



centro de educación continua de la facultad de ingeniería, unam



PROFESORES DEL CURSO DE FABRICACION, COLOCACION  
Y CONTROL DEL CONCRETO

ING. CARLOS JAVIER MENDOZA ESCOBEDO  
Jefe de Laboratorio de Materiales  
Fac. de Ingeniería  
Investigador y Profesor

ING. ADOLFO PORTAL PORTAL  
Asesor Técnico  
Concretos Tolteca, S.A.  
Av. Sn. Antonio 416  
San Pedro de los Pinos  
México, D.F.

ING. IGNACIO RUIZ BARRA  
Superintendente General  
Estructuras y Cimentaciones, S.A.  
Minería 145 Edif. 5 3 Piso  
México, D.F.

ING. ROBERTO SANCHEZ TREJO  
Director Técnico  
Consultec Ingenieros Asociados, S.A.  
México, D.F.

DIRECTORIO DE ASISTENTES DEL CURSO DE FABRICACION, COLOCACION Y CONTROL  
DEL CONCRETO ( del 5 de junio al 5 de julio de 1972 )

NOMBRE Y DIRECCION

EMPRESA Y DIRECCION

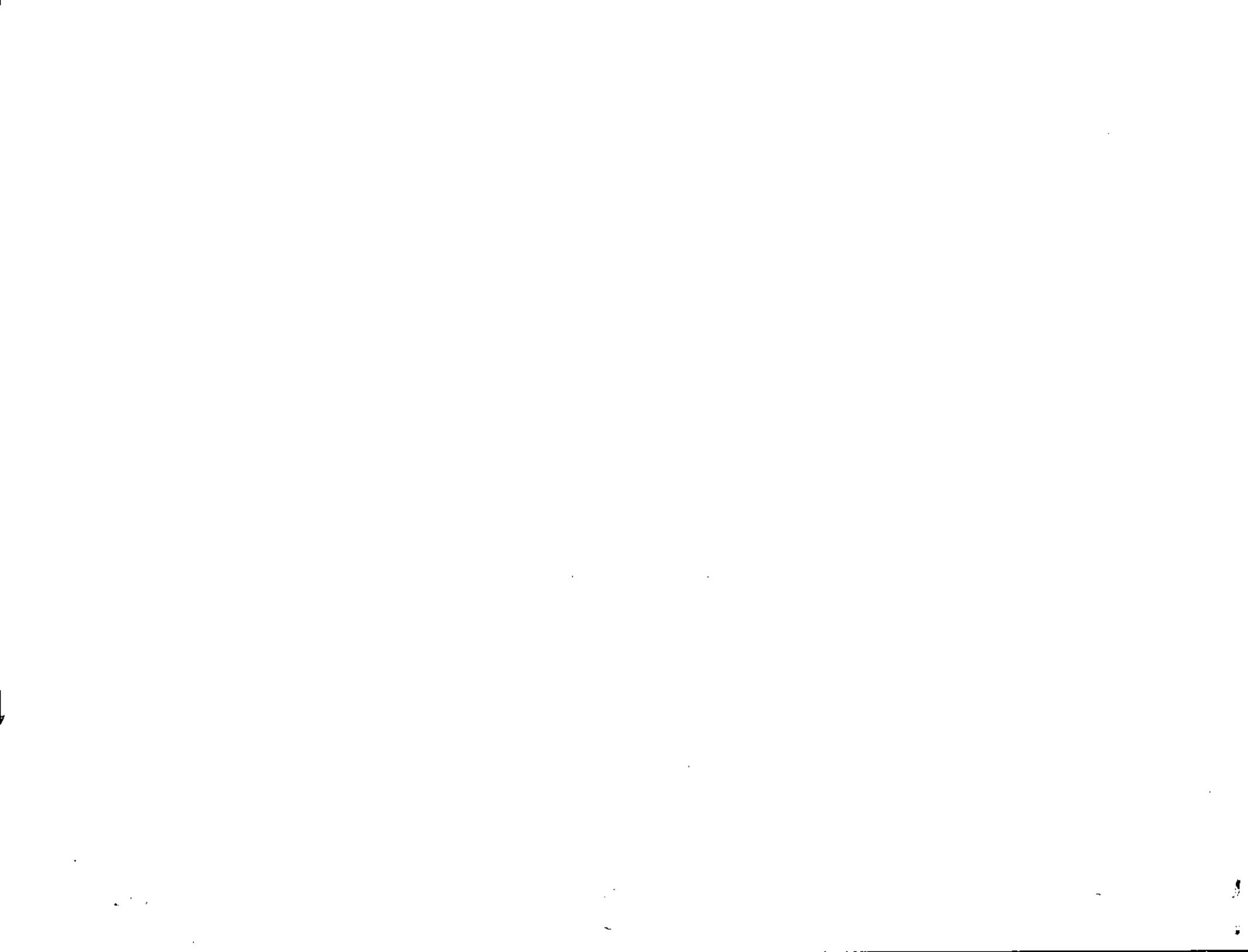
- |   |  |
|---|--|
| 1. ING. GUILLERMO CAMPOS IBARRA<br>Rafael Buelna No. 383 Ote.<br>Culiacán, Sin                | UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SINALOA<br>Andrade y Constitución<br>Culiacán, Sin   |
| 2. ARQ. PEDRO CORDERO RAMIREZ<br>Norte 81-A No. 374<br>Col. Electricistas<br>México 16, D. F. | CONTRATISTAS DE INGENIERIA Y ARQUI<br>TECTURA, S. A.<br>Martín Mendalde No. 1260<br>Col. del Valle<br>México 12, D. F. |
| 3. C.P. MARCO ANTONIO DAMIAN ADAN<br>Av. Oriente 83 No. 3720<br>Col. La Joya<br>México, D. F. | ECISA CONSTRUCCIONES, S. A.<br>Av. Chapultepec No. 511-105<br>México 6, D. F.  |
| 4. ING. LUIS AMANDO GARCIA CHOWELL<br>Edif. 22 Depto 301<br>Villa Olímpica,<br>Tlalpam, D. F. | SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS<br>Xola y Av. Universidad<br>México, D. F.  |
| 5. ING. JOSE GARCIA LOZANO<br>Calle 10-B No. 13<br>México, D. F.                              | TUNEL, S. A.<br>Minería No. 145<br>Col. Escandón<br>México 18, D. F.   |
| 6. SR. JUAN GAUTIER RODRIGUEZ<br>Sur 73-A No. 133<br>Col. Prado<br>México, D. F.              | LG. CONSTRUCTORA, S. A. DE C. V.<br>Liverpool No. 89-602<br>Col. Juárez<br>México, D. F.                               |
| 7. ING. JORGE GIL MERINO<br>Guanajuato No. 143-302<br>México 4, D. F.                         | COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD<br>Augusto Rodín No. 265<br>México 19, D. F.  |
| 8. SR. PEDRO GOMEZ COLIO<br>Unidad Cuitlahuac Edif.75 D-201<br>México 16, D. F.               | SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS<br>Xola y Av. Universidad<br>México, D. F.  |
| 9. ING. FRANCISCO HERMOSILLO SILVA<br>P. Elias Calles No. 1328-403<br>México, D. F.           | PRODUCTOS DE BASALTO, S. A. DE C.V.<br>Laminador No. 37<br>Col. Bellavista<br>México, D. F.                            |

DIRECTORIO DE ASISTENTES DEL CURSO DE FABRICACION, COLOCACION Y CONTROL DEL CONCRETO ( del 5 de junio al 5 de julio de 1972 )

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
10. ING. FERNANDO IBARRA NUÑEZ Lago Cuitzeo No. 212-17 México, D. F.	INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL Toledo 21 P.Baja México, D. F.
11. ING. ALBERTO LOPEZ CASTAÑON 5 de Mayo No. 35-A Tepeji del Rio,Hgo.	TUNEL, S. A. Minerfa No. 145 Col. Escandón México 18, D. F.
12. ING. FRANCISCO JAVIER LOPEZ D. Real del Monte No. 22 México 2, D. F.	C.T.S. CONCRETOS, S. A. Manzanillo No. 109 Col. Roma Sur México 7, D. F.
13. ING. DAVID MARTINEZ EGUILUZ Florencio Antillon No. 23 México 14, D. F.	CONCRETOS TOLTECA, S. A. Prolongación Avenida San Antonio No.461 Col. San Pedro de los Pinos México, D. F.
14. SR. ARMANDO M. MARTINEZ GARAY Las Flores No. 319 Tlacopac, San Angel México, D. F.	MAQUINARIA PANAMERICANA, S. A. DE C. Blud. M. Avila Camacho No. 245-E México, D. F.
15. ING. IGNACIO PEDROZA SERRANO San Francisco No. 1814-C México, D. F.	CONDOMINIOS E INVERSIONES, S. A. Cumbres Acultzingo No. 67-101 México 12, D. F.
16. ING. FRANCISCO PUERTOS CERVANTES Uxmal No. 388-9 Col. Narvarte México 12, D. F.	CONSTRUCCIONES CONDUCCIONES Y PAVIMENTOS Minerfa No. 145 Col. Escandón México 18, D. F.
17. ING. FCO. ARMANDO RANGEL ORDOÑEZ Calle E No. 1 Col. Educación México, D. F.	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Xola y Av. Universidad México, D. F.
18. ING. ANTONIO ROLON ORTIZ Millel No. 45 México 12, D. F.	TUNEL, S. A. Minerfa No. 145 Col. Escandón México 18, D. F.

DIRECTORIO DE ASISTENTES DEL CURSO DE FABRICACION, COLOCACION Y CONTROL DEL CONCRETO ( del 5 de junio al 5 de julio de 1972 )

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
19. ING. LEOPOLDO RODRIGUEZ GOMEZ Rastro 22 México 22, D. F.	POR CUENTA PROPIA Rastro 22 México 22, D. F.
20. SR. ADOLFO PORTAL DE LOS RIOS Carlos J. Meneses No. 4 Gto. Musicos Cd. Satélite México, D. F.	CONCRETOS TOLTECA, S. A. Av. San Antonio No. 461 Col. Mixcoac México, D. F.
21. ING. RAUL RUIZ PEREZ Libertad No. 10-107 Col. Portales México, D. F.	CONSTRUCTORA TECNICA EDIFICADORA Insurgentes Sur No. 1160-302 México, D. F.
22. ING. LEOPOLDO SALAZAR TORRES Fresno No. 91 México, D. F.	TECNICOS ASOCIADOS, S. A. Av. Juárez No. 157-105 México, D. F.
23. SR. JORGE SALAZAR TERRON Av. Universidad 1810 Edificio H-Dpto- 4 México, D. F.	CONSTRUCCIONES CONDUCCIONES Y PAVIMEN TOS, S. A. Minería No. 145 Edificio 4 2o. Piso Col. Escandón México 18, D. F.
24. ING. JULIO FRANCISCO SALINAS V. Marti No. 125-201 México, D. F.	CAMINOS Y VIAS, S. A. Benjamin Franklin No. 235-4 México, D. F.
25. ING. CARLOS TAGLE M. Cantil No. 52 Lomas de Bellavista Cd. Satélite Edo. de México	ADICIONANTES PARA CONCRETO, S. A. Salamanca No. 102-602 Col. Roma México 7, D. F.
26. ING. MARIO TENA BERNAL Cda. de Miguel Negrete No. 5 México, D. F.	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Xola y Av. Universidad México, D. F.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CENTRO DE EDUCACION CONTINUA  
FABRICACION, COLOCACION Y CONTROL DEL CONCRETO

Propiedades de los agregados por él Ing. Adolfo Portal Portal.

Los agregados petreos ocupan por lo menos el setenta y cinco por ciento del volumen del concreto, por consiguiente es de esperarse que las propiedades de aquellos, tengan un efecto de terminante en las propiedades y comportamiento del concreto. (1) Debido a que el costo de los agregados es menor que el costo del cemento, se da menos importancia a su calidad y hasta se subestima el papel que desempeñan en la calidad del concreto.

A continuación se trata la importancia que tiene seleccionar los agregados de acuerdo con sus propiedades físicas y químicas, las cuales servirán de base para aceptar o rechazar cierta clase de agregados, dependiendo de las características del concreto - que se trate de producir; pero una vez aceptados, se deberá de tener cuidado que al efectuar su transporte y manejo, no sufran fracturas que se presentan cuando los vehiculos ruedan sobre ellos; que el almacenamiento de los mismos se haga en patios expofeso para el efecto y así evitar contaminaciones entre ellos mismos o con sustancias extrañas y nocivas.

Los agregados originalmente fueron considerados como un material inerte, pero de hecho no lo son y sus propiedades físicas y químicas, tiene gran influencia en el comportamiento del concreto.

Si un agregado es poroso, puede presentar poca resistencia cuando esta expuesto a condiciones alternativas de mojado y secado y menos resistencia aún, si se llega a tener la condición de congelación y deshielo o de calentamiento y enfriado; debido a los cambios volumétricos que ocurren por lo cual es necesario conocer la " sanidad " del agregado.

La propiedad de sanidad (2) es la habilidad de un agregado para resistir cambios volumétricos prolongados o permanentes -- cuando se sujeta a los efectos de : congelación y deshielo, calentamiento y enfriado o humedecido y secado, esta relacionada con la porosidad, absorción y estructura de los poros de los -- agregados. Las rocas que tienen muy alta absorción, son potencialmente vulnerables a los efectos de congelación y deshielo.

La prueba de sanidad (3) se efectua en los laboratorios siguiendo el método de la ASTM C-88, que consiste en efectuar cinco ciclos de inmersión y secado, en una solución saturada de -- sulfato de sodio o de sulfato de magnesio, con lo que se determina la resistencia a la desintegración del agregado. La pérdida de peso de la muestra de la arena al final de la prueba, no deberá ser mayor del 10 % cuando se emplee sulfato de sodio y -- 15 % cuando se use sulfato de magnesio; y 12 % y 18 % respectivamente, cuando en material en estudio sea grava.

La resistencia a la abrasión, es otra propiedad que no podrá ser satisfactoria, si se emplean agregados suaves, por lo cual es necesario efectuar las pruebas respectivas.

Las pruebas de resistencia a la abrasión del agregado grueso, se efectúan de acuerdo con los métodos de prueba de la ASTM C-535 y C-131 (3) para tamaños grandes o pequeños respectivamente, con la máquina de Los Angeles, que consiste en un tambor metálico con una aspa interior, donde se colocan esferas también metálicas y el agregado en estudio. Se hace girar el tambor 500 revoluciones, al cabo de las cuales se determina la pérdida de peso en por ciento del peso original de la muestra y dicha pérdida no deberá ser mayor del 50 % .

La expansión por reacción de los agregados con los álcalis del cemento, (4) trae consigo un deterioro en las estructuras lo cual es un serio problema. La citada reacción se presenta entre los álcalis del cemento y ciertos constituyentes de algunos agregados, tales como : la obsidiana, la riolita, el cuarzo lechoso, la calcedonia, el pedernal, el ópalo, etc.

El problema se evita si se emplean cementos debajo contenido de álcalis esto es, que el contenido de álcalis totales expresado en por ciento de óxido de sodio  $\text{Na}_2\text{O}$  sea menor de 0.60 o si se añade a la mezcla del concreto fresco una cantidad adecuada de puzolana, determinada mediante pruebas de laboratorio para conocer si la puzolana en estudio surte el efecto deseado y cual es la cantidad que se debe de emplear. El estudio de la puzolana, se efectúa de acuerdo con el método ASTM C-441, para determinar la eficiencia de aditivos minerales para prevenir la excesiva expansión del concreto debido a la reacción álcalis-agregados.

Para tener una mejor resistencia del concreto al ataque de

los sulfatos, ya sea por los terrenos que se tienen en contacto - o por las aguas que conducen las estructuras, se debe emplear cemento tipo V o cemento tipo I con la adición de puzolana según se determine con pruebas de laboratorio, pero también se ha encontrado conveniente emplear agregados calizos que dan más durabilidad a los concretos que están sujetos a el ataque de los sulfatos ya que - este abaque se reparte en la pasta de cemento y en los agregados.

Resistencia.- Los tipos de resistencia generalmente considerados, son la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión, las cuales dependen en forma importante de la resistencia de la pasta del cemento y de la adherencia entre la pasta y el agregado. Un agregado con una superficie de textura rugosa tiene mayor adherencia con la pasta de cemento que un agregado con una superficie de textura lisa.

Cuando se pide una determinada resistencia a la compresión, dentro de los límites usuales, generalmente no existe ningún problema para poder obtenerla con agregados ya sean malos o buenos, naturalmente con mayor o menor consumo de cemento por metro cúbico de concreto, pero cuando se pide resistencia a la flexión del orden de  $45 \text{ kg/cm}^2$ , ésta no se podrá obtener si los agregados son de forma arredondada y de superficie lisa, por lo que se tendrá que recurrir al empleo de agregados producto de trituración, que presentan partículas de forma lajeada y con superficie áspera con lo cual se tendrá mayor área de contacto entre el agregado grueso y la pasta. Si al producir agregado triturado se obtienen las partículas con polvo adherido a la superficie será necesario lavar el agregado para si obtener una mejor adherencia.

El tamaño máximo del agregado también tiene efecto en la resistencia del concreto (5) . Por estudios efectuados se ha llegado al conocimiento que se tienen mayores resistencias a la adherencia, cuando el agregado grueso es de tamaño pequeño o sea del orden de 12.7 mm que cuando el agregado es de tamaño mayor del orden de 76 mm como se puede ver en la gráfica No. 1 (6) y naturalmente que al aumentar la resistencia a la adherencia aumenta la resistencia a la compresión como se muestra en la gráfica No. 2 (6) .

La granulometria de los agregados desempeña un papel muy importante en la resistencia del concreto; se han hecho estudios en concretos variando el contenido de arena desde 20 % hasta el 60 % del contenido total de agregados y sosteniendo el consumo de cemento por metro cúbico de concreto. Se observó que se obtienen resistencias más altas cuando el contenido de arena es del orden del 30 %; dando valores más bajos cuando el contenido de arena es de 20 % y 60%; éstos valores más bajos que se obtienen son del orden de 40 kg/cm<sup>2</sup>.

Por lo que respecta a la permeabilidad del concreto, mucho dependerá de la relación agua-cemento de la pasta, pero también de la mayor o menor porosidad de los agregados.

En el libro titulado " Concreto Endurecido : aspectos físicos y mecánicos " de Adam M. Neville (7) publicado por el Instituto Americano del Concreto ( ACI ) en el capítulo 3 relativo a los factores que influyen en la resistencia del concreto, dice lo siguiente :

" Para un cemento dado y agregados aceptables, la resistencia

que puede ser desarrollada por una mezcla de cemento agregados y agua, trabajable y colocada apropiadamente bajo el mismo mezclado, curado y condiciones de prueba, esta influenciada por lo siguiente :

- a) Relación agua-cemento.
- b) Relación cemento-agregados.
- c) Granulometria, textura de la superficie, forma, resistencia y tenacidad de las particulas de los agregados.
- d) Tamaño máximo del agregado.

La resistencia del concreto depende de :

- 1.- La resistencia del mortero.
- 2.- La adherencia entre el mortero y el agregado grueso.
- 3.- La resistencia de las particulas del agregado grueso o sea su capacidad para resistir el esfuerzo que se le aplique.

Como se ve por lo anterior, los agregados y sus propiedades son de una importancia considerable para la fabricación del concreto.

Por lo que se refiere a la producción de agregados es necesario que ésta sea lo más uniforme posible y que se cumplan las especificaciones respectivas, ya que no podrá producirse concretos uniformes y de buena calidad si los agregados no reúnen estas condiciones.

La especificación ASTM C-33 de agregados para concreto, indica los requisitos y tolerancias permisibles que se deben tener con relación a los siguientes aspectos :

Límites de granulometria.

Cantidad de sustancias deletereas.

Sanidad.

Cantidad de material más fino que la malla No. 200.

Impurezas orgánicas de la arena.

Grumos de arcilla y partículas frágiles.

Carbón y lignita.

Partículas suaves.

Agregados activos.

En la producción de agregados es muy importante que la clasificación de sus distintos tamaños, arena, grava No. 1 y grava No. 2 se haga lo mejor posible. Como no es factible tener una clasificación exacta, se permite 5 % máximo de contaminación de supratamaño en la clasificación de la arena y 10 % máximo de contaminación en infra y supratamaño en todas las clasificaciones del agregado grueso.

Cuando se tienen concretos con requerimientos especiales, es cuando es necesario recurrir a al aprovechamiento de la mayoría de las características favorables de los agregados para lograr el objetivo; por ejemplo, cuando en una ocasión se trató de producir en el laboratorio, un concreto que diera  $1,000 \text{ kg/cm}^2$  a la compresión (8).

Para lograr lo anterior, se empleó agregado del mayor peso específico relativo posible, se empleó una granulometría especial con arena lavada para quitarle los granos finos, con grava también lavada y de tamaño máximo de 12.7 mm; la relación agua-cemento fué de 0.26; la colocación en los moldes se efec-

tuó con mesa vibratoria y compactando la parte superior de los cilindros con un pizón; además se empleó un aditivo reductor de agua que tenía efectos de dispersión en los granos del cemento; el curado del concreto endurecido se efectuó en una cámara con -- humedad relativa de 95% y con temperatura constante de  $23^{\circ} \text{C} \pm 2$ . La prueba se efectuó a 28 días de edad habiéndose obtenido el resultado deseado.

Otro problema que se presenta con frecuencia en nuestros días, es el de producir concreto con resistencias altas a la flexión-- del orden de 40 , 50  $\text{kg/cm}^2$  que se tiene que emplear para la construcción de pistas de aterrizaje de esos grandes aviones que actualmente se estan construyendo y que cada vez tienden a ser mayores . Para producir concreto que de esas resistencias a la flexión, es -- necesario como ya se dijo recurrir al empleo de agregados con alto peso específico relativo, de textura aspera, de forma lajeada, -- con superficies libres de polvo; el tamaño del agregado deberá ser cuando mucho de 19 mm, el concreto con revenimiento máximo de 7cm; con el empleo de un aditivo reductor de agua y con una buena colocación , compactación y buen curado.

En la revista Concrete Construction (9) del mes de julio 1971 se presenta un artículo referente a un concreto especial capaz de dar de 55 a 175  $\text{kg/cm}^2$  a la flexión. Este concreto esta elaborado con la adición de pequeñas fibras de alambre de aproximadamente 2.5 cm de largo, en una cantidad mayor o menor de acuerdo con la resistencia que se trate de obtener. El nombre que se le ha dado a éste concreto es WIRAND (10) y de acuerdo con las necesidades del futuro es de considerarse que será de gran utilidad.

Actualmente éstos concretos podrán ser considerados como exagerados pero en la revista de Agosto de 1971 del Instituto Americano del Concreto, se publica un artículo denominado " Concreto del Año 2000 " en el que en uno de sus párrafos dice :

" Resistencias del orden de  $4200 \text{ kg/cm}^2$  se podrán obtener para propósitos especiales y resistencias de  $1400 \text{ kg/cm}^2$  podrán ser obtenidas en producción de rutina. La resistencia a la flexión de aproximadamente la mitad de la resistencia a la compresión se podrá obtener cuando sea necesario "

Como se verá por lo anterior, las exigencias para el concreto aumentan cada vez más, por consiguiente los estudios deben ser -- continuados por las presentes y las futuras generaciones para poder satisfacer las necesidades y requerimientos de los proyectistas, pero será también indispensable recordar que al efectuar los estudios, no se espere que el concreto siga leyes de comportamiento determinadas, ya que a través de muchos estudios efectuados se ha puesto de manifiesto que el concreto es el que siempre tiene la última palabra.

Otro aspecto en que los agregados tienen un efecto determinante es cuando se tiene que recurrir a la extracción de núcleos de concreto para pruebas de resistencia a la compresión.

Durante mucho tiempo se creyó que las resistencias obtenidas en los núcleos eran mayores que las que se obtenían en cilindros moldeados en forma estandar, pero en estudios efectuados en los últimos diez años y publicados en la revista del "American -- Concrete Institute" en enero de 1961, abril de 1967 y por la Publicación de A.S.T.M. de Junio de 1968, se llega al conocimiento que es todo lo contrario, ya que los núcleos dan resistencias menores que los cilindros, con valores del orden del 85% si los núcleos son de 15 cm de diámetro, pero si son de 10 cm la resistencia que se obtiene es del orden del 65% de la del cilindro.

La intervención que en parte tienen los agregados en el citado efecto es -- que al colar cilindros todas y cada una de las partículas de grava quedan confinadas en la matriz cementante y su trabajo es del total de su volumen y la adherencia es en toda su superficie; en cambio cuando se cortan los núcleos algunos de los agregados que quedan en la periferia, son cortados parcialmente y pueden quedar reducidos a fragmentos de poco espesor con una parte expuesta en el exterior del núcleo donde no trabaja en forma completa ni efectiva.

Otro caso más en que los agregados afectan la calidad del concreto, es -- cuando se cueban losas delgadas, del orden de 5 a 7 cm de espesor, con agregados que tienen muy poca humedad. Al elaborar el concreto con los agregados en esta condición éstos le quitan agua al concreto cuando está aún en estado plástico, pero en proceso de endurecimiento y naturalmente con muy poca resistencia a la compresión y mucho menos a la tensión. Al perder agua el concreto disminuye su volumen y se presentan grietas --

de forma irregular en todas direcciones que generalmente no cruzan el espesor total de la losa, sino que únicamente se presentan en la parte superior de la misma. Este fenómeno se ha logrado disminuir y en ocasiones hasta evitarse, teniendo la precaución de mojar los agregados de preferencia de un día para otro, hasta que queden con una humedad muy cerca del punto de saturación.

Los agregados que tienen la superficie muy áspera presentan un problema -- cuando su colocación se efectúa con bomba a través de tuberías de aluminio. Lo que sucede es que con el paso del concreto con agregados muy abrasivos se produce un desgaste en los tubos de aluminio. El aluminio producto del desgaste del tubo, que es polvo de aluminio, reacciona en el medio alcalino del concreto y se produce hidrógeno naciente que aumenta el volumen del concreto y por consiguiente disminuye su resistencia hasta -- en un 50%. Para evitar esto, se recomienda el empleo de tuberías de polietileno o de -- acero, aunque en este último caso ya algunos autores están pensando que se produciría -- gas acetileno, pero que tal vez tenga un efecto más benigno.

Se tienen otra clase de agregados que por su bajo peso volumétrico se em -- plean para la fabricación de concreto ligero.

Los agregados para concreto ligero están regidos por las especificaciones -- ASTM C 330 y C 332 ya sea para concreto estructural o para concreto ligero aislante.

Como agregado fino se emplea el tepetate, o sea un material pumítico que, aunque su granulometría es gruesa, su peso volumétrico es del orden de 750 kg/m<sup>3</sup>.

Como agregado grueso se emplea el llamado Tezontle que es una toba volcá -- nica con un peso volumétrico de aproximadamente 850 kg/m<sup>3</sup>.

Con estos materiales se logra obtener concretos que con una resistencia a la compresión de 150 kg/cm<sup>2</sup> y de un peso volumétrico seco de 1,550 kg/m<sup>3</sup> y para una -- resistencia de 200 kg/cm<sup>2</sup>, se tiene un peso volumétrico de 1,635 kg/m<sup>3</sup>. Lo anterior --

se considera una ventaja en disminución de peso, si se recuerda que el peso volumétrico del concreto común es de 2,200 kg/m<sup>3</sup>.

Por lo que se refiere al concreto ligero aislante se ha logrado elaborar concreto con peso volumétrico menor de 1,000 kg/m<sup>3</sup> o sea menor que el del agua, pero - en este caso fue necesario recurrir al empleo de un aditivo inclusor de aire para hacer más poroso el concreto y así bajar el peso volumétrico.

## R E F E R E N C I A S.

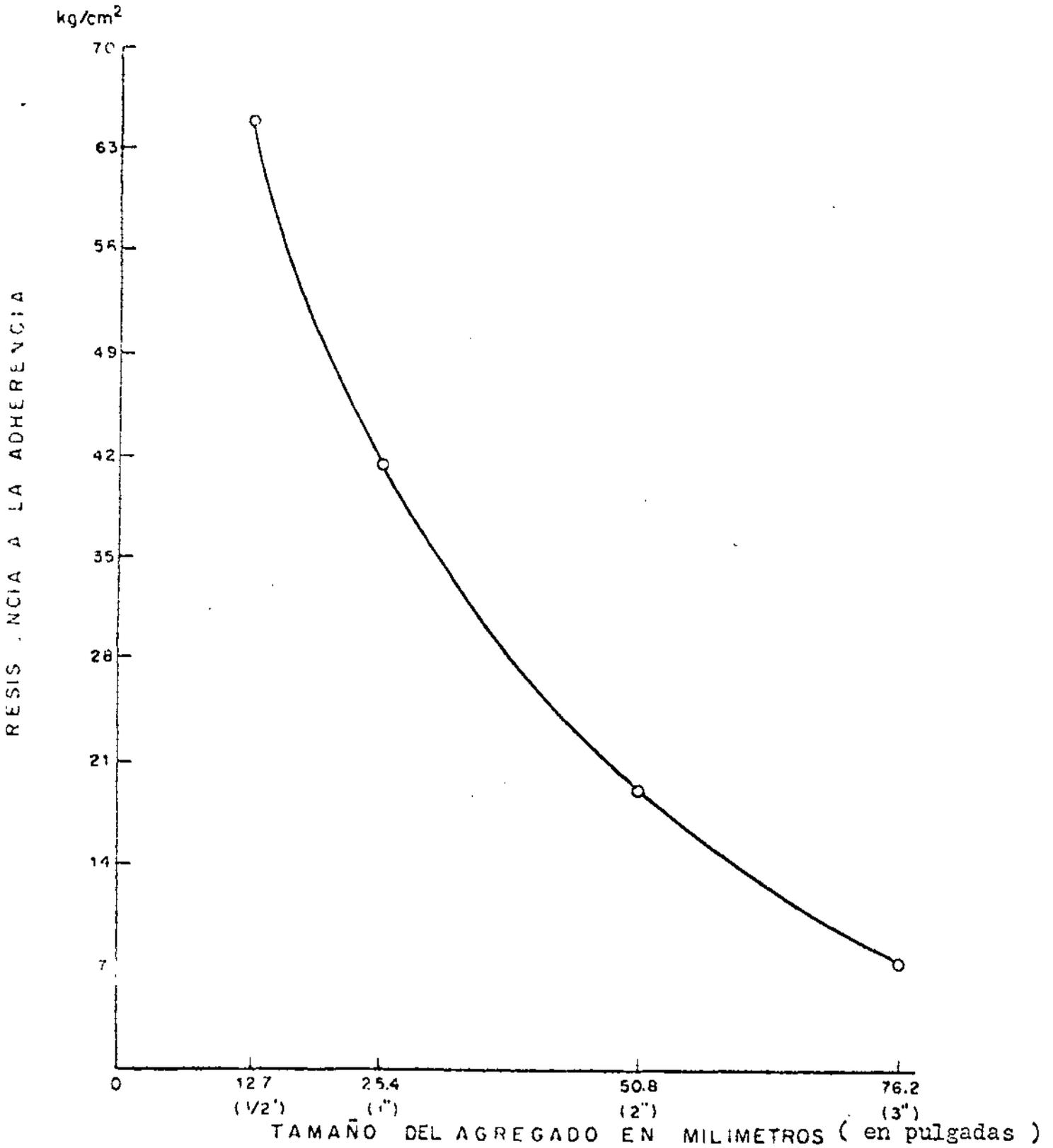
- ( 1 ) Concrete Manual United States Departament of the Interior Bureau of Reclamation Seventh Edition.
- ( 2 ) Selección y Empleo de agregados para concreto. Informe del - Comité ACI 621 American Concrete Institute.
- ( 3 ) 1971 Anual Book of ASTM Standards Part 10 American Society for Testing and Materials.
- ( 4 ) Durability of Concrete Construction American Concrete Institute.
- ( 5 ) Conferencia del Dr. Oscar M. González Cuevas presentada en la I Convención Nacional de la Industria del Concreto Premezclado en México, D.F. el 8 y 9 de octubre de 1965 titulada -- " Efecto del Tamaño Máximo del Agregado en las Propiedades del Concreto " .
- ( 6 ) American Concrete Institute Marzo 1961. Discusiones al artículo " Efecto del Tamaño Máximo del Agregado en las Propiedades del Concreto " por K.M. Alexander, J. Wardlaw y -- M.F. Macnaughton.
- ( 7 ) Hardened Concrete : Physical and Mechanical aspects by Adam K. Neville.
- ( 8 ) Estudios efectuados en el Laboratorio de Pruebas Físicas de Materiales en el Departamento de Ingenieria Experimental de-

pendiente de la Dirección de Proyectos de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

( 9 ) Concrete Construction Junio 1971 by R.F. Dickerson and --  
D.R. Lankar D.

( 10 ) Publicación de BATTELLE Development Corporation.  
505 King Avenue Colombus Ohio 43201 U.S.A.

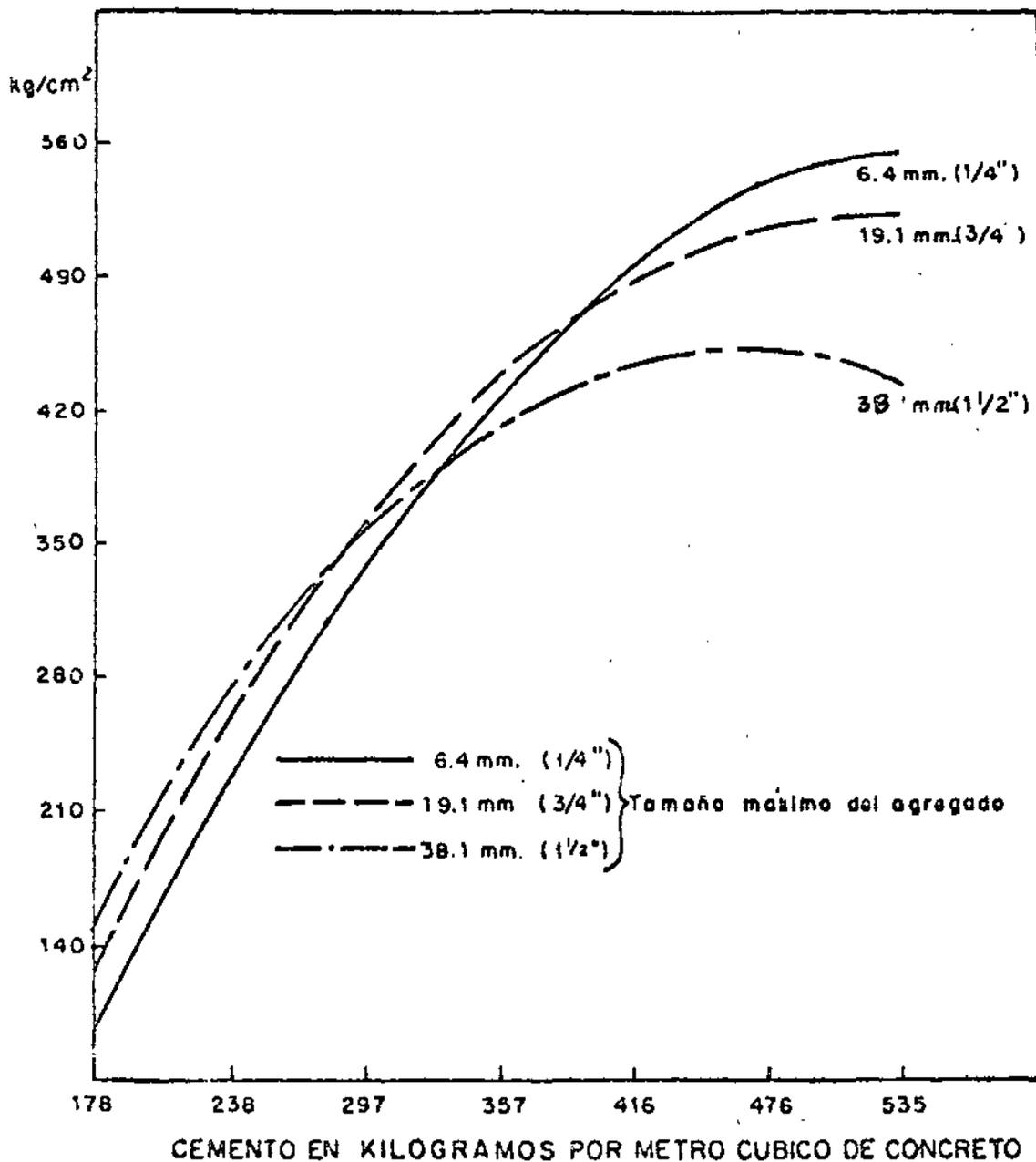
( 11 ) Journal of the American Concrete Institute, Agosto 1971.



GRAFICA 1

Resistencia a la adherencia del concreto en relación con el tamaño máximo del agregado. Los resultados obtenidos corresponden a mezclas elaboradas con agregado basáltico, Cemento Portland común con relación agua - cemento en peso de 0.35.

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 90 DIAS



GRAFICA 2

Resistencia a la compresión a los 90 días de tres mezclas de prueba variando el tamaño máximo del agregado.

## LOS ADITIVOS PARA CONCRETO.

### Sus Aplicaciones.

El aditivo para concreto es un producto añadido a la mezcla con el propósito de mejorar ciertas cualidades o características del concreto mismo. Puede ser también un producto que permite que un mortero o concreto alcance, ciertos estandar especiales, que no se podrían obtener de ninguna otra forma. Finalmente puede ser un producto para facilitar la producción de un concreto de la calidad deseada con menor costo o con menor elaboración.

Los productos especiales clasificados como aditivos están siempre asociados con un proceso de aplicación.

El aditivo en el más amplio sentido de la palabra no es por lo tanto simplemente un producto; pero si un producto y un proceso al mismo tiempo (algunos efectos producidos por los aditivos pudieran lograrse mediante instalaciones o equipos adecuados).

En ningún caso un aditivo debe considerarse como un estimulante. Un "estimulante" del concreto sería aquel producto capaz de mejorar temporalmente ciertas características de éste, que no serán mejoradas definitivamente en la misma forma y que quizás se vean por lo contrario alteradas negativamente con el tiempo.

Este es el caso del cloruro de calcio usado con la única razón de obtener un concreto o un cemento con resistencias iniciales mayores que los cementos ó concretos sin éste producto. Esto equivale a usar una substancia como un simple estimulante, que no mejorará la resistencia última y además provocará muy acentuadas contracciones.

El aditivo no es tampoco un paliativo.

Consideramos como paliativo a un producto o a un proceso para dar a un material las propiedades en las que presenta fallas, debidas a una preparación o una aplicación defectuosas. De hecho el papel que se deseaba asignar en el pasado a un repelente al agua era hacer impermeable un concreto poroso de composición muy inferior. No es el propósito ni el fin de un aditivo hacer buen concreto de uno que es

tá mal graduado y mal proporcionado. Es un error creer que se pueda encontrar un producto, que pueda compensar las fallas producidas por prácticas que no son las de una buena elaboración del concreto.

Por último, es un error considerar a los aditivos como panaceas o cúralo-todo.

Los concretos con aditivos, deben considerarse dentro del campo de la especialización de materiales, que es, en todas las ramas de la construcción, indicativa de un proceso muy avanzado en materiales o técnicas que ya han sido investigadas o desarrolladas ampliamente. La especialización, es la natural consecuencia del progreso de los productos y la técnica.

En qué casos es ventajoso o necesario el uso de un aditivo?

Aditivos capaces de satisfacer varias necesidades son ya tan numerosos, que es útil hacer una clasificación no solamente de los productos y procesos, sino también de varios factores que es oportuno tomar en cuenta, como son: las diferentes - condiciones atmosféricas o de trabajo, en las que el concreto se va a colocar; la - naturaleza y magnitud de las obras, etc.

Por lo tanto, primeramente enumeraremos varios casos de posible aplicación:

- Para aumentar la compactibilidad del concreto, según una proporción dada de - cemento y una determinada graduación de los agregados.
- Para aumentar la resistencia mecánica del concreto, sin aumentar la cantidad de cemento.
- Para aumentar la trabajabilidad, sin aumentar la cantidad de agua de la mez- cla.
- Para obtener la impermeabilidad de un concreto.
- Para reducir la higroscopía natural de un concreto.
- Para reducir las contracciones.
- Para aumentar la resistencia a la flexión.
- Para aumentar la resistencia a la congelación de un concreto después de en- durecido.
- Para endurecer concreto en tiempo de frío o heladas ligeras.

- Para endurecer concreto en tiempo de heladas intensas.
- Para reducir el sangrado (exhudación o segregación del agua del concreto).
- Para resistir la acción de aguas perjudiciales al concreto.
- Para producir concreto que sea adecuado para trabajos debajo del agua.
- Para producir mortero que pueda ser inyectado.
- Para retardar el secado prematuro de un concreto recién colado.
- Para evitar la evaporación prematura en el concreto ya endurecido.
- Para permitir que las cimbras o encofrados, sean usados de nuevo, más rápidamente.
- Para preparar concretos ligeros.

Esta lista no esta completa; para cada uno de éstos problemas presentados - puede haber hoy día uno o varios productos que respondan satisfactoriamente. Estos pueden ser combinados cuando son compatibles, de tal manera que los efectos son adicionales o complementarios.

Es oportuno también examinar en detalle, algunas características o deficiencias inherentes, a varios tipos de concreto que justifican y aconsejan el uso de -- los aditivos.

**LA POROSIDAD.-** La porosidad del concreto puede deberse a una graduación defectuosa de los agregados, a un exceso de agua en la mezcla, a una mala colocación y mano de obra inadecuada, a la segregación durante la colocación, a la trabajabilidad insuficiente de la mezcla o a una insuficiencia de agua de mezcla combinada con un vibrado ineficiente.

La porosidad afecta la resistencia mecánica del concreto, y también a la presencia y tamaño de contracciones y cuarteaduras, cuando es debida a un exceso de -- agua.

Los aditivos, tales como los plastificantes y agentes inclusores de aire que permiten la reducción de agua y facilitan la colocación, ayudan a eliminar la porosidad, pero el principio a la solución de este problema se logrará tomando medidas, como los ajustes a la graduación de los agregados, aumentando la proporción de cemento,

el uso de puzolanas y otros rellenos, etc.

**PERMEABILIDAD.**- La permeabilidad de un concreto puede ser debida a una excesiva porosidad combinada con el uso de arena fina y un contenido insuficiente de cemento. La excesiva permeabilidad también se puede dominar con ajustes en las proporciones de las mezclas. Esta permeabilidad sin embargo, es menor aún con el uso de plastificantes, agentes inclusores de aire y de repelentes del agua integrales en la mezcla.

**HIGROSCOPIA.**- La propiedad higroscópica del concreto difiere claramente de su permeabilidad por el hecho de que es mayor, a medida que la principal dimensión de la red de las capilaridades es más fina; en este caso, no hay un flujo causado por una presión externa, sino un flujo causado por la succión capilar correspondiente a la penetración del agua y es mayor mientras sea menor el diámetro de los capilares. Visto de ésta forma, la capilaridad o higroscopía de un concreto es un problema menos importante que la permeabilidad, pero se convierte frecuentemente en un problema más insidioso, por el hecho de que se extiende bastante más arriba del nivel del agua en contacto con el concreto.

La higroscopía de un concreto se puede contrarrestar, si la permeabilidad no es un inconveniente mayor, por medio de la elaboración de un concreto con arena gruesa, pero esto, es muy difícil de realizar en algunos lugares, por ejemplo, la Ciudad de México, donde no se consigue fácilmente arena con éstas características.

Si ambas, la permeabilidad y la capilaridad deben evitarse hay varias maneras de hacerlo por medio de los productos y procesos especializados:

Por medio de capas de repelentes al agua aplicados en la superficie en contacto con la misma, por medio de impermeabilizantes integrales que hacen repelentes a los conductos capilares produciendo el conocido fenómeno físico de la capilaridad negativa, por medio de la inclusión de aire en la mezcla ya que las burbujas de aire cortan la capilaridad de los poros pequeños con los que están en contacto y finalmente por el uso de reductores del agua de la mezcla que permiten una mejor compactación.

SANGRADO.- El sangrado o segregación del agua de mezcla es provocado por varios factores entre los cuales se encuentra un contenido excesivo de agua, un fraguado y endurecido del cemento defectuoso, la naturaleza y graduación del cemento, la graduación de la arena, la ausencia de partículas finas del mortero, la presencia de sales alcalinas o sales muy solubles, etc.

El sangrado se reduce por medio del uso de los plastificantes que reducen la cantidad de agua retenida, con o sin la inclusión de aire. Este remedio está en función de las medidas que se hayan tomado para la corrección del defecto que provocaba el sangrado.

En todo el breve análisis que hemos expuesto a ustedes acerca de las propiedades del concreto endurecido, se ha puesto de relieve la importancia de la preparación, elaboración y colocación del concreto fresco, por ésto, nos parece oportuno tratar ahora el problema del tiempo de fraguado de la mezcla en el campo, por la relación estrecha que tiene con todas las propiedades de un buen concreto.

El tiempo de fraguado se define de muy diversas maneras. Para algunos significa el tiempo en que el concreto pierde su consistencia o su trabajabilidad, - para otros cuando el concreto colocado en un piso o una losa puede aplicársele la mano de acabado, cuando se presentan juntas frías entre dos capas sucesivas, cuando la presión en las formas cesa y aún se define como el tiempo en que se pueden descimbrar las formas con seguridad. Todas estas definiciones plantean problemas muy importantes para el Ingeniero, Contratista o Suministrador de concreto, pero en cualquier caso el tiempo de fraguado tiene una definición dada por la A.S.T.M. Sin embargo, la definición del tiempo de fraguado es bastante amplia, incierta y arbitraria. El fraguado inclusive para pasta de cemento neta, es un proceso continuo. Cuando se hacen pruebas de tiempo de fraguado se toman puntos arbitrarios; por ejemplo para el Cemento Portland estos puntos se encuentran fácilmente en el laboratorio por medio del uso de las agujas de Vicat o Gillmore, pero estas pruebas no ofrecen al Ingeniero o Contratista, más que una pequeña información en los problemas de campo, acerca del endurecimiento o resistencia que necesita para determinados propósitos y esto sucede porque en el laboratorio se usan relaciones agua-ce-

mento que muy raramente se usan en el campo, la temperatura y humedad del laboratorio son siempre uniformes, y todo está estandarizado.

Los siguientes factores influyen en el tiempo de fraguado: variaciones en el cemento, tales como el tipo, procedencia, cantidad, composición y edad; variaciones en la temperatura de la mezcla, en la temperatura ambiente, en las medidas del miembro que se cuela, del revenimiento, de la relación agua-cemento, las características del sangrado de una mezcla particular, etc., y todavía en losas hay estos otros factores: la humedad relativa, la velocidad del viento, la radiación del calor del sol y la absorción de las formas o sub-base.

Para todas estas variaciones, los aditivos usados en diferentes cantidades controlan el fraguado, es decir, se ajustan a las diferentes condiciones que se presentan en cada problema para obtener los resultados deseados, por ejemplo, a cada temperatura del ambiente corresponde una cantidad de aditivo, a cada cemento disponible en una zona corresponde una dosificación determinada del aditivo, etc. La temperatura de la mezcla puede ser controlada por medidas efectivas como son el calor artificial en invierno, la cimbra o agregados enfriados; el uso del hielo en el agua. El aditivo por medio de diferentes dosificaciones se ajustará a esas medidas para obtener los resultados adecuados. En el caso de trabajo de losas se usan las membranas de curado, lonas, arena y otros protectores en contra del viento; pero un aditivo integral en la mezcla dará resultados adicionales muy importantes.

Por medio del uso de aditivos el tiempo de fraguado puede ser variado desde quince segundo hasta varias semanas, de tal manera puede ser determinado de antemano. Esto puede realizarse por muy complicado que sea un problema y por lo tanto, el uso de los aditivos para este propósito es una herramienta muy valiosa para la construcción. Por ejemplo, en la construcción de un puente en el Estado de Florida de la Union Americana, para evitar cuarteaduras debidas a la deformación de la estructura falsa en un arco de 24 m. de claro en uno de los accesos del puente, se usó el siguiente procedimiento: Estaba calculado que las vigas de acero de 36 pulgadas de peralte se deformarían 4 cms. con el peso del concreto colocado, la capacidad de producción y -

colocación de concreto de las instalaciones flotantes, era de 8 metros cúbicos - por hora. La cimbra se deformaría continuamente y como parte de esta deformación ocurriría cuando las primeras capas de concreto ya no serían plásticas, se presentarían las cuarteaduras. Se retardó el fraguado del concreto usando una cantidad de aditivo retardante en las capas inferiores y otra menor en las capas superiores. El colado duró ocho horas, entonces la viga arco de 4.5 m. de peralte fué revibrada toda ella por medio de vibradoras interiores. de esta manera la viga fué colocada - y endureció como una unidad monolítica y sin cuarteaduras.

CONTRACCIONES.- El encogimiento o contracción del concreto, es debido a la constricción de los granos y elementos del concreto por la acción de los meniscos de líquidos presente en los puntos del contacto al evaporarse. Esto sucede tanto en la superficie como en el cuerpo del concreto.

El efecto de las condiciones atmosféricas alrededor de un concreto, debe tomarse en cuenta en la contracción debido a la presencia de capilaridades en el mismo. La contracción puede aparecer muy rápidamente al principio del endurecimiento cuando la atmósfera es seca si los poros y canalizaciones del concreto son grandes o si el cemento es rico en aluminatos y anhídridos de sulfato de calcio; y la hidratación que químicamente combina al agua con el cemento, aumenta también la magnitud de la contracción en comparación con la debida, únicamente a la evaporación del agua.

Aunque el fenómeno en el concreto no es nada simple, se puede decir que las contracciones se deben a la pérdida de agua por evaporación o hidratación que ocupaba un lugar en el concreto y que provoca una disminución de volumen o encogimiento. Un concreto que no se escogiera sería un concreto que durante su endurecimiento toma o tomó agua de los alrededores.

Por otra parte, se ha visto que la contracción higrométrica del concreto - también depende de su estructura interna y del contenido del cemento. La contracción es acentuada cuando el contenido de cemento es mayor o cuando el cemento es de graduación gruesa y no retiene el agua de mezcla fácilmente.

Un concreto con una cantidad de cemento baja, es muy satisfactorio para los efectos de contracción mientras tenga una perfecta graduación, mezcla y colocación.

Todo lo que se aumenta en la cantidad de cemento sobre este mínimo necesario, aumenta la contracción del concreto.

De todo esto se deduce que hay una capilaridad ideal para el concreto y que hay un gradiente de contracciones que se acentúan a medida que se acerca la superficie del concreto, lo que es sumamente nocivo, ya que sería ideal tener una contracción homogénea a través de toda la masa.

Para evitar contracciones es necesario, sobre todo, eliminar el exceso de agua así como dar una plasticidad homogénea a la masa del concreto.

Una ayuda en este sentido, se logra por medio de los plastificantes o reductores de agua, ya que para una misma consistencia llegan a ahorrar de 19 a 30 lts. de agua por metro cúbico de concreto.

La inclusión de aire también influye en la reducción del secado interno bloqueando los efectos de la circulación capilar. Los expansores, que debido a la generación de gases, producen una ligera expansión del mortero compensan la contracción del concreto.

**FISURACION.-** La fisuración del concreto o la aparición de grietas es un fenómeno quizá más complejo que las mismas contracciones, de las cuales realmente depende, porque es afectado por un mayor número de factores, de los cuales aparentemente lo más importantes son: la plasticidad del concreto recién colado, sus propiedades de adaptación de las formas y su resistencia a la extensión y elongación elástica.

Hay algunos medios de luchar en contra de éstos factores, pero como puede verse no todos éstos son completamente independientes, por eso no debe tomarse ninguna característica interna del material como causa definitiva de la tendencia a la fisuración.

La fisuración es especialmente importante en la superficie de losas de concreto, sobre todo cuando el sangrado produce el fenómeno de pulverización. La pulverización y los climas secos y calientes provocan un secado muy rápido de la superficie de la losa antes que el cemento haya fraguado o endurecido.

Esta abundancia de polvo debilita la dureza de la superficie.

Es decir, existe una segregación gravitacional en función de la densidad de los compuestos del cemento y esto provoca que el concreto no endurezca uniformemente presentándose las grietas en la superficie.

Los aditivos que están llamados a superar la tendencia a la fisuración son los mismos indicados para reducir la contracción, plastificantes, reductores de agua, con o sin la combinación de aire incluido y además, los compuestos que ayudan al curado del concreto con su pronta aplicación.

ASPECTO ECONOMICO.- Finalmente, se puede decir que el interés en los aditivos ha ido en aumento debido no solamente a los beneficios obtenidos, sino a la economía resultante de su uso.

Bruce Foster al hacer el resumen del Simposium sobre aditivos reductores de agua y retardantes, de la Tercera Reunión de Area del Pacífico de la A.S.T.M. dice:

"El aumento de resistencia que fué mostrado, como resultado del uso de los aditivos reductores de agua, permite una reducción en el contenido de cemento, mientras se mantenga la resistencia diseñada. Este contenido menor de cemento, puede aumentar la estabilidad dimensional del concreto, tener un costo total de materiales más bajos y ser considerablemente ventajoso en reducir la temperatura alcanzada en el concreto masivo" y concluye, haciendo la siguiente recomendación, acerca de las peticiones para definir el ahorro de cemento:

"La reducción de la cantidad de cemento, debe ser determinada por medio de pruebas de resistencia".

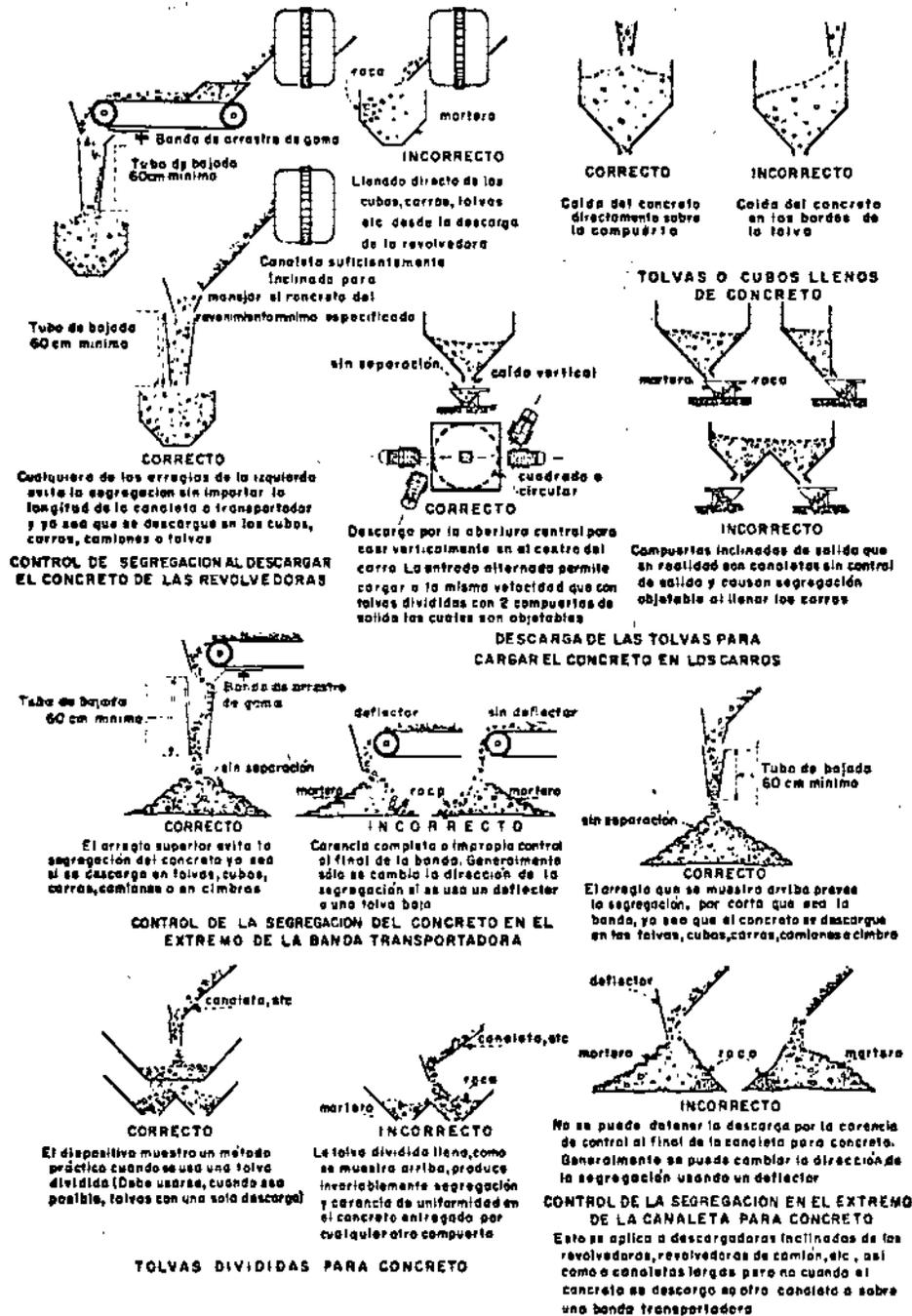
Pero no solamente el uso de aditivos representa una economía por el hecho del menor costo de un concreto, sino por ser una valiosa herramienta para la construcción, que han hecho posible el uso de procedimientos muy ventajosos desde el punto de vista económico.

Los aditivos están siendo objeto de mejora, tanto en su acción como en su seguridad. Mucho queda por aprender acerca de sus efectos en las cualidades del concreto y en los efectos con los otros ingredientes del mismo, en efecto, existe mucho material de investigación en los laboratorios de los fabricantes de aditivos.

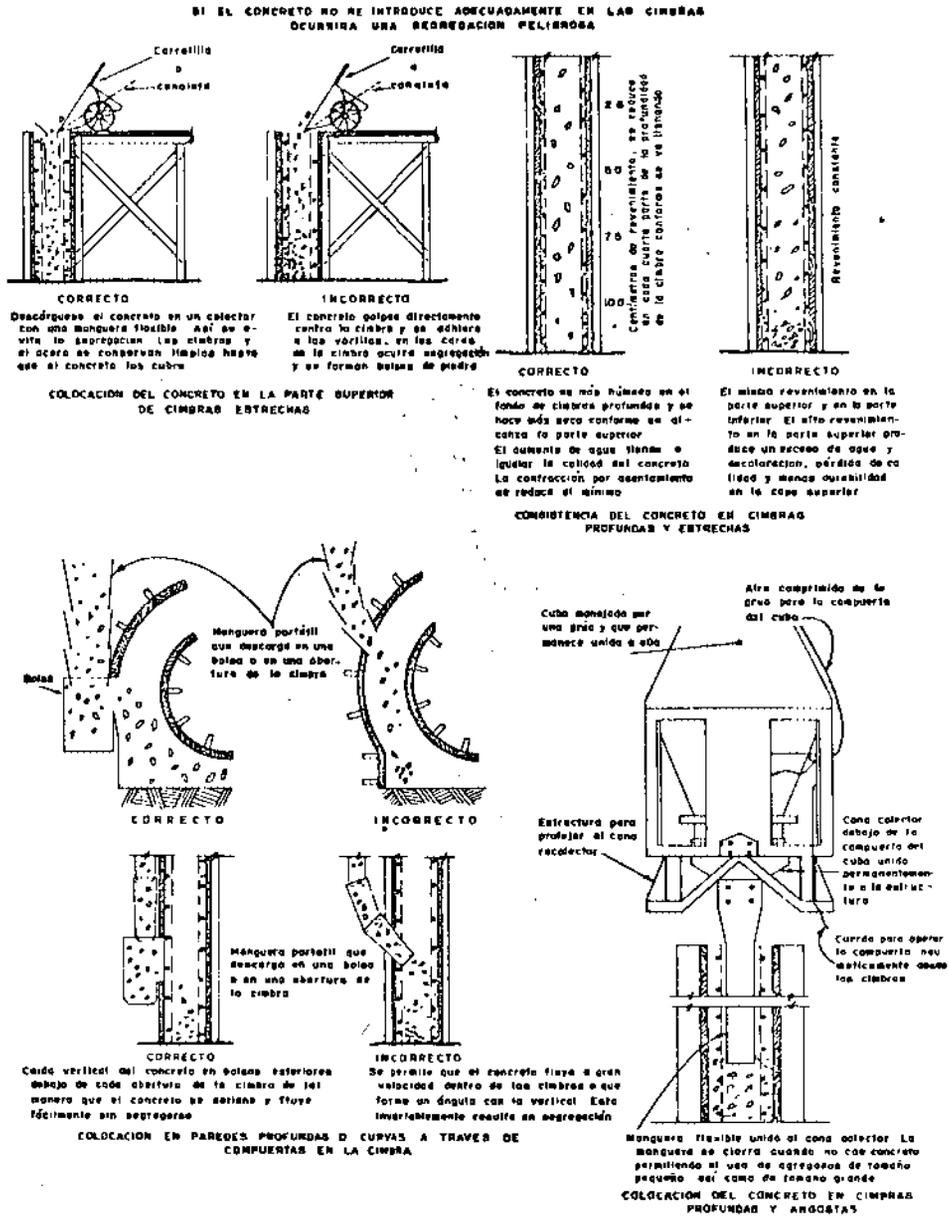
## Referencias Bibliográficas.

- 1.- Plascificantes e Inclusiones de Aire para concreto R.M. Duriez. Artículo - presentado en el Auditorio de la Federación de Constructores,
- 2.- A.S.T.M. Publicación Técnica No. 266: Symposium sobre "El efecto de los Aditivos reductores de agua y retardantes en las propiedades del concreto".
- 3.- El tiempo de fraguado controlado por el uso de aditivos. Raymond J. Schutz A.C.I. Proceedings. Enero de 1959, Vol. 55,
- 4.- "La revibración alarga la vida del concreto" Engineering News Record. Marzo 10 1955 pp. 43-45,
- 5.- "Aditivos para el concreto". Reporte del Comité del A.C.I. 212 Noviembre de 1963. Traducción. I.M.C.Y C.
- 6.- Aditivos para Concreto. Ing. Agustin de Neymet México 1965,
- 7.- Aditivos y Tratamientos de Morteros y Hormigones. M. Venuat. Editores Técnicos Asociados. Barcelona 1972.

**LA UNIFORMIDAD QUE RESULTA DEL MEZCLADO EFECTIVO SE DESTRUYE POR LA SEGREGACION, SI NO SE CONTROLA LA DESCARGA DEL CONCRETO DE LOS MEZCLADORES**



**Fig. 3—Métodos correctos e incorrectos del manejo del mezclador de concreto.**



**Fig. 4—Métodos correctos e incorrectos de colocar el concreto en las cimbra.**

EL USO DE OPERACIONES ADECUADAS DE COLOCACION PERMITE UNA CONSOLIDACION CORRECTA

**VACIADO DEL CONCRETO EN PENDIENTES**

**CORRECTO**  
Se vacía el concreto hacia atrás del concreto ya colado.

**INCORRECTO**  
Se vacía el concreto avanzando sobre el concreto ya colado.

**VACIADO DEL CONCRETO EN PENDIENTES**

**CORRECTO**  
Se completa el vaciado en el fondo de la pendiente de tal manera que la compactación se incrementa por el peso del concreto ya que se va añadiendo. La vibración consolida.

**INCORRECTO**  
Se completa el vaciado en la parte superior de la pendiente. El concreto superior tiende a separarse espesadamente cuando se vibra en la parte inferior ya que la vibración provoca un flujo y remueve el soporte del concreto colado en la parte superior.

**VACIADO DE LOSAS DE CONCRETO POR MEDIO DE CARRETILLAS**

**CORRECTO**  
Colóquese un deflector en el extremo de la cancheta de tal manera que se evite la segregación y el concreto forme una pendiente.

**INCORRECTO**  
Decorar el concreto desde el extremo libre de una cancheta en una pendiente por cubrir. La grava se agrega y se va al fondo de la pendiente. La estación hace que el concreto se vaya hacia abajo.

**VIBRACION SISTEMÁTICA DE CADA CAPA**

**CORRECTO**  
Penetración vertical del vibrador alguna centímetros dentro de la capa colocada anteriormente (la cual todavía debe estar en estado plástico) a intervalos sistemáticos de tal manera que se logre una consolidación adecuada.

**INCORRECTO**  
Penetración en ningún orden del vibrador formando aglomerados irregulares y sin una profundidad suficiente para que se combinen maravillosamente las dos capas.

**VACIADO DEL CONCRETO EN PENDIENTES**

Cancheta  
Deflector  
Cancheta  
Dirección en que avanza la operación  
Concreto sin vibrar  
Vibrador de inserción  
Placa metálica  
Cimbra lateral de 5 x 10 cm  
Contrapeso  
Superficie de concreto vibrado

No debe haber rebotes en este extremo ya que la cimbra se sienta cuando las gravas pasan debajo de las tapetas. Los bordes deben ser rectos.

**TREATAMIENTO DE BOLSAS DE PIEDRA AL COLAR EL CONCRETO.**

**CORRECTO**  
Con una pala se pasa la grava de las bolsas de piedra a otra zona con suficiente cantidad de arena y se consolida o vibra.

**INCORRECTO**  
Tratar de corregir las bolsas de piedra echando mortero y concreto fluido en la zona.

**VACIADO DEL CONCRETO EN PENDIENTES**

**CORRECTO**  
Dírese el tubo para que la grava agregada caiga en el concreto de tal manera que pueda combinarse dentro de la masa.

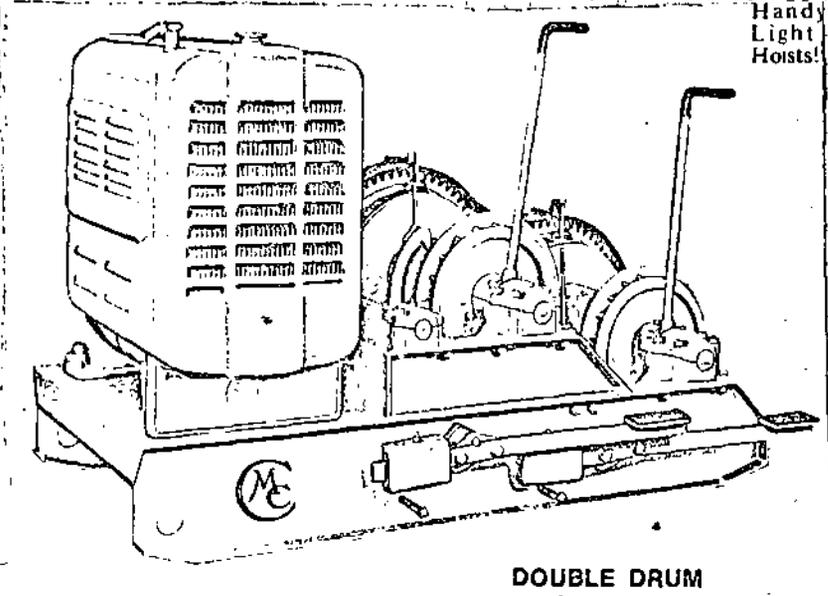
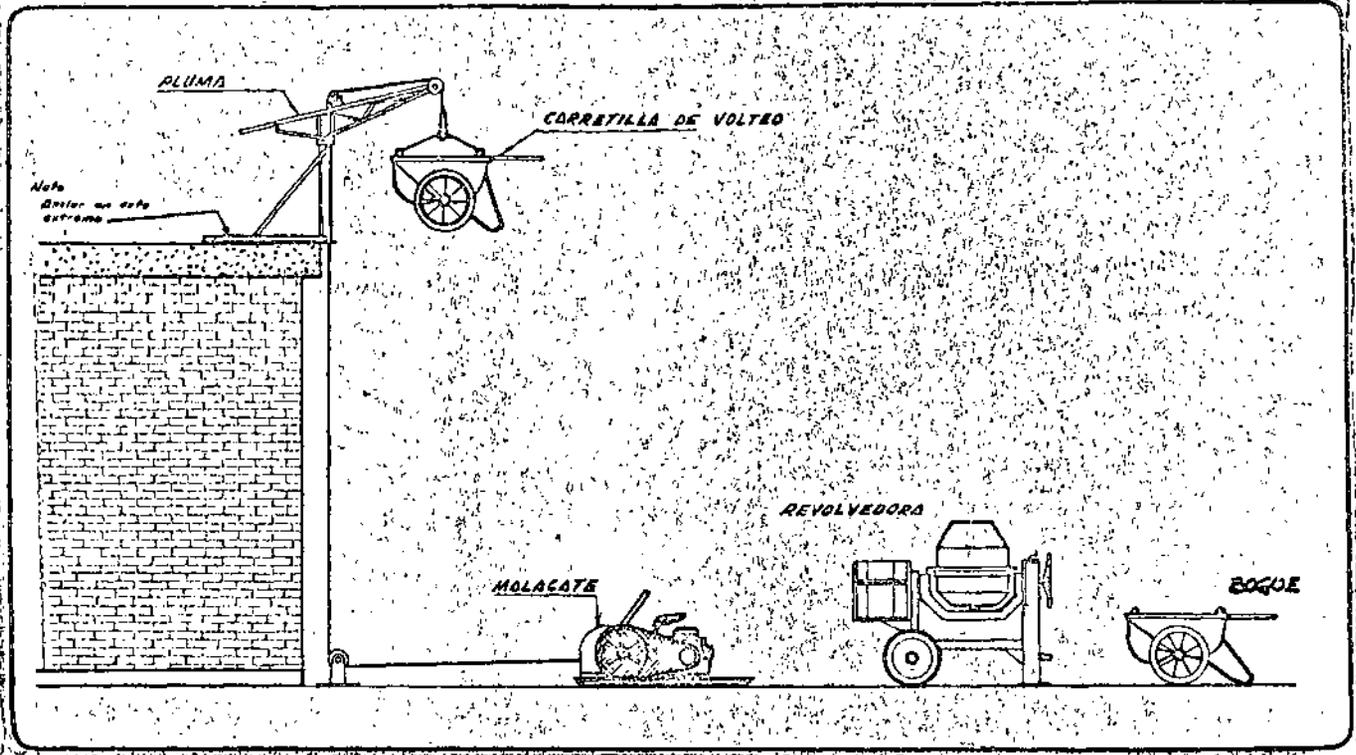
**INCORRECTO**  
La grava con libre alanceo se acumula en las cimbres o en la base.

**TREATAMIENTO DE BOLSAS DE PIEDRA AL COLAR EL CONCRETO.**

Bolsas de piedra que se forman en el fondo de la masa.

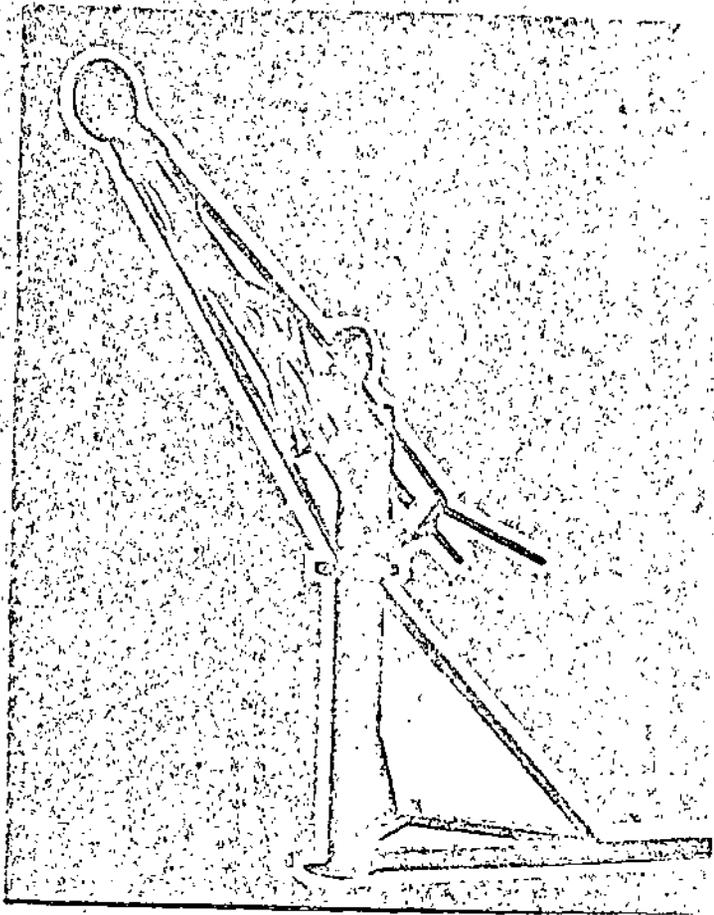
EN CASO DE QUE NO SE HAYA ELIMINADO LA SEGREGACION AL LLENAR LOS CURBS REMEDIO TEMPORAL HASTA QUE SE HAGA LA CORRECCION.

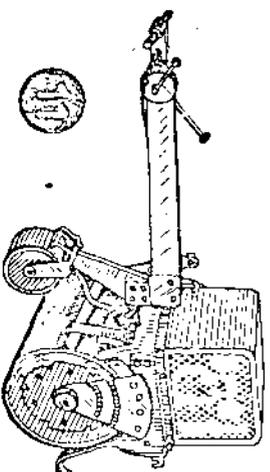
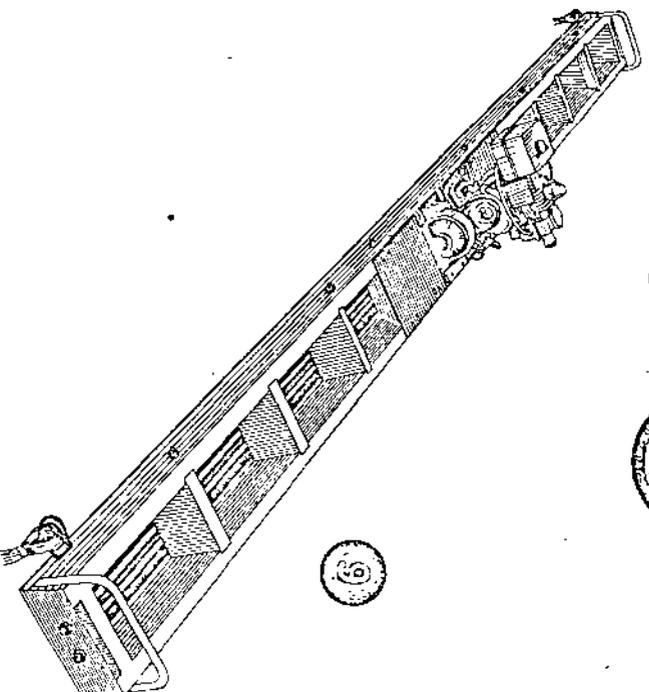
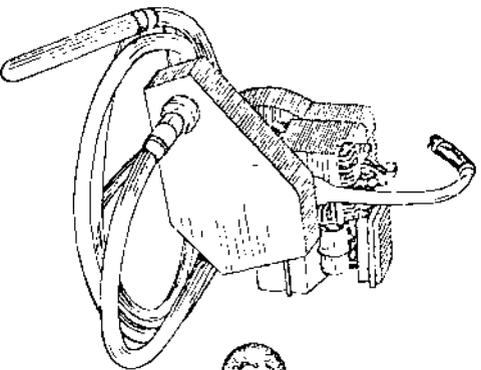
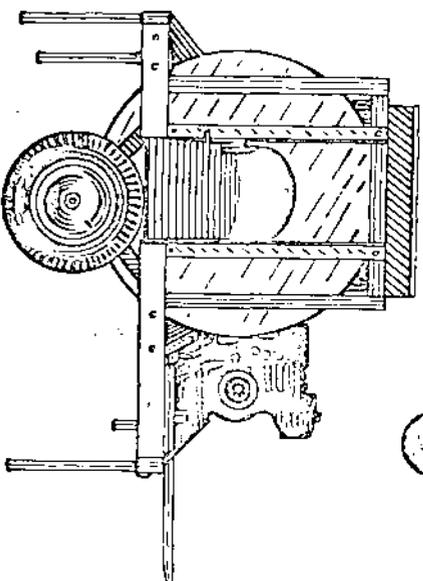
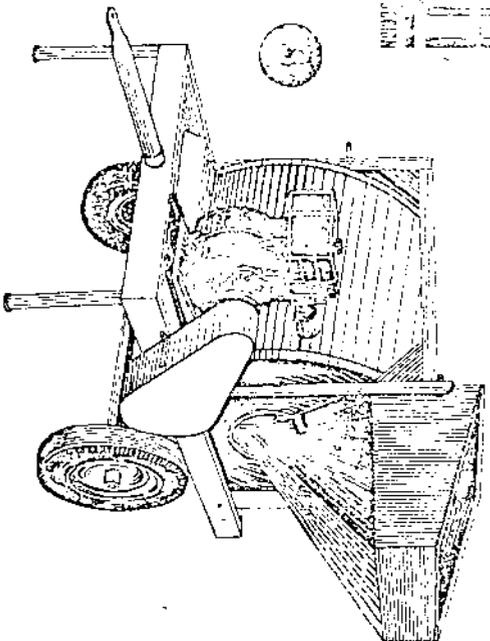
Fig. 5—Los métodos correctos e incorrectos de colocación afectan la consolidación.



Hand Light Hoists!

DOUBLE DRUM





RILLA  REVOLVEDORA DE 1 SACCO

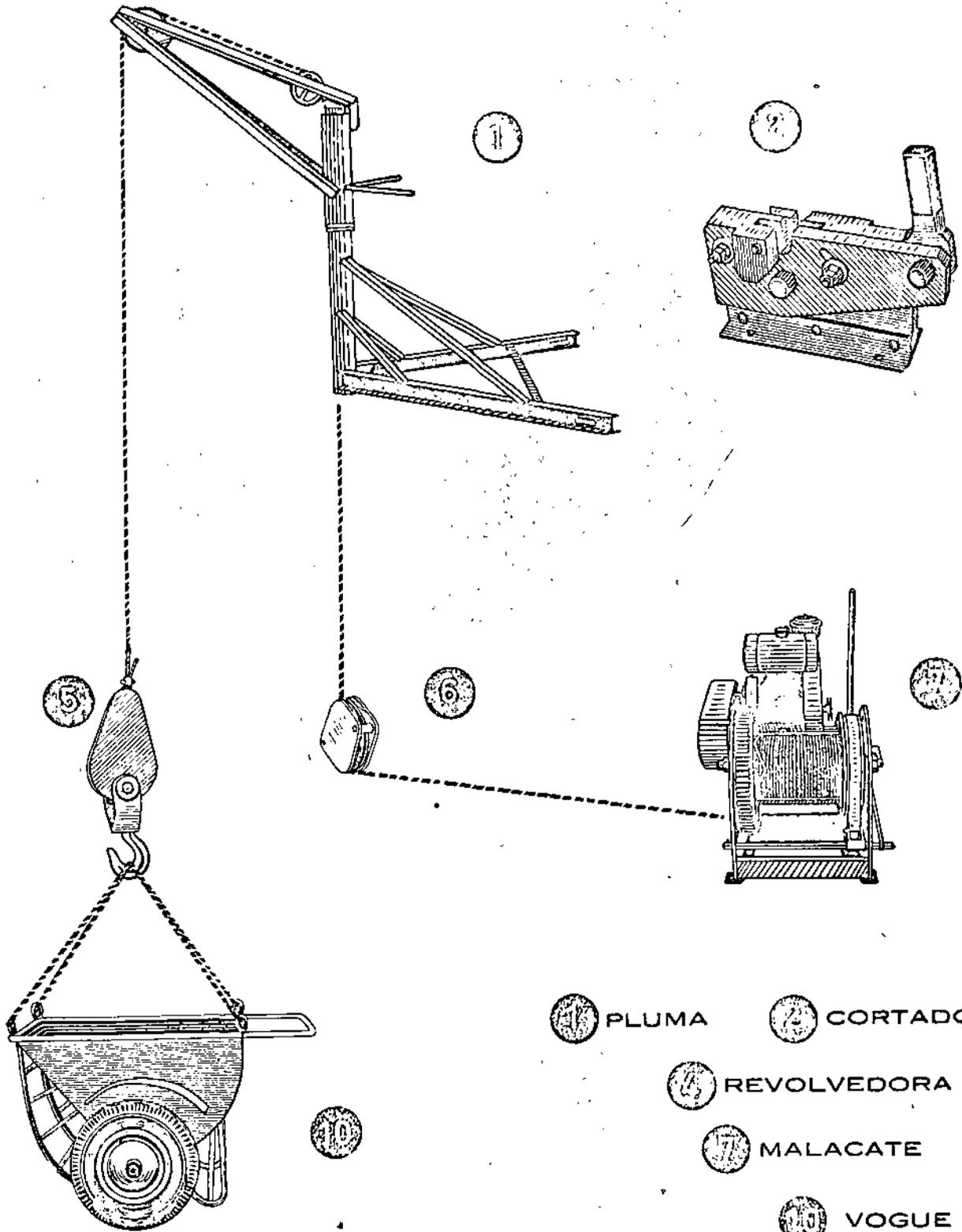
 GANCHO  PATEZCA

FOR  REGLA VIBRATORIA

ACTADOR VIBRATORIO. 

MEXICO 12, D. F. TEL. 43-89-31

FABRICA

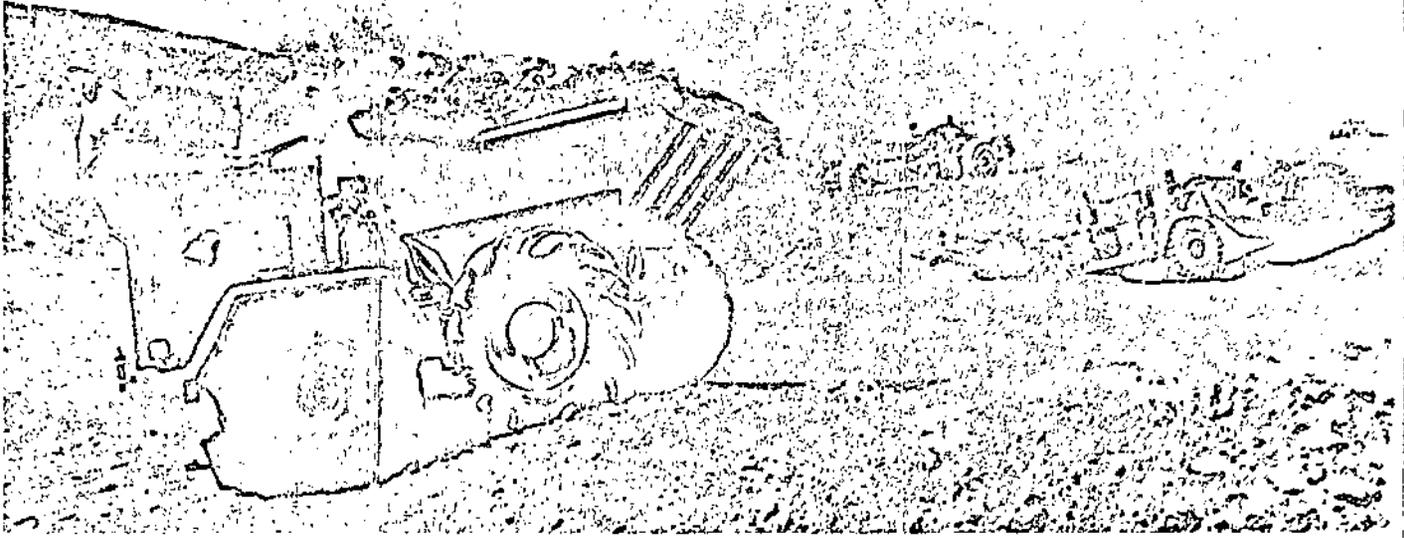


- 1 PLUMA      2 CORTADORA DE V
- 3 REVOLVEDORA DE 1/2 SAC
- 4 MALACATE      5 VIBR
- 6 VOGUE      7 CO

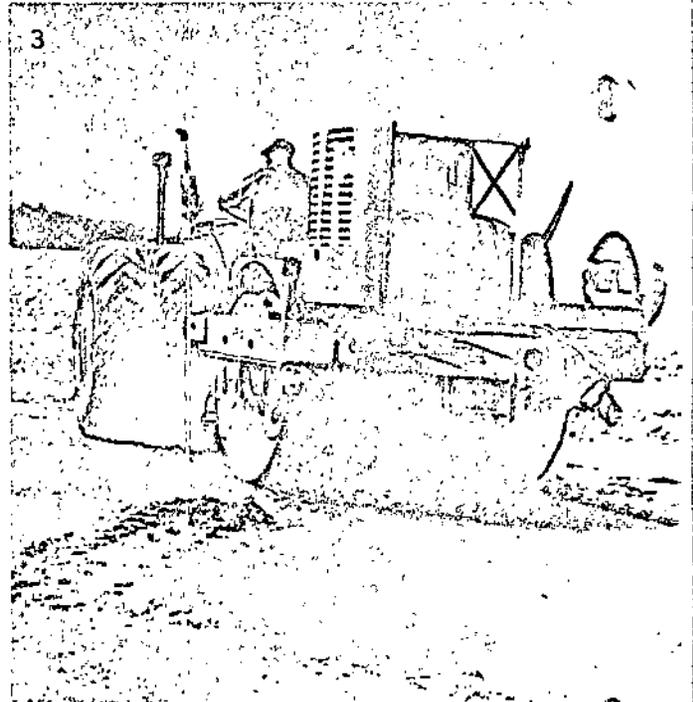
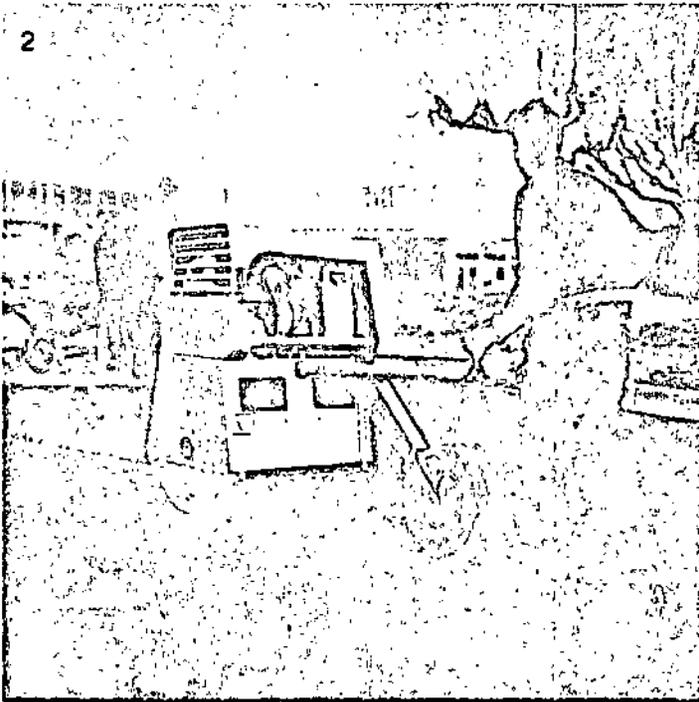
ANAXAGORAS No. 129 M<sup>72</sup>

AHORRE COMPEN

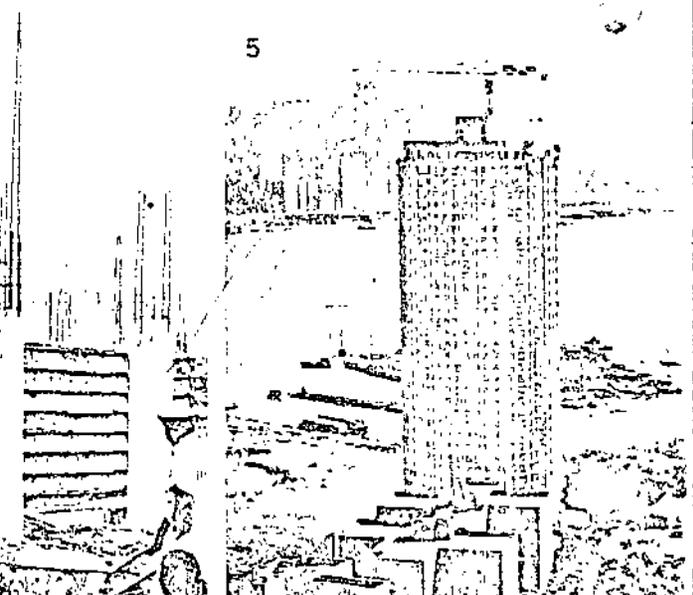
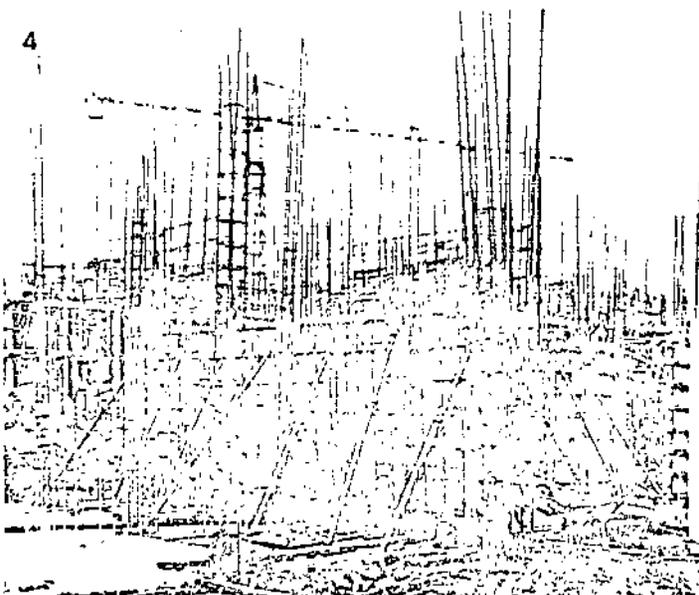
1 - ESTE ALZADO EN SU TOTALIDAD HIDRAULICAMENTE



2 - RODILLO VIBRATORIO PARA COMPACTACION DE SUELOS Y OBRAS DE PAVIMENTACION



3 - RODILLO COMPACTADOR DE LOS DE TRACCION DEL CABLE REMOLCABLE USADO EN LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS

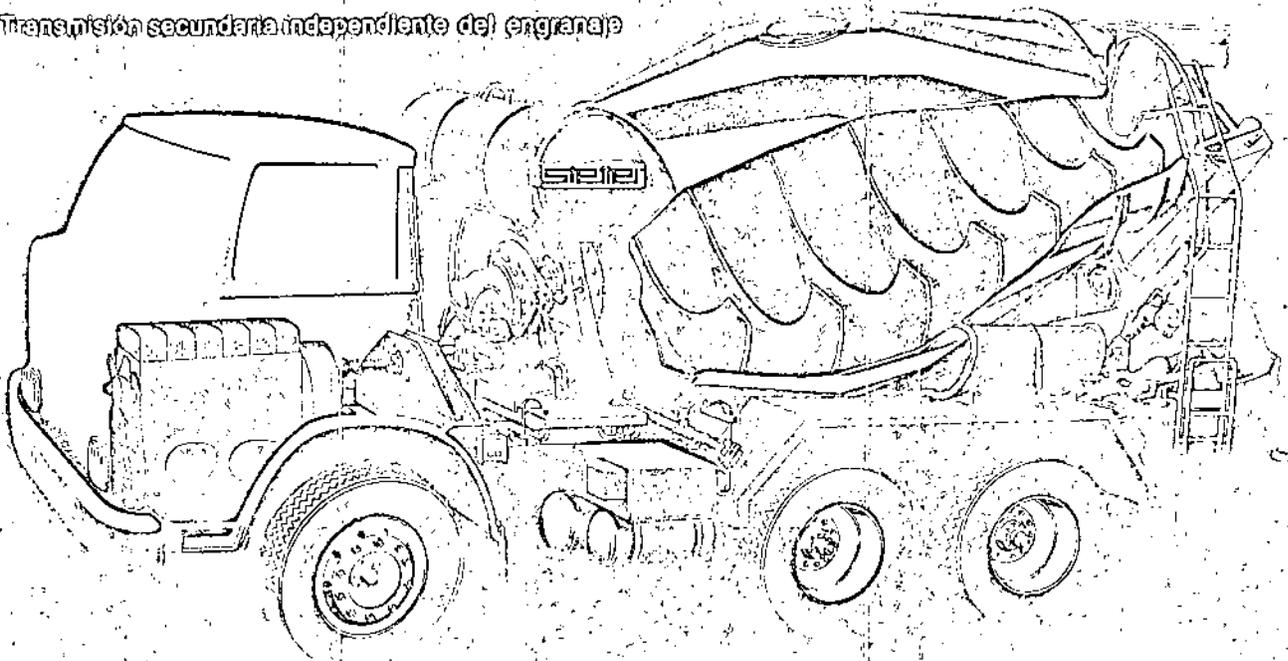


4 - PIES DERECHOS WORMSER USADOS PARA APUNTALAR LA CIMBRA DURANTE LA CONSTRUCCION DE LA VILLA OLIMPICA EN MEXICO

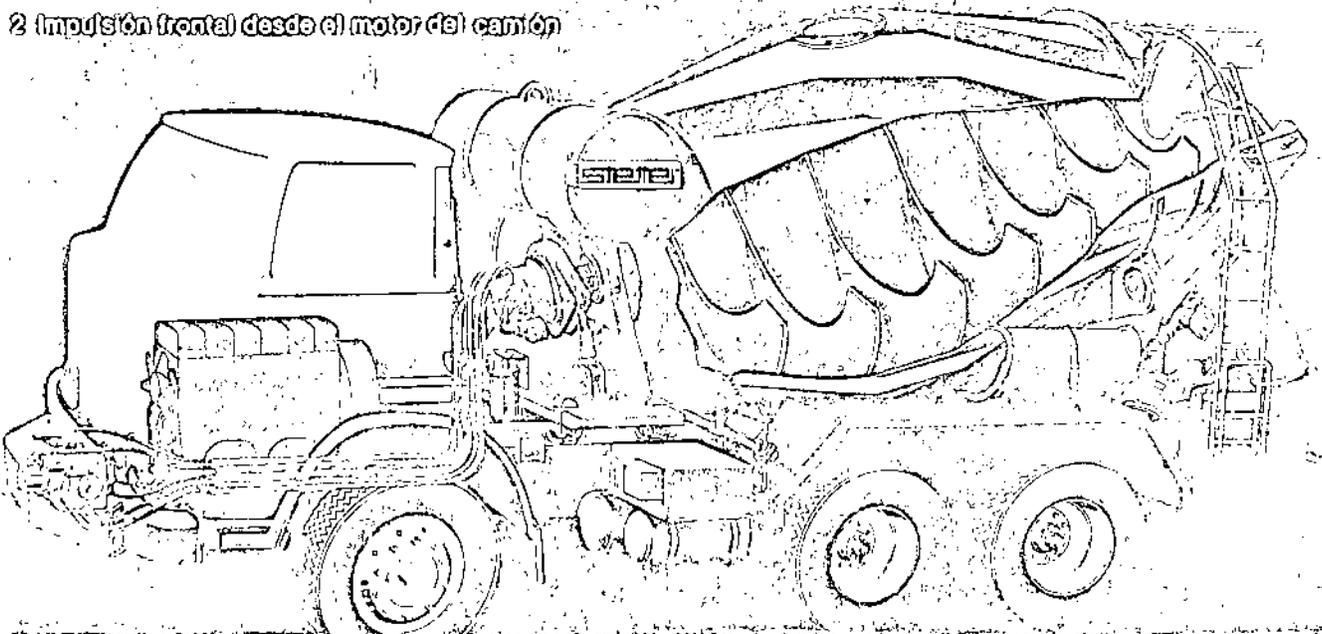
5 - VISTA AEREA DE LA TORRE GRUA FICHER EN NUEVA YORK

# hormigonera de camión 8 Stetter con engranaje de inversión

1 Transmisión secundaria independiente del engranaje



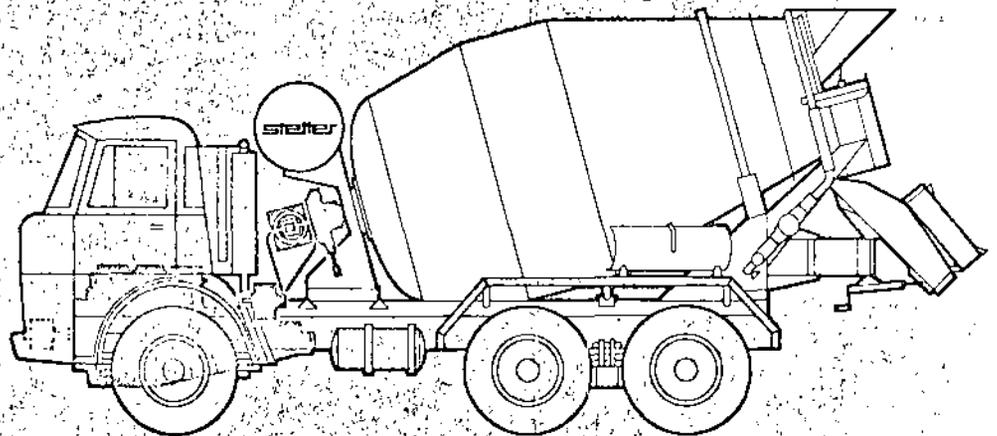
2 Impulsión frontal desde el motor del camión



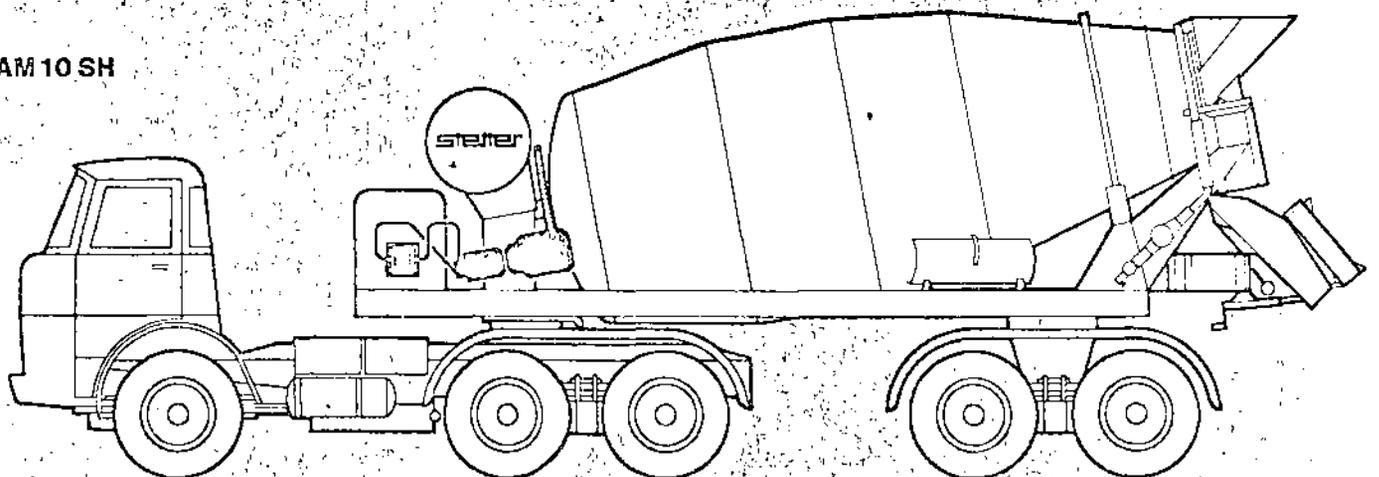
AMI 4/6 FH  
Accionamiento  
por el motor  
del camión,  
equipo hidráulico  
y engranaje  
de inserción,  
de acción directa  
sobre el muñón  
del tambor

AMI 10 SH 9  
Accionamiento  
por  
motor separado,  
equipo hidráulico  
y cadena

AM 4 FH  
AM 6 FH

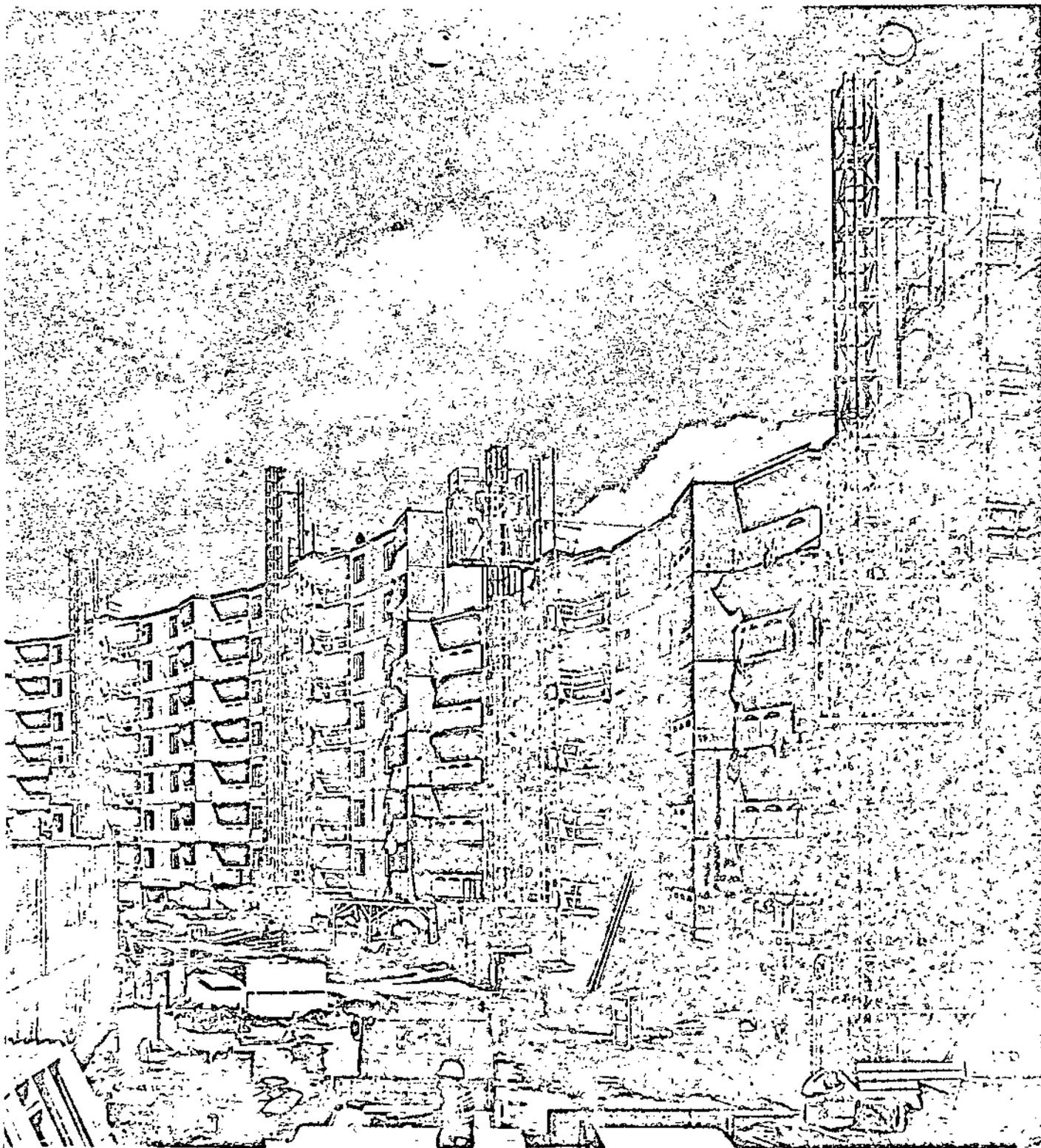


AM 10 SH



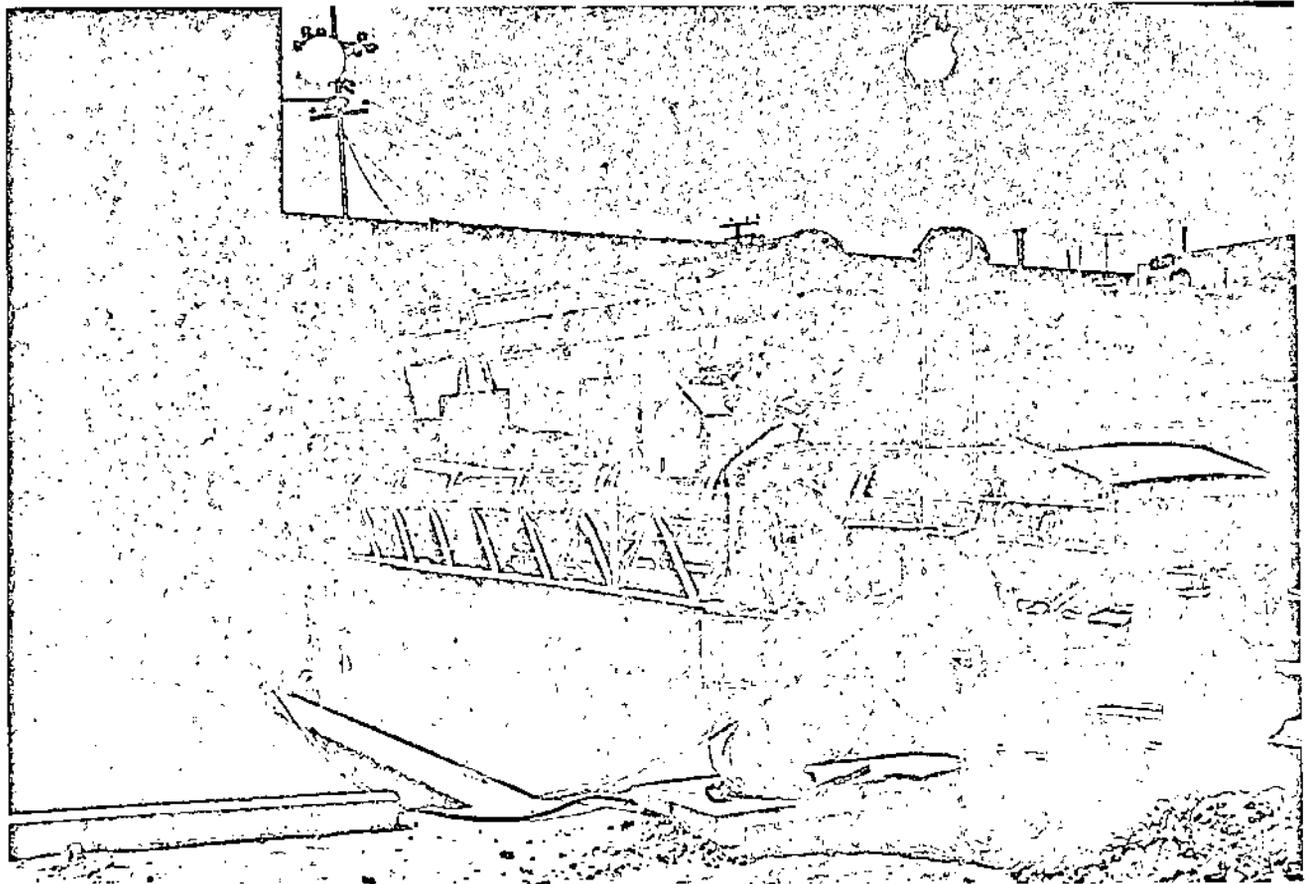
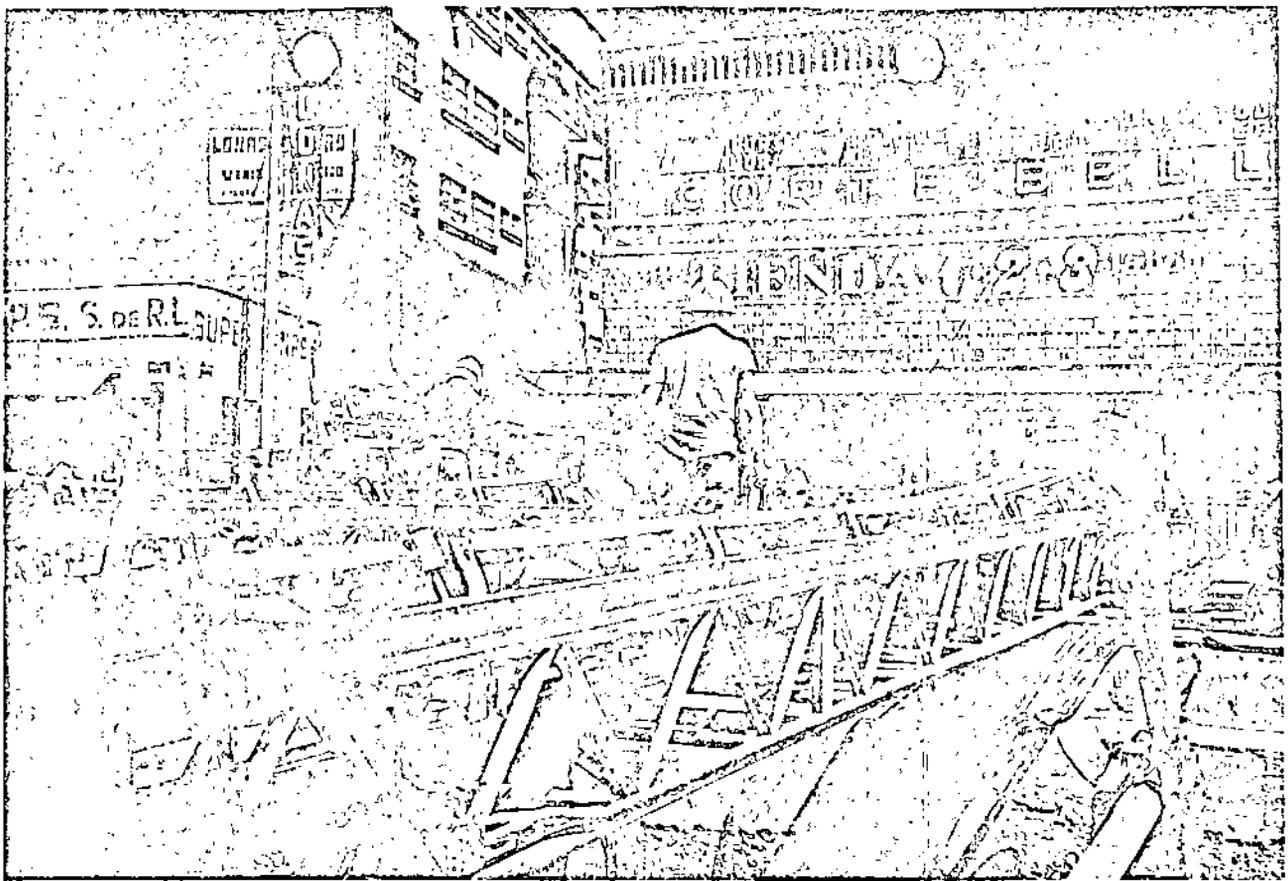
**Montacargas mixto,  
para personal y material**

**ALIMAK SCANDO**

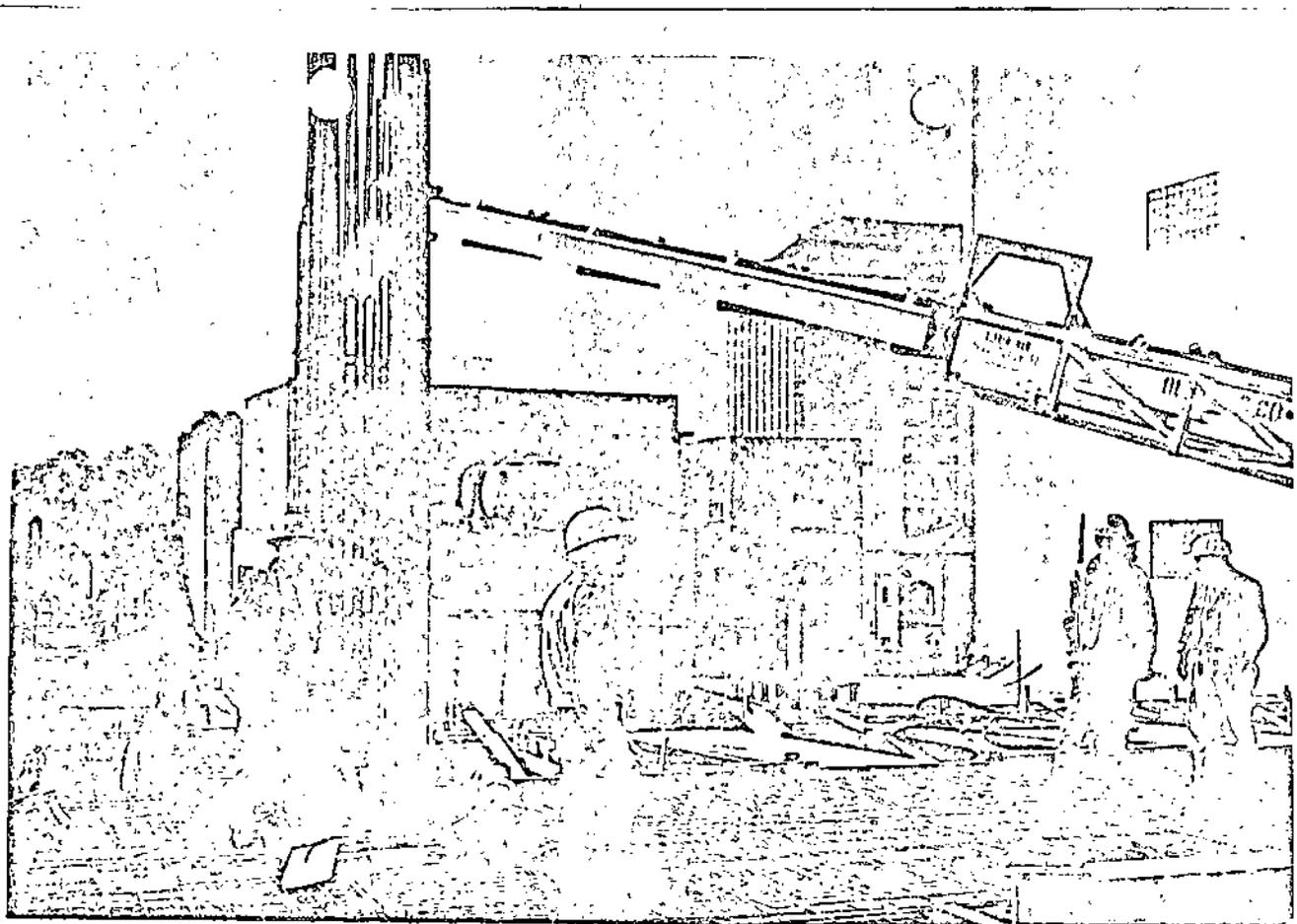
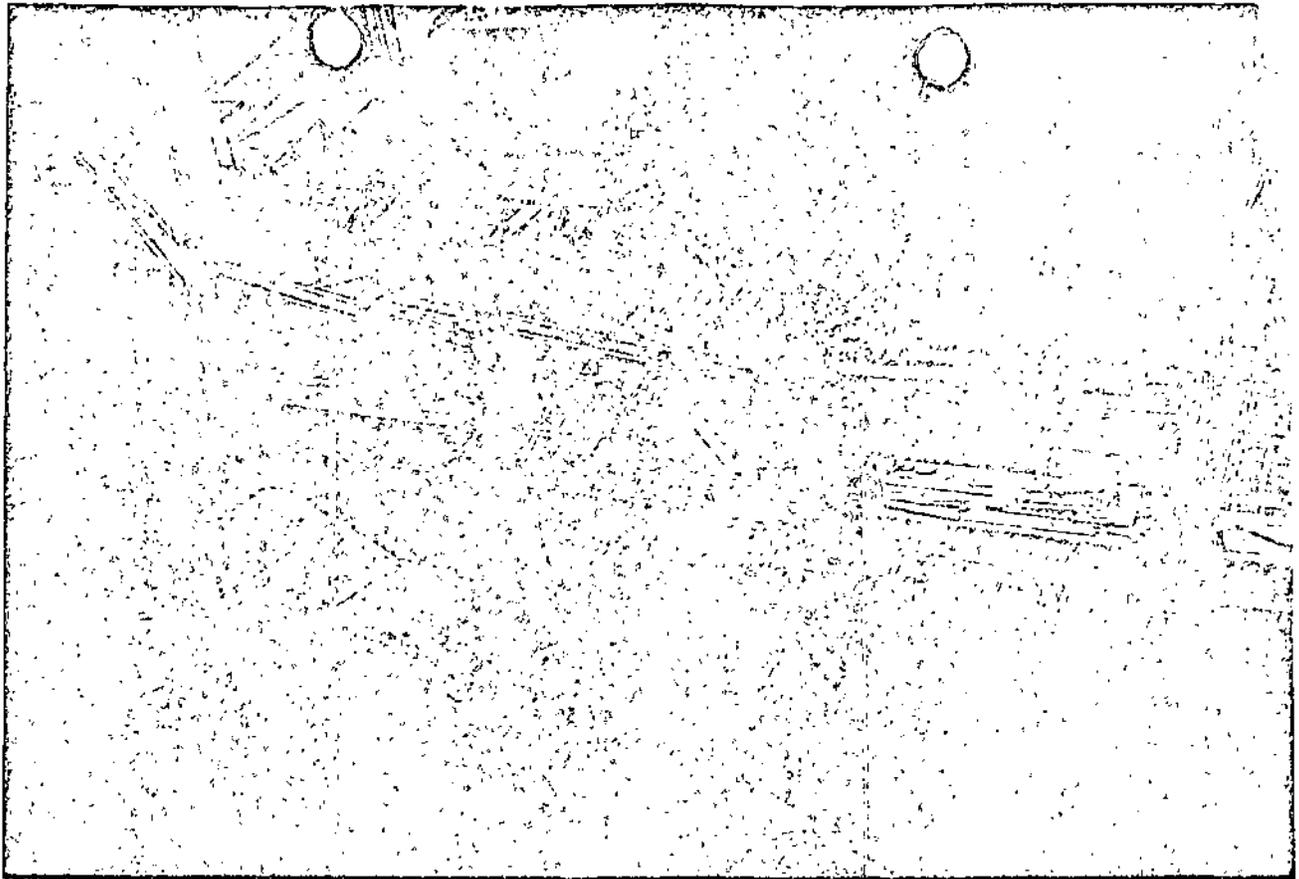


**ALIMAK**  
transporte  
vertical  
para hombres  
y material  
en la industria  
de la construcción

01



BANDAS TRANSPORTADORAS HORIZONTALES.

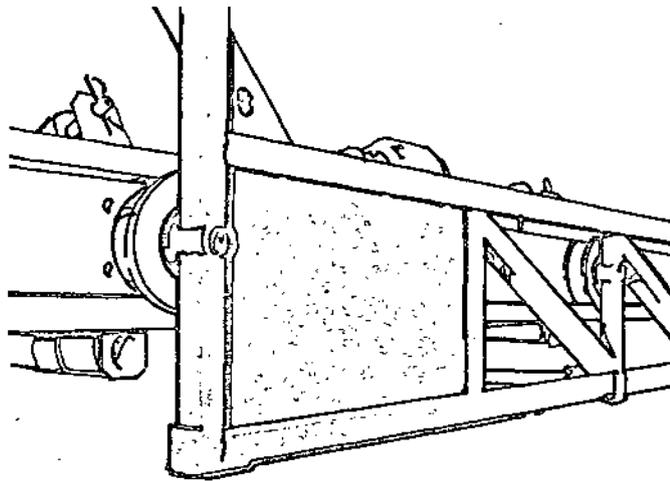
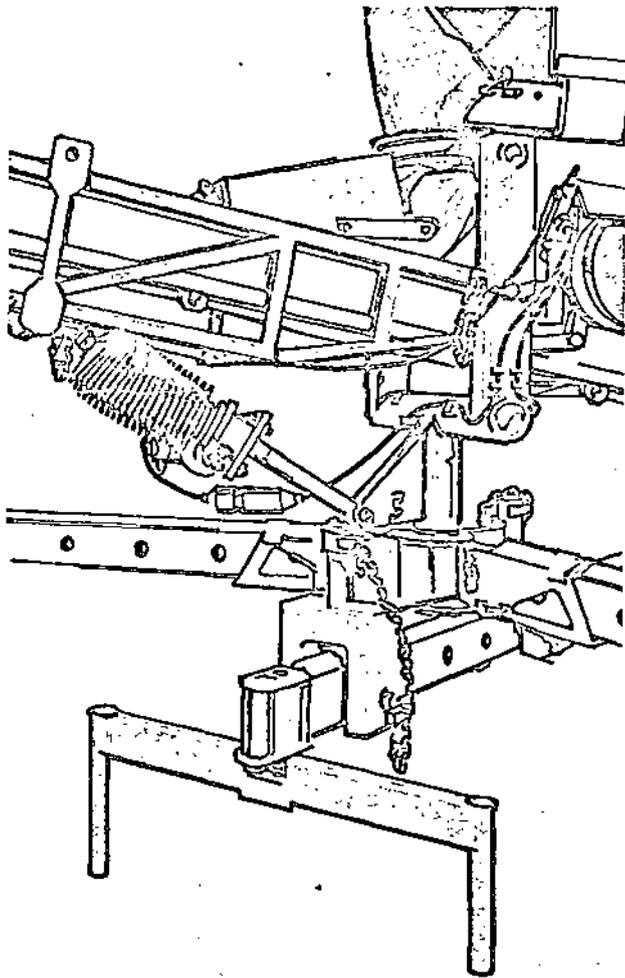


ELEVACION POR MEDIO DE UN SISTEMA DE BANDAS



DESCARGA VERTICAL CON "TROMPA DE ELEFANTE" Y MANGUERA FLEXIBLE.

**BELTCRETE FEATURES**



**Swinger construction:** Conveyor carriages are of extra heavy fabrication . . . rollers have a heavy polyurethane insert for extra long conveyor frame life. Cradle and main support are built of square tubular steel, precision welded for extra strength. All components are unitized for easy field assembly.

**MAQUINARIA ESTRELLA, S. A.**  
 JOSE F. GUTIERREZ No. 269 CASI ESQ. CON INVIERNO  
 ATZCAPOTZALCO, MEXICO 16, D. F.  
 TEL. 27-23-55 Y 27-23-56

**Electro-leveler:** Raises and lowers end of conveyor to fit pouring situations. Powered by a 1 hp electric motor. Works through a worm gear and is capable of handling loads far in excess of normal requirements. Control console located at forward end for easy use.

**360° pouring capability:** Cantilever design permits full circle pour, even under the supplying conveyor. Outrigger base keeps Swinger stable even when conveyor is in fully extended position.

**Electro-x-tender:** Pour on the fly. Another patented Oury exclusive. Permits full extension and retraction of up to a 40 foot conveyor. Motor works through a chain sprocket drive. Operating console located at head of conveyor, giving operator complete control.

**"Outrigger" support:** Sockets are adjustable to 160°. Standard track sections are utilized for leg supports. Outrigger monorails specially built to Oury specifications.

**One-man operation:** Patented Electro-leveler and Electro-x-tender, make it possible for one man to handle the placement of concrete.

**Pull-pin design:** Unitized construction with pin inserts simplify field assembly. Outrigger and tracks—cradle and main stem fit easily together. No bolted connections.

**Use standard Beltcrete Conveyor:** The standard 1632 with a 5 hp motor, or the 1640 conveyor with 7½ hp motor are designed for use in the swinger.

Oury Engineering is the pioneer in the manufacture of concrete conveyor systems. Beltcrete is the most efficient obtainable and we are dedicated to keeping this design leadership. When it comes to new ways to reduce your pouring costs . . . expect concrete ideas from Oury.

**OURY ENGINEERING COMPANY**  
 A DIVISION OF PATENT SCAFFOLDING CO.—**Glensco** CORPORATION  
 333 WEST LAKE STREET, ELMHURST, ILLINOIS 60126  
 PHONE 312-279-3000

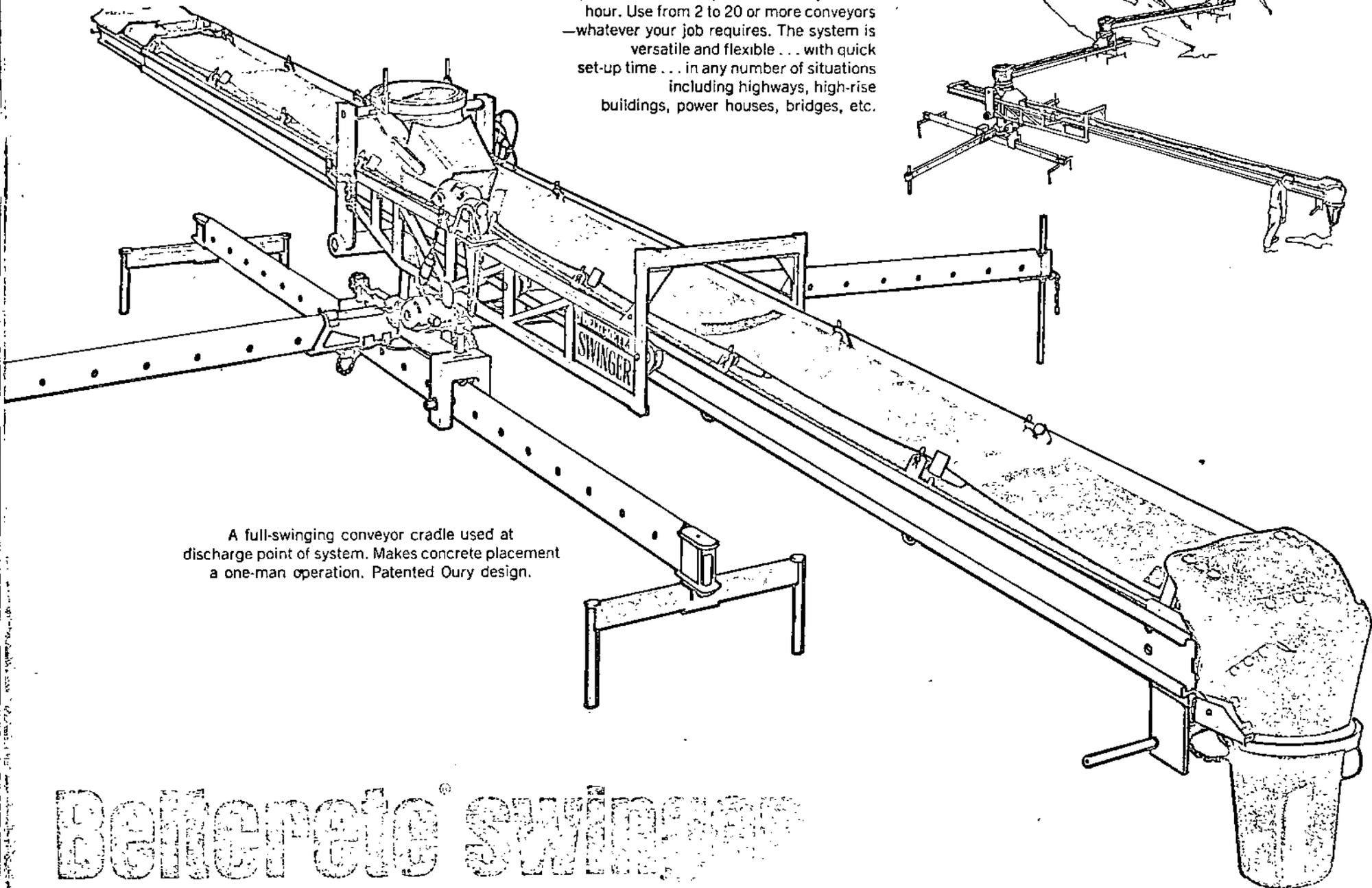
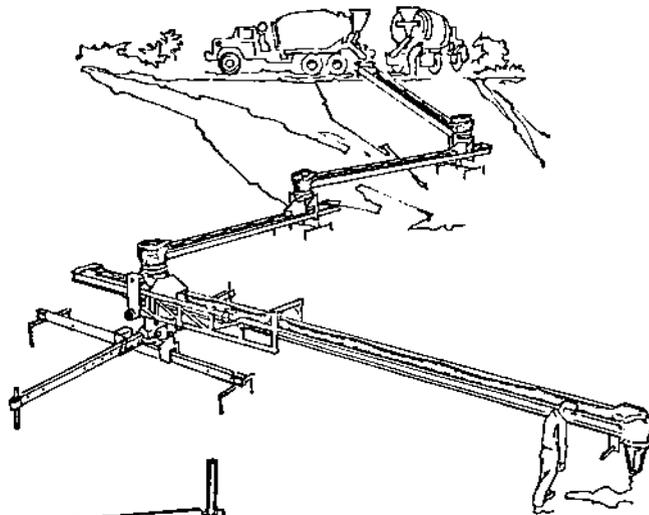
**Beltcrete®**



14

**Beltcrete automatic concrete placement**

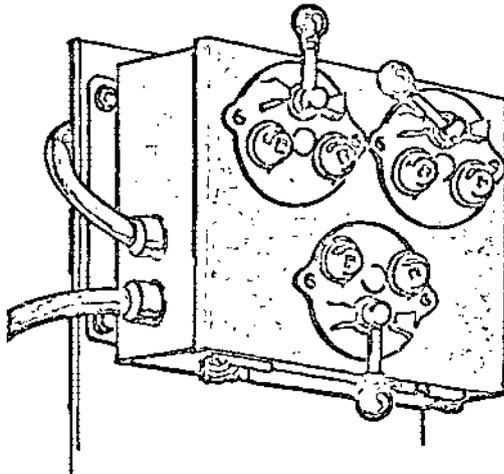
You can employ no faster or more efficient method of placing concrete than with a series of Beltcrete conveyors. Using the patented Swinger at discharge point, it is possible to place concrete at up to 150 cubic yards an hour. Use from 2 to 20 or more conveyors —whatever your job requires. The system is versatile and flexible . . . with quick set-up time . . . in any number of situations including highways, high-rise buildings, power houses, bridges, etc.



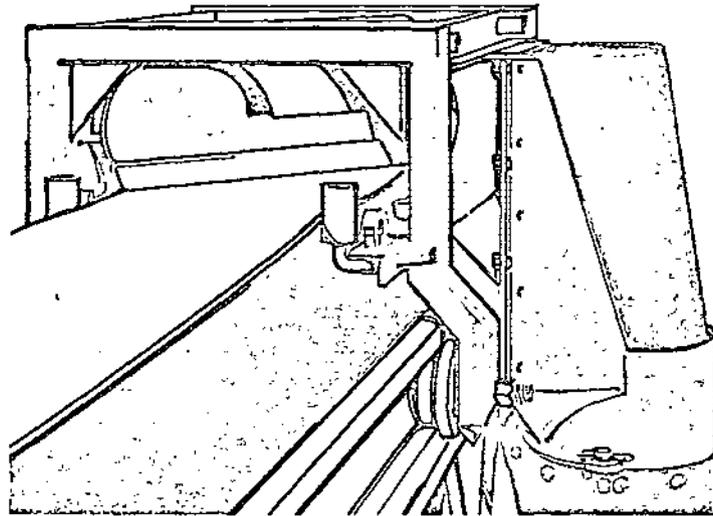
A full-swinging conveyor cradle used at discharge point of system. Makes concrete placement a one-man operation. Patented Oury design.

**Beltcrete® Swinger**

BELTCRETE FEATURES



**One-man control:** All electrical controls for plow are located in one compact console. Lateral, forward and backward movement is as simple as a flick of a finger.



**Transfer and discharge system:** Plow features a special adaptation of the proven Shur-clean three-blade scraper system. A blade rests diagonally across the conveyor belt. As the concrete meets the blade, it is diverted into the boot and tremmie. This blade also functions as an additional scraper.

**MAQUINARIA ESTRELLA, S. A.**  
JOSE F. GUTIERREZ No. 269 CASI ESQ. CON H.V.H.R. O  
ATZCAPOTZALCO, MEXICO 16, D. F.  
TEL. 27-23-55 Y 27-23-56

**Plow body construction:** Fabricated of high strength welded steel. Housing rides conveyor frame on long lasting polyurethane covered wheels. Unitized construction permits easy field assembly and disassembly. Chain drives on plow chassis and wheels assure positive movement—without jerking or slipping.  
**Reversible discharge:** Plow boot and tremmie is designed to operate from either side of the conveyor.  
**Unitized truss supports:** For pours over 40 feet length, Oury has designed and fabricated a lightweight lattice-type truss. This truss adds stability to placement operations of up to 100 feet in length with no intermediate support.  
**Pull-pin design:** Plow utilizes Oury's famed pull-pin construction which permits fast field assembly—quick disassembly. There are no bolted connections.

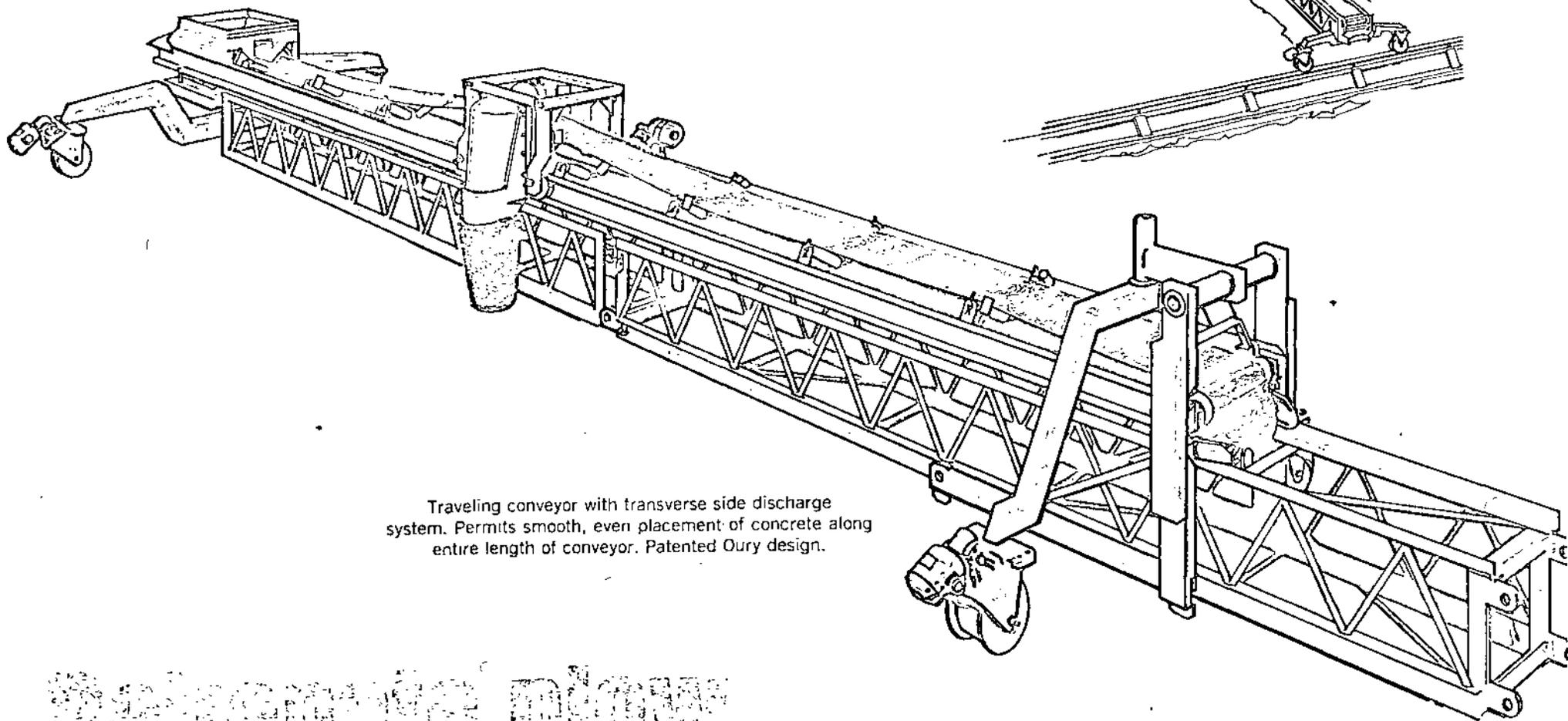
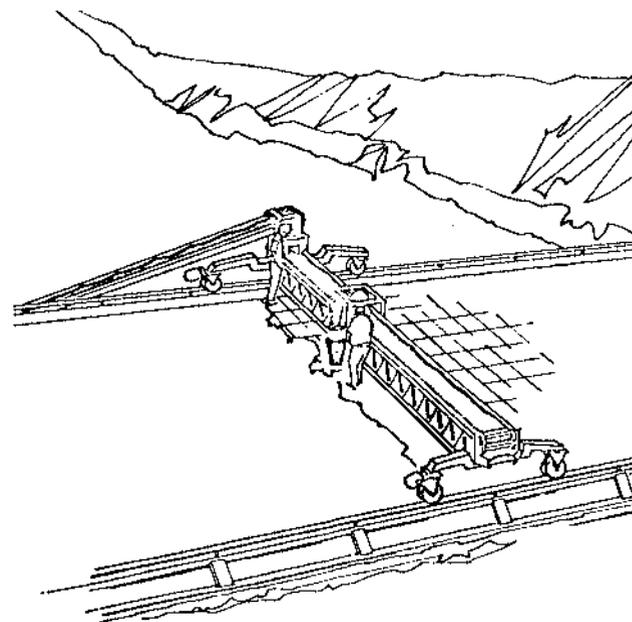
Oury Engineering is the pioneer in the manufacture of concrete conveyor systems. Beltcrete is the most efficient obtainable and we are dedicated to keeping this design leadership. When it comes to new ways to reduce your pouring costs... expect concrete ideas from Oury.

**OURY ENGINEERING COMPANY**  
A DIVISION OF PATENT SCAFFOLDING CO. — **Illinois** CORPORATION  
333 WEST LAKE STREET, ELMHURST, ILLINOIS 60126  
PHONE 312-279-3000



**Bellcrete automatic concrete placement**

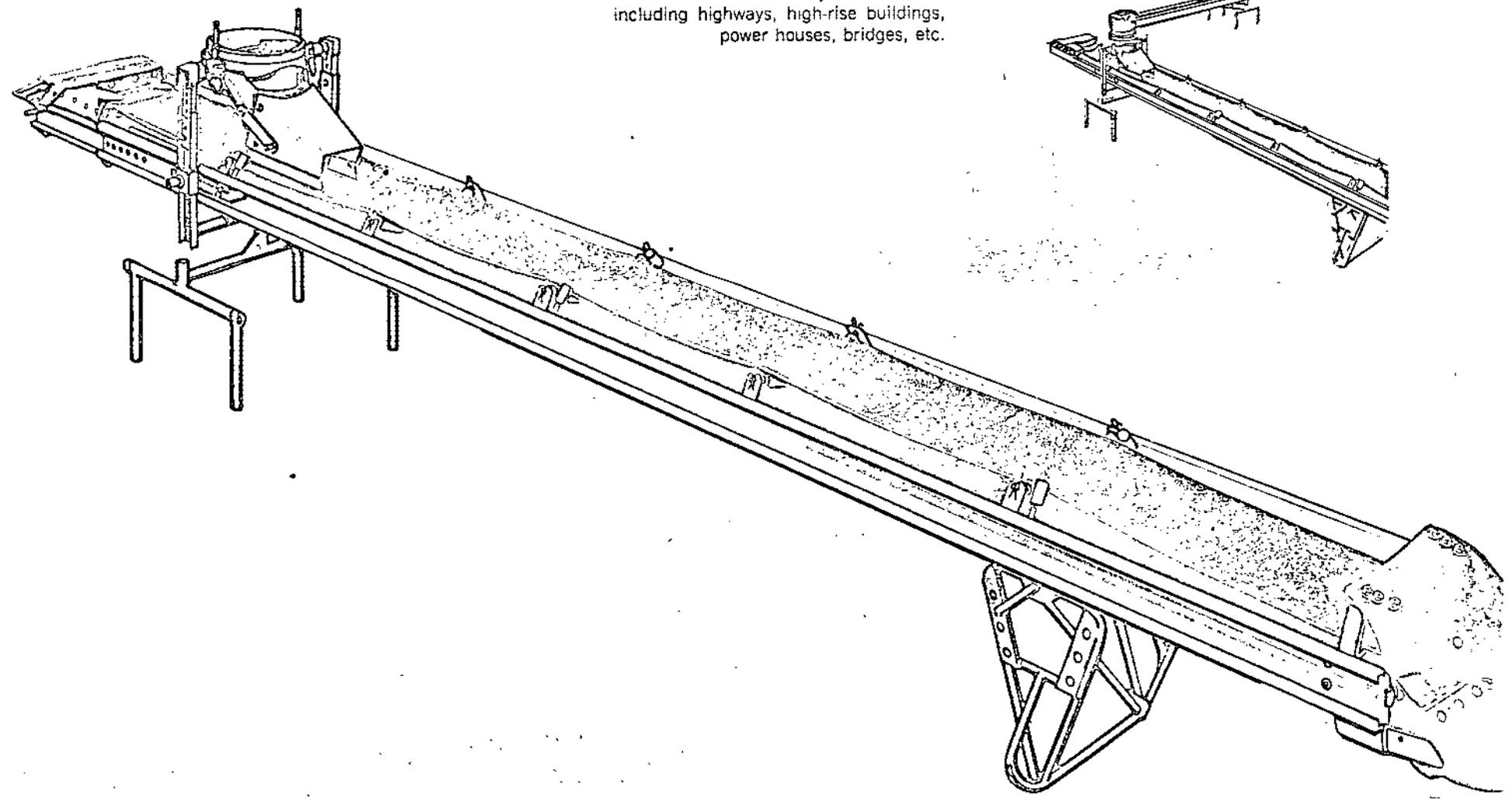
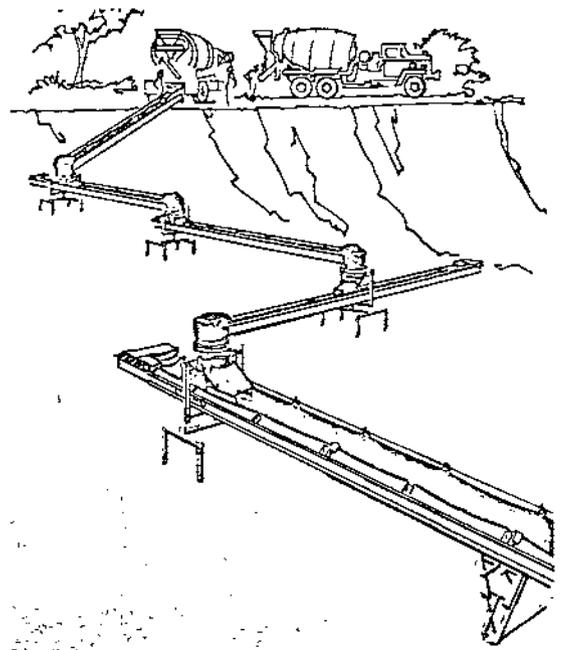
You can employ no faster or more efficient method of placing concrete than with a series of Bellcrete conveyors and plow. Your concrete source can be as far as 600 feet from the placement point, and still you can expect production of 150 cubic yards of concrete an hour . . . with a drastic reduction in labor costs. The system is versatile and flexible. It is suited to many kinds of jobs including highways, high rise buildings, power houses, bridges, etc.



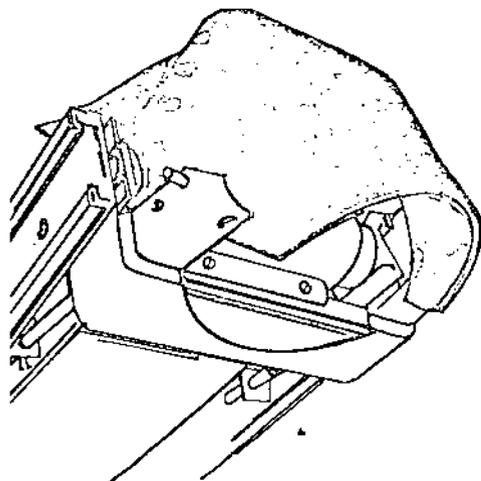
Traveling conveyor with transverse side discharge system. Permits smooth, even placement of concrete along entire length of conveyor. Patented Oury design.

**Bellcrete**  
Automatic Concrete Placement

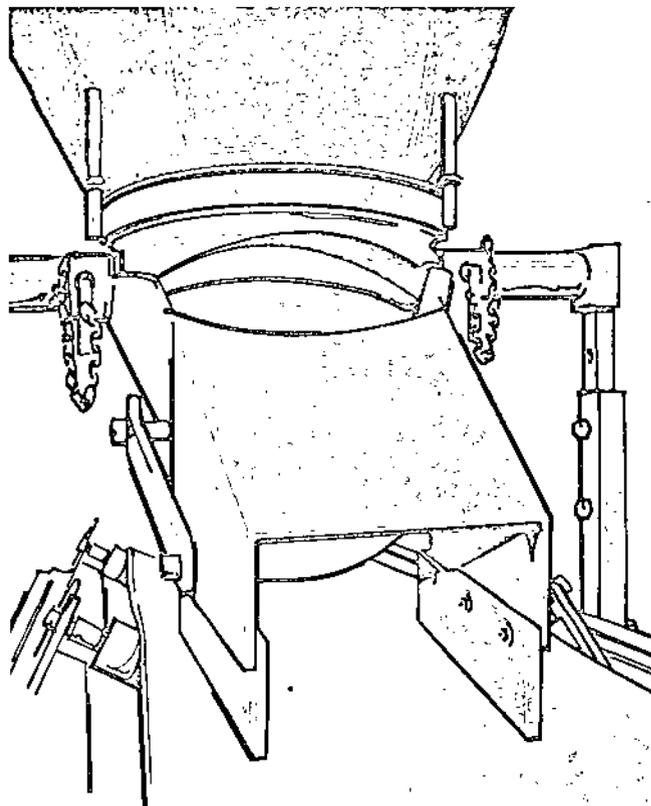
**Beltcrete automatic concrete placement**  
You can employ no faster or more efficient method of placing concrete than with a series of Beltcrete conveyors. From ready-mix trucks to a pour 600 feet away takes no more than minutes. You can expect production of 150 cubic yards per hour on mat placement, and a drastic reduction in labor costs. The system is versatile and flexible, with easy and fast setup time. It is suited for many kinds of work including highways, high-rise buildings, power houses, bridges, etc.



## BELTCRETE FEATURES



**Exclusive Shur-clean Scraper System:** Three high carbon, special tool steel wipers completely clean inner and outer belt surfaces, automatically stripping excess concrete from belt with each revolution. Head scraper shown.



**Patented Tun't-transfer System:** A key design advantage of Beltcrete conveyors. Provides a smooth, efficient transfer of concrete from one belt to the next. Concrete flows at 600 fpm into head boot, down chute, through tunnel, and on to next belt without splashing, separation, or breakdown of mixture.

Model number	Effective carrying length*	Conveyor dimensions	Motor†	Weight-conveyor-belt-motor
1624	23'6"	26"x28"x12"	5 hp	540 lbs.
1632	31'6"	35"x28"x12"	5 hp	660 lbs.
1640	39'6"	42"x28"x12"	10 hp	950 lbs.
1650	49'6"	52"x28"x12"	10 hp	1200 lbs.
1660	59'6"	62"x28"x12"	10 hp	1450 lbs.

### PRODUCTION RATE

150 cubic yards per hour operating on a 5° incline

### BELT

16" wide, 3-ply nylon endless belt— $\frac{1}{8}$ " top and bottom covers

**Telescopic tail section:** Permits easy installation and removal of belt, motor, wiper blades, or idlers for maintenance. Stop locks provide pin-point belt tensioning in increments as small as one-eighth inch. Motor or belt changes require only 20 minutes. **Heavy-duty aluminum construction:** Over 90% of the conveyor is made of rugged aircraft-type aluminum, making Beltcrete one of the lightest, yet strongest conveyors available. **Electrical system:** Three-prong twist lock connectors provide maximum safety. Designed for quick set-up, quick breakdown. Conveyors operate in series of three, and are partially interlocked. All conveyors are pre-wired. **Pull-pin design:** Entire conveyor can be assembled or disassembled without using a bolt or a nut. Simply position components, slip pin into locking position, and move to next connection. It's easy, fast, foolproof. **Sealed, greaseless bearings:** All idlers are permanently sealed and require no lubrication. **Model 1200 Conveyor:** Oury also manufactures a conveyor with a 12" wide belt. The conveyor is manufactured to the same rigid specifications as the 1600 model. Ask your Beltcrete representative for more information.

\*Non-standard lengths available on special order  
†3 phase—60 cycle—230/460 volt electrical system

Oury Engineering is the pioneer in the manufacture of concrete conveyor systems. Beltcrete is the most efficient obtainable and we are dedicated to keeping this design leadership. When it comes to new ways to reduce your pouring costs . . . expect concrete ideas from Oury

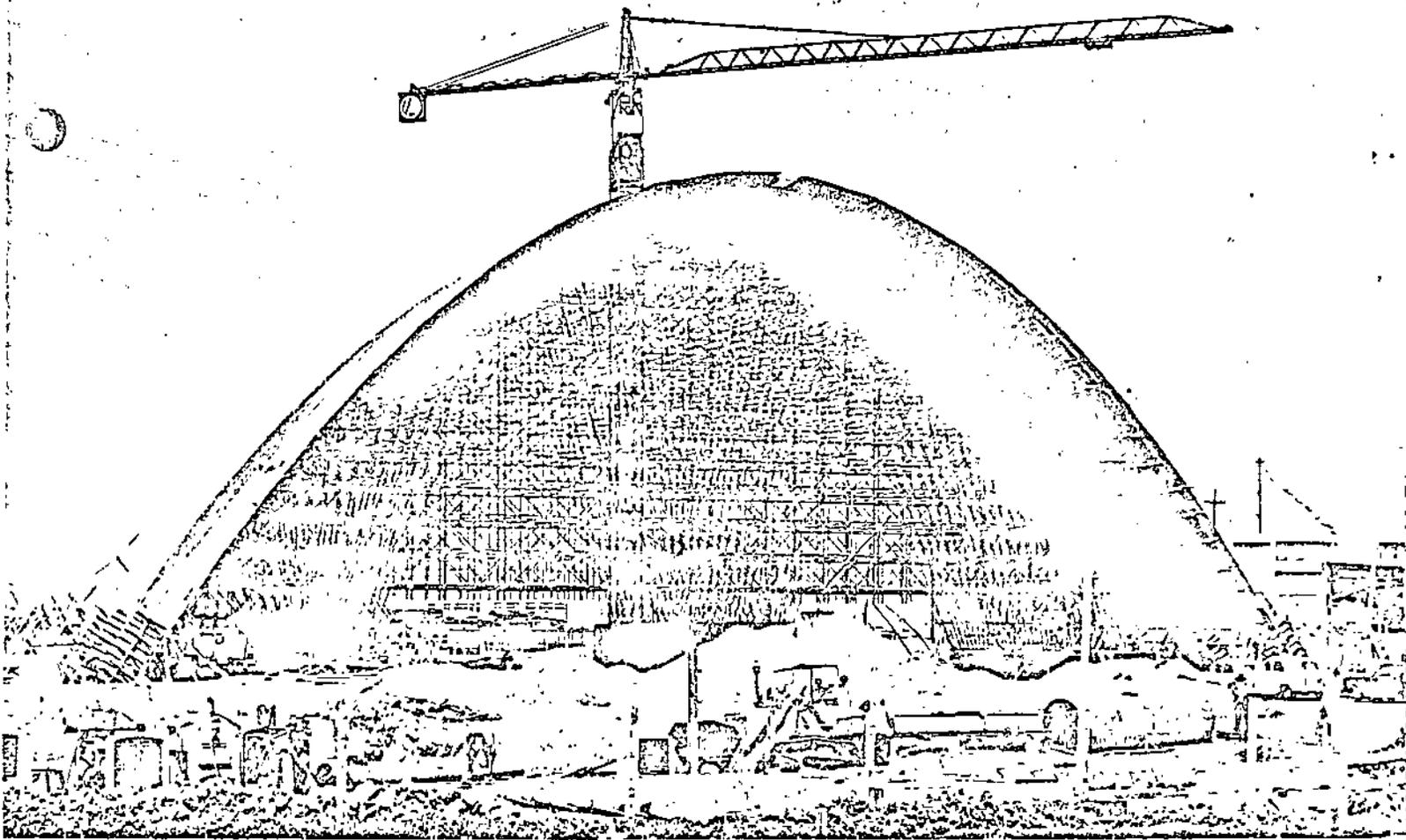
MAQUINARIA ESTRELLA, S. A.  
JOSE F. GUTIERREZ No. 269 CASI ESQ. CON INVIERNO  
ATZCAPOTZALCO, MEXICO 16, D. F.  
TEL. 27-23-55 Y 27-23-56

**Beltcrete®**

Oury Engineering Company  
333 West Lake Street  
Elmhurst, Illinois 60126

# GRUAS TORRE

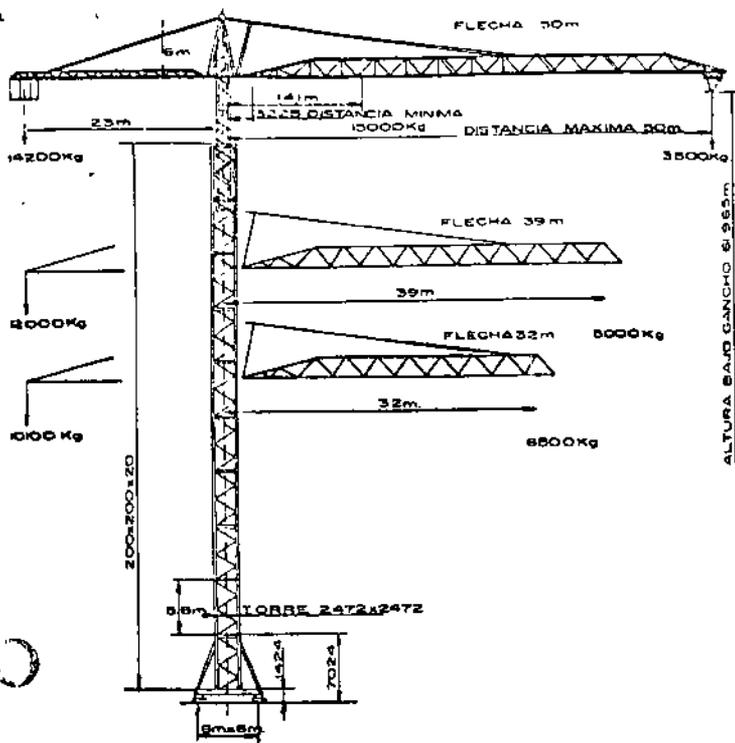
LICENCIA PINGON



INDUSTRIA DEL HIERRO, S. A.

# GRUA TORRE P-200

3550



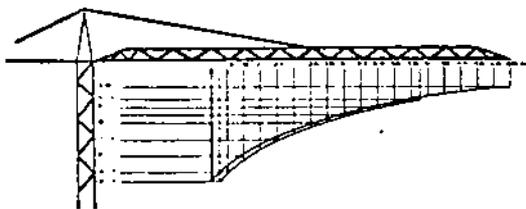
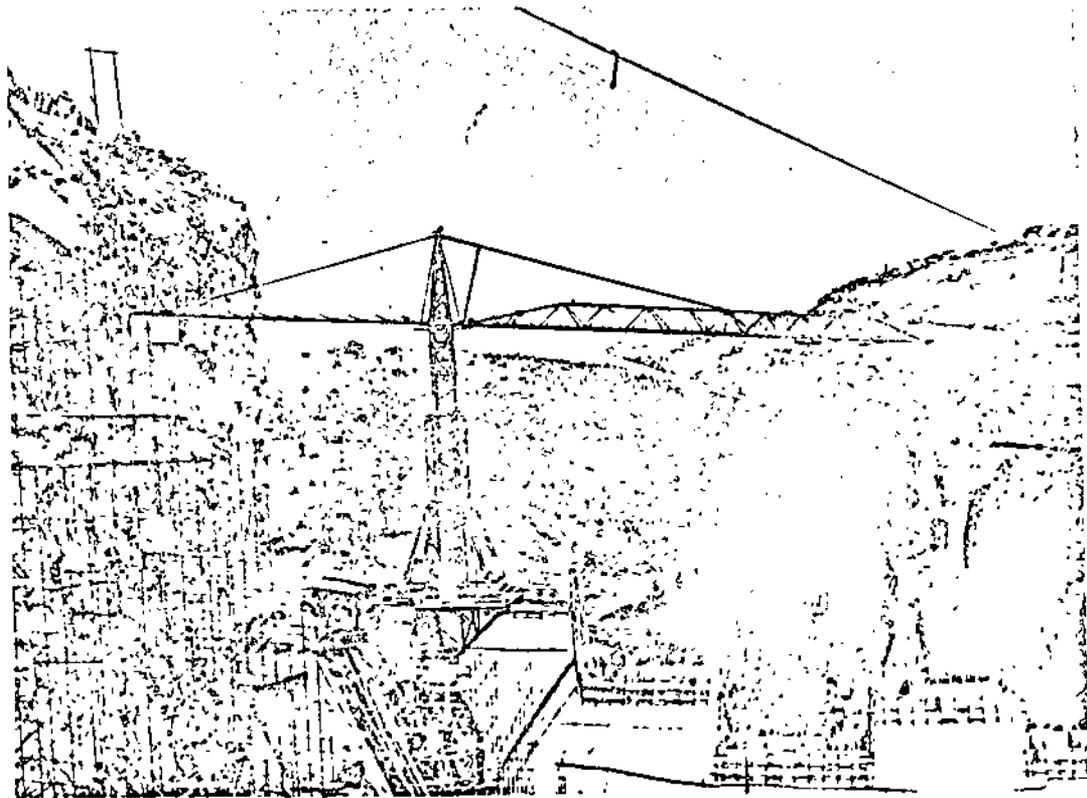
ALTURA LIBRE (TRASLADABLE SOBRE RIELES) = 61.96 M.  
 ALTURA MAXIMA (AYUDADA DE VIENTOS) = 123.56 M.

### CAPACIDADES

CON FLECHA DE 50 M. = 3,500 KG. (A LA PUNTA)  
 CAPACIDAD 14 M. = 15,000 KG.  
 ANCHO DE LA VIA = 6.0 M.  
 PESO DE LA GRUA = 72,000 KG.

### MOTORES

MOVIMIENTO	POTENCIA	VELOCIDAD
LEVANTE	80 C.V.	20-60 M/MIN.
CARRO	7-11 C.V.	21.5-43 M/MIN.
GIRO	13 C.V.	0.41 R. P. M.
TRANSLACION	4 DE 4.5 C.V.	21 M/MIN.
MONTAJE	5.5 C.V.	



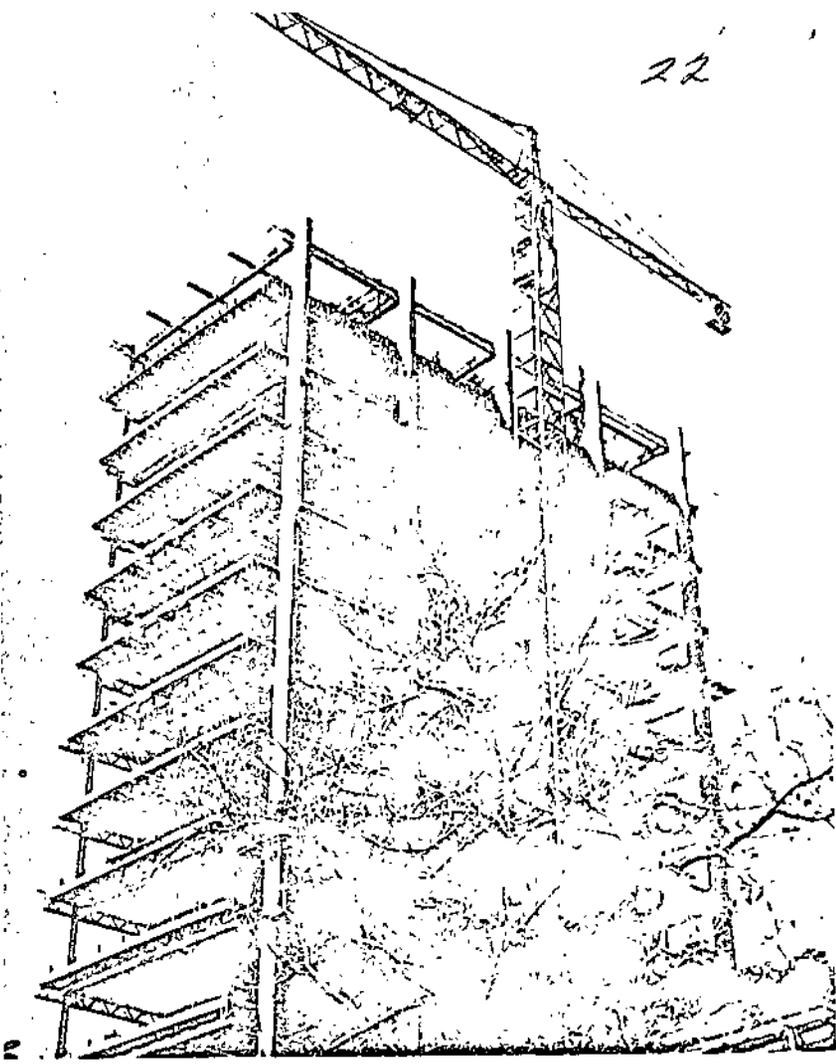
EQUIPADA CON LIMITADOR DE PAR. DE CARGA MAXIMA Y DE FIN DE CARRERA DE GANCHO

# GRUA TORRE P-26

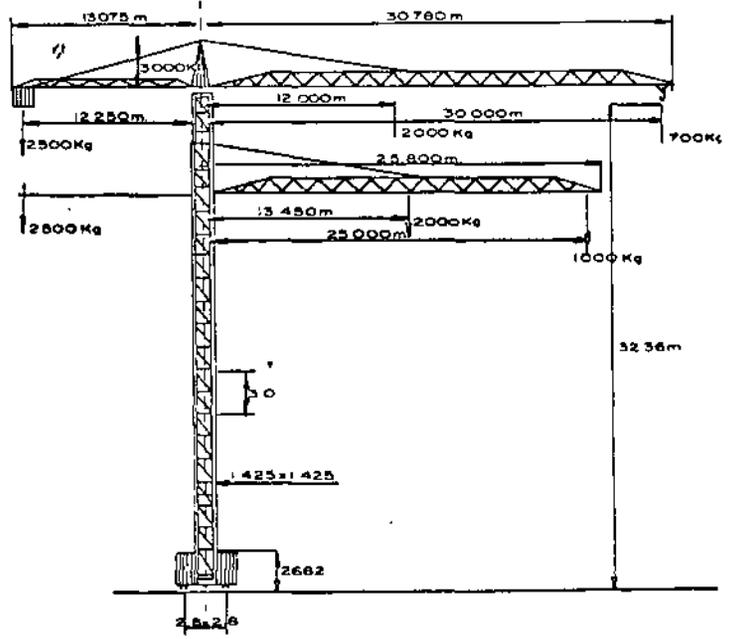
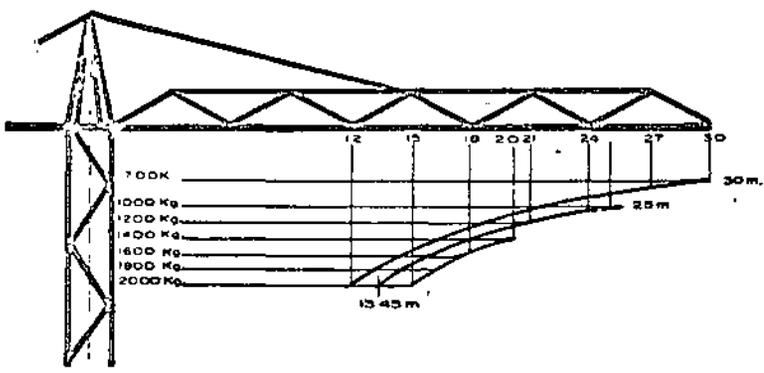
ALTURA LIBRE (TRASLADABLE SOBRE RIELES) = 32.36 M.  
 ALTURA MAXIMA (AYUDADA DE VIENTOS) = 80.36 M.

**CAPACIDADES**

CON FLECHA DE 30 M. = 700 KG. (A LA PUNTA)  
 CON FLECHA DE 25 M. = 1,000 KG. (A LA PUNTA)  
 CAPACIDAD 12 M. = 2,000 KG.  
 ANCHO DE LA VIA = 2.80 M  
 PESO DE LA GRUA = 12,000 KG.

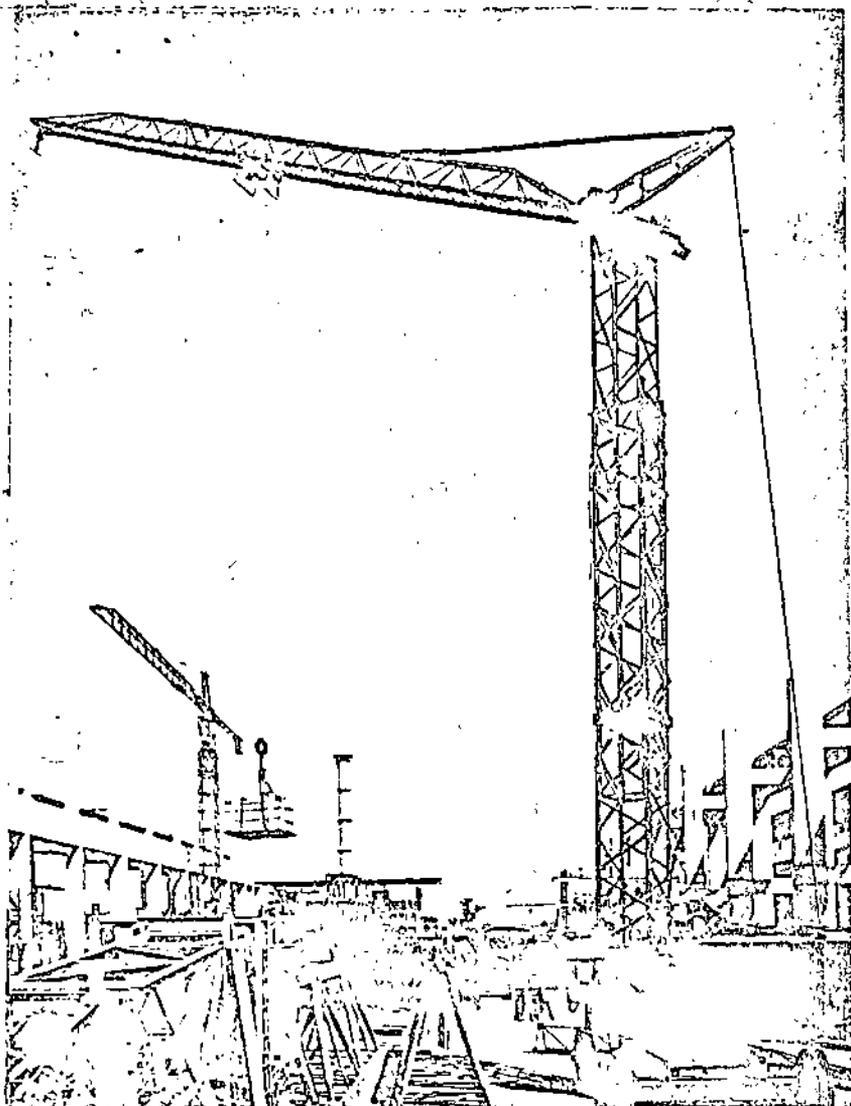


MOVIMIENTO	POTENCIA	VELOCIDAD
LEVANTE	11-13 C.V.	23-46 M/MIN.
GIRO	4-3 C.V.	0.8 R. P. M.
CARRO	1.7 C.V.	31 M/MIN.
TRASLACION	3 C.V.	30 M/MIN.



EQUIPADA CON LIMITADOR DE PAR, DE CARGA MAXIMA, DE CARRERA DE GANCHO, Y FIN DE CARRERA DEL CARRO EN PUNTA DE FLECHA

# GRUA TORRE P-10



### ALTURA LIBRE DE LA GRUA

FLECHA HORIZONTAL ( 90° ) = 16.64 MTS.  
 FLECHA INCLINADA ( 120° ) = 24.09 MTS.

### ALCANCE MAXIMO

FLECHA HORIZONTAL ( 90° ) = 16.00 MTS.  
 FLECHA INCLINADA ( 120° ) = 14.00 MTS.

### P-10,B

CARGA MAXIMA 600 KG.  
 PESO SIN LASTRE 4,100 KG.  
 PESO CON LASTRE 11,500 KG.

### P-10,C

CARGA MAXIMA 1,200 KG.  
 PESO SIN LASTRE 4,200 KG.  
 PESO CON LASTRE 12,200 KG.

### MOTORES

#### MOVIMIENTO

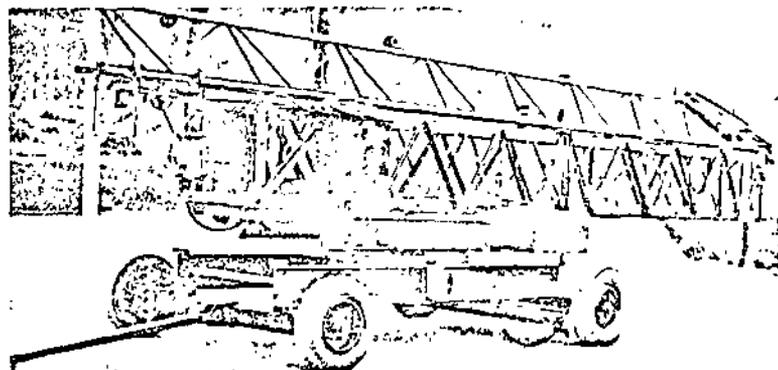
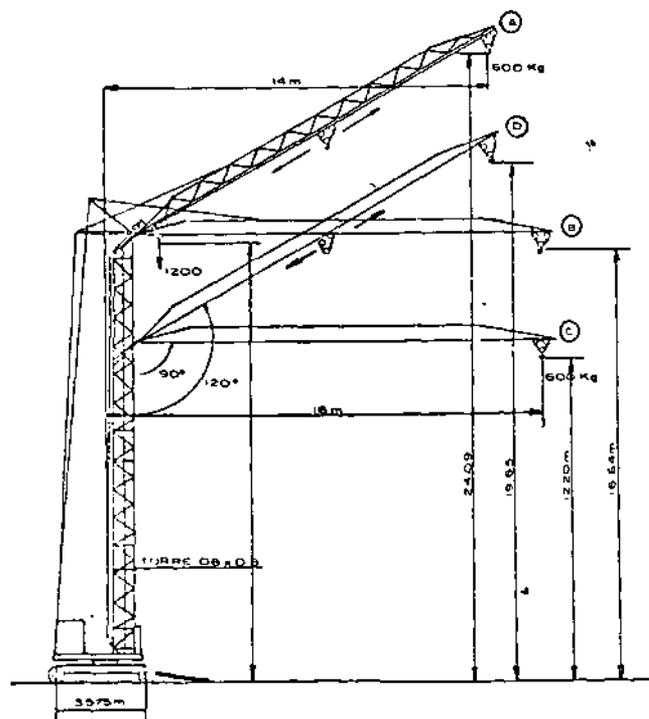
LEVANTE  
 LEVANTE  
 CARRO  
 GIRO

#### POTENCIA

P-10,B 5 C.V.  
 P-10,C 7-8.5 C.V.  
 1.25 C.V.  
 1.2 C.V.

#### VELOCIDAD

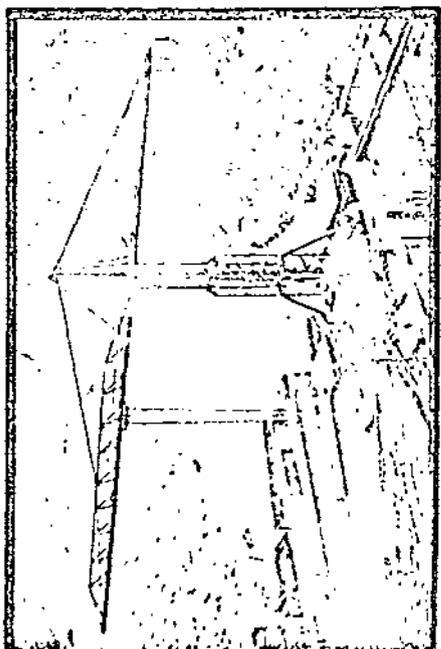
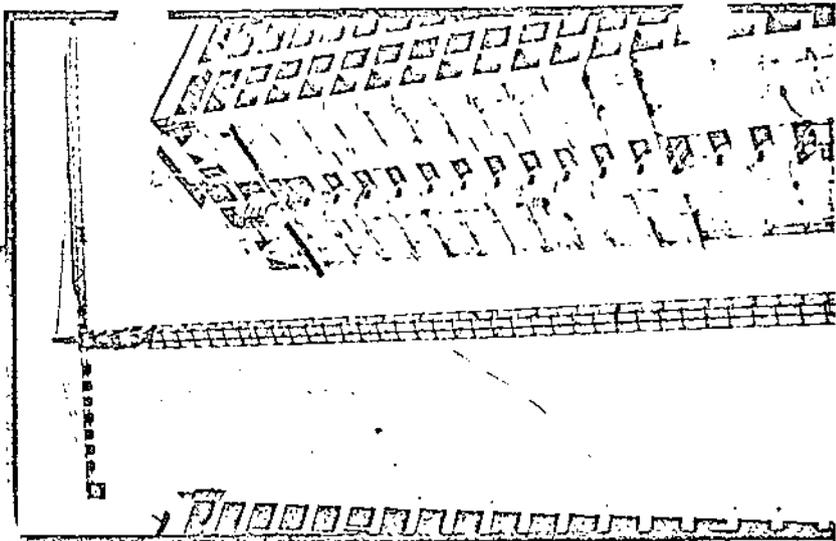
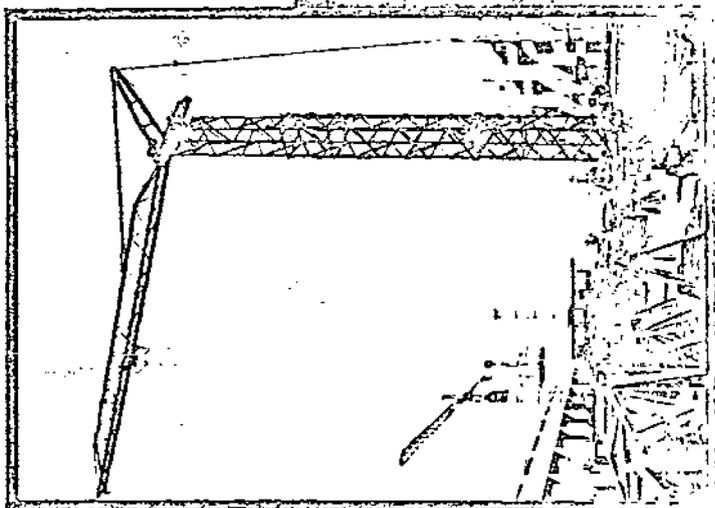
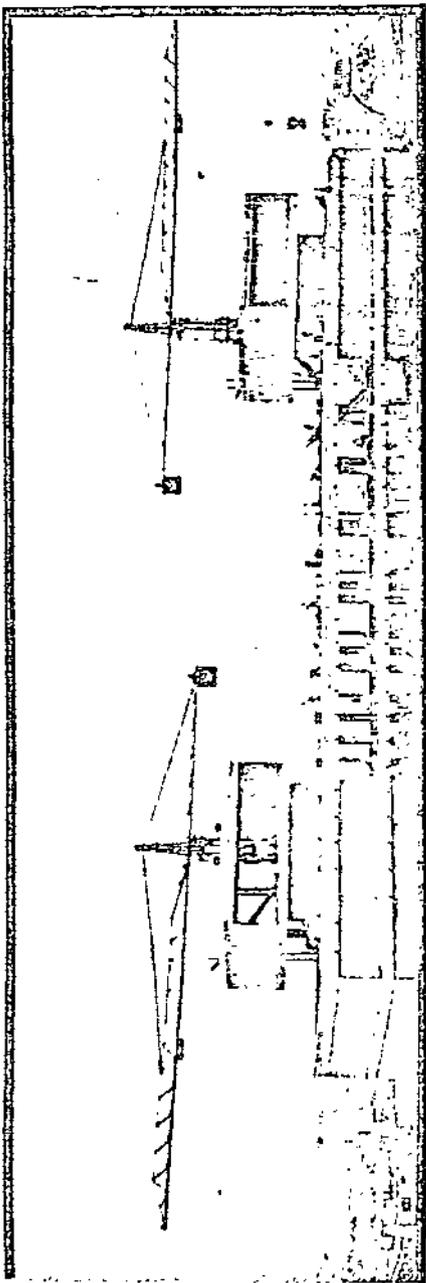
30 M/MIN.  
 20-40 M/MIN.  
 20 M/MIN.  
 1.3 R. P. M.



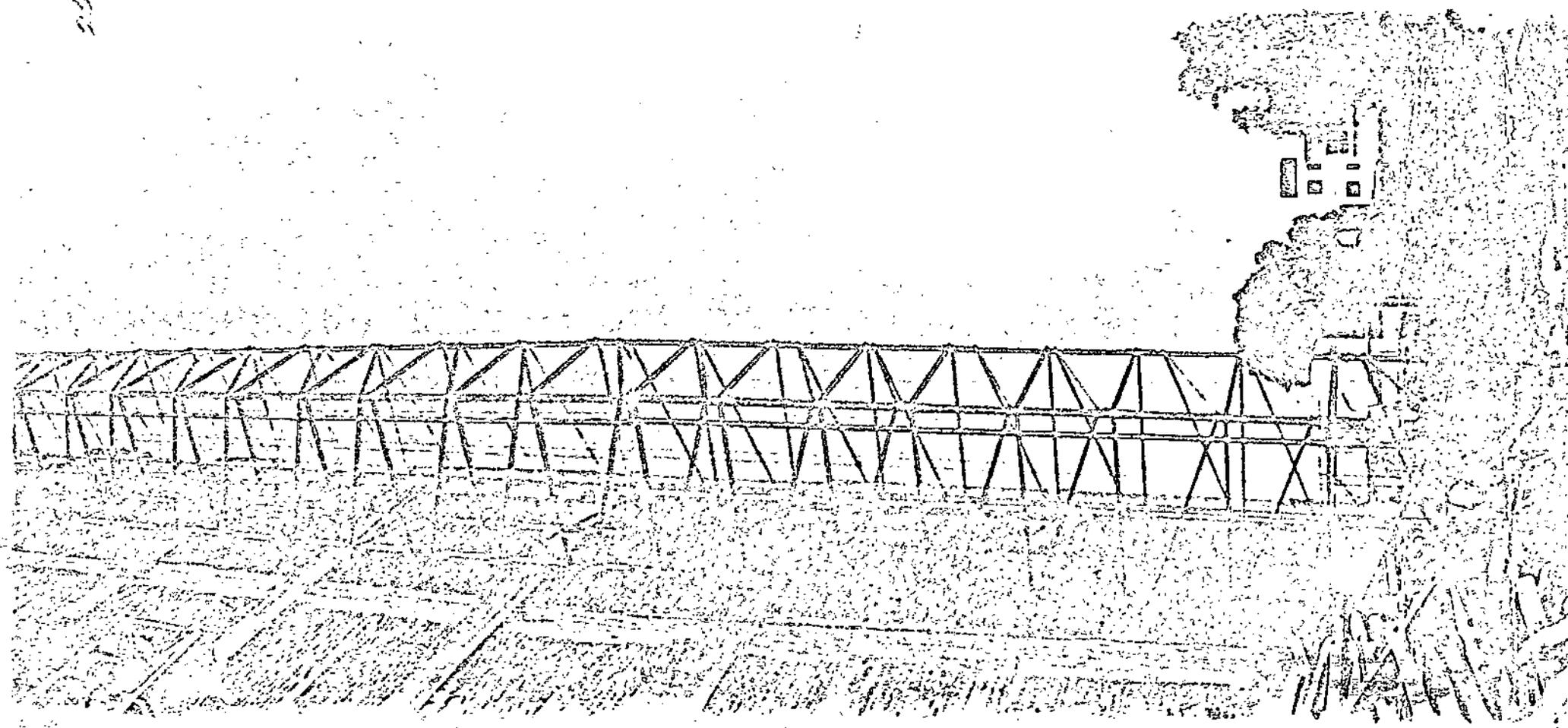
APOYADA EN PLATAFORMA, CON CUATRO NEUMATICOS Y EQUIPADO CON CUATRO GATOS,  
 Y SUS SEGURIDADES ELECTRICAS

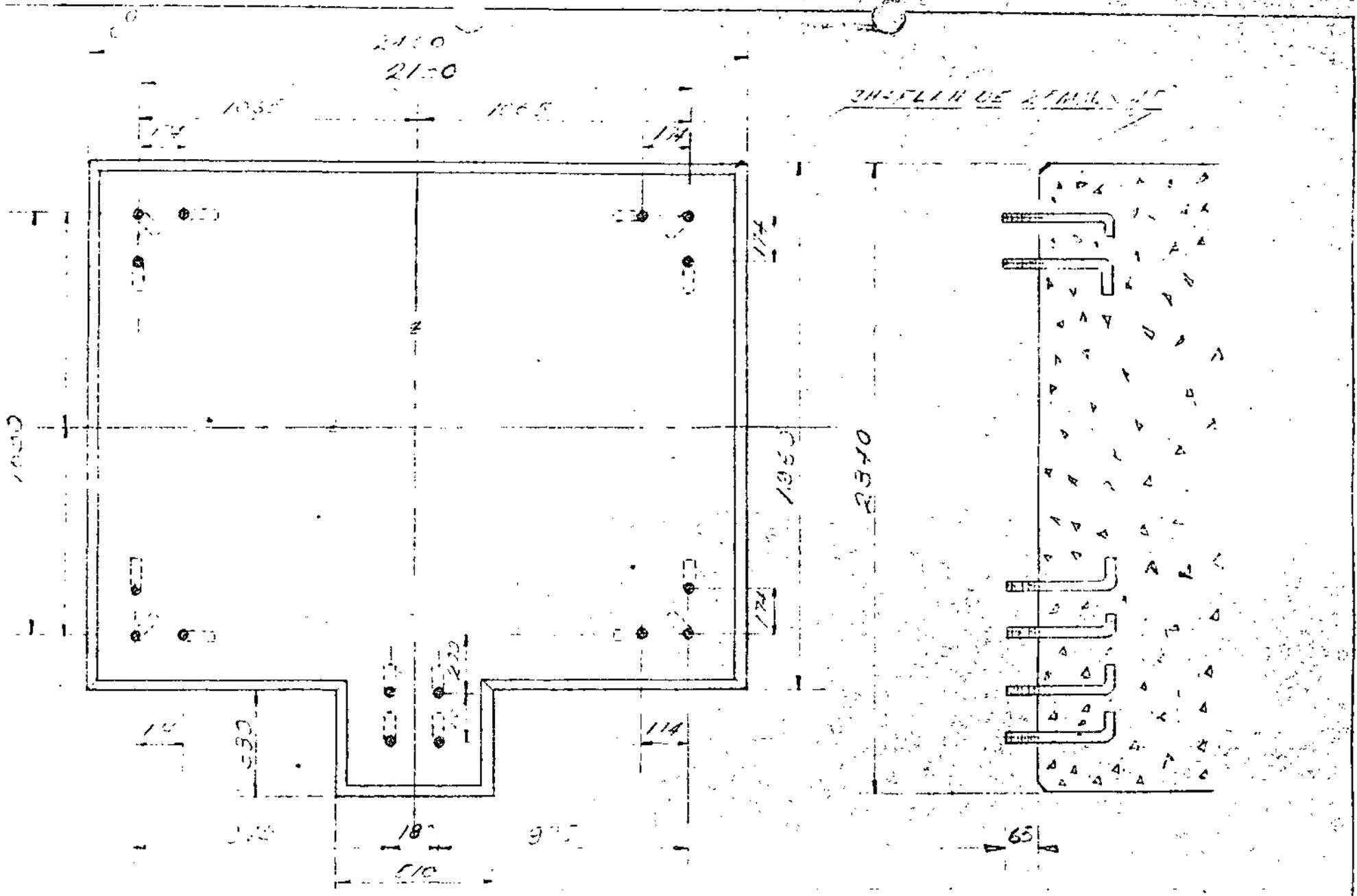
# GRDAS TORRE

24



25

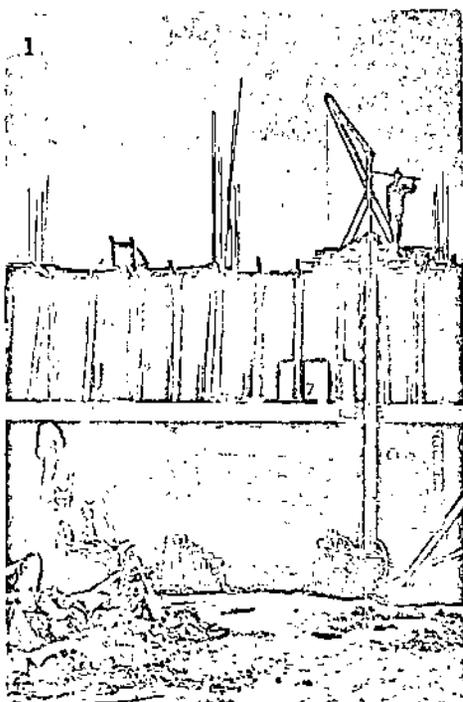




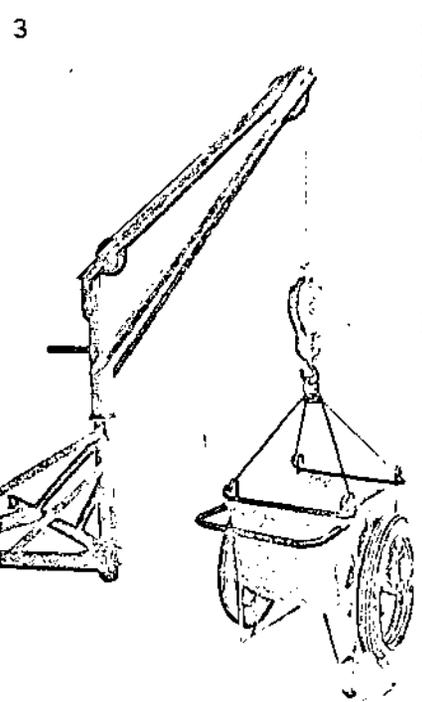
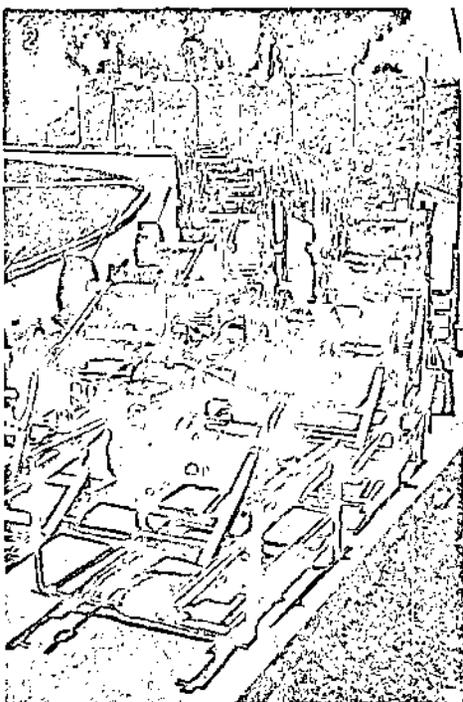
PROYECTO		7741 SECCION DE REF. 1-1 21.00 21.00 10.50 10.65 11.4 17.4 19.60 2.20 1.14 1.80 5.10 1.40 0.90	ESCALA	DIBUJO No.							
DIBUJO				A-TRP 21.00							
REVISO											
APROBO											
Vo Ho		<b>Wormser Suiza de México, S. A.</b>		ACOT	REV. No	△	△	△	△	△	HOJA DE

EQUIPO DE ELEVACION DE MATERIALES

1 - EQUIPO DE ELEVACION LIGERO DE GRAN CAPACIDAD CONSISTENTE EN MALACATE, PLUMA, PASTECA, GANCHO GIRATORIO Y VOGUE



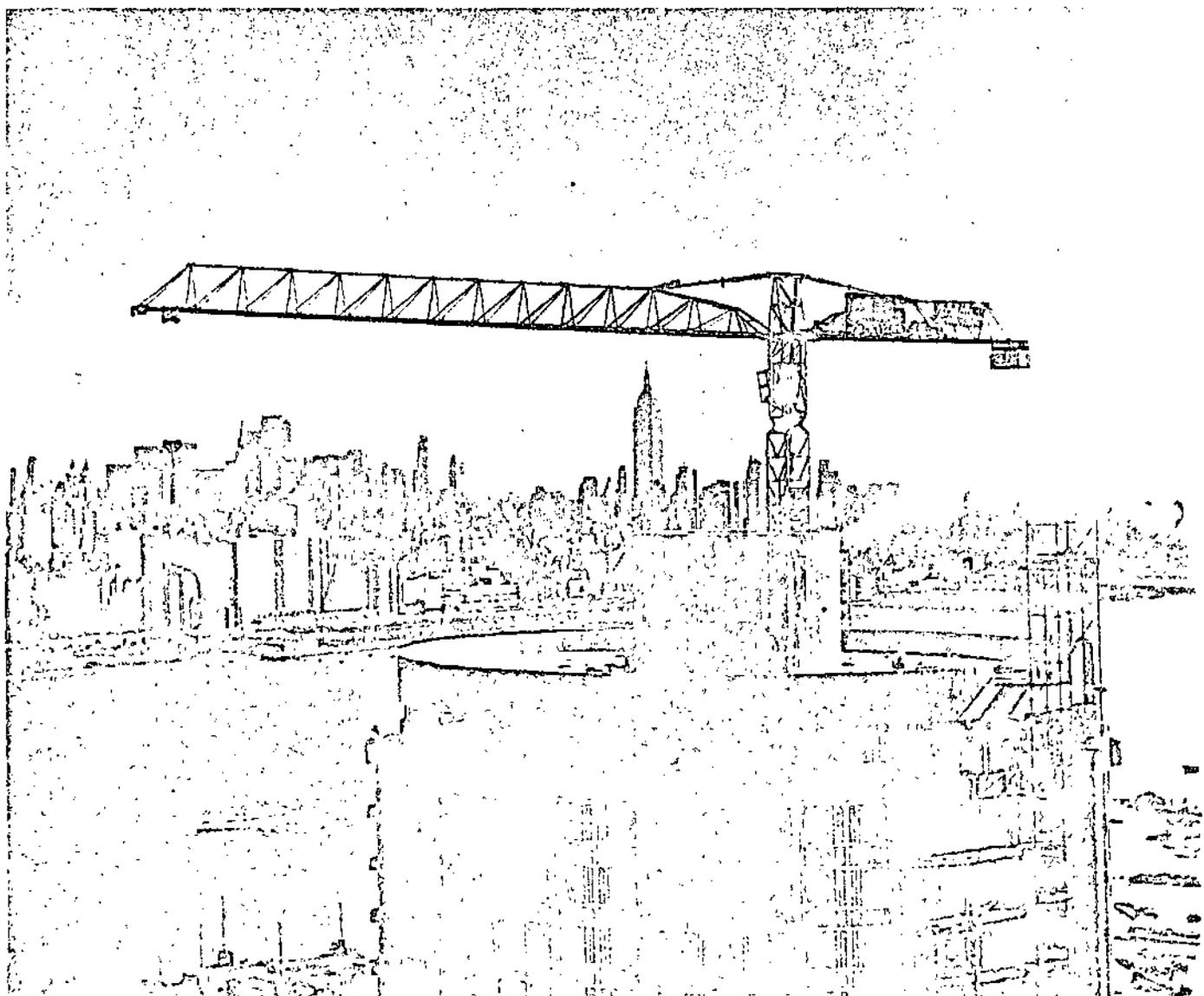
2 - MALACATES N 600 SALTANDO DE LAS LINEAS DE PRODUCCION EN NUESTRA PLANTA



3 - PLUMA GIRATORIA CON CAPACIDAD DE 1000 Kgs Y VOGUE CON CAPACIDAD DE 160 LITROS



4 - TORRE GRUA RICHER USADA EN LA CONSTRUCCION DE EDIFICIO LUJO EN NYA YORK

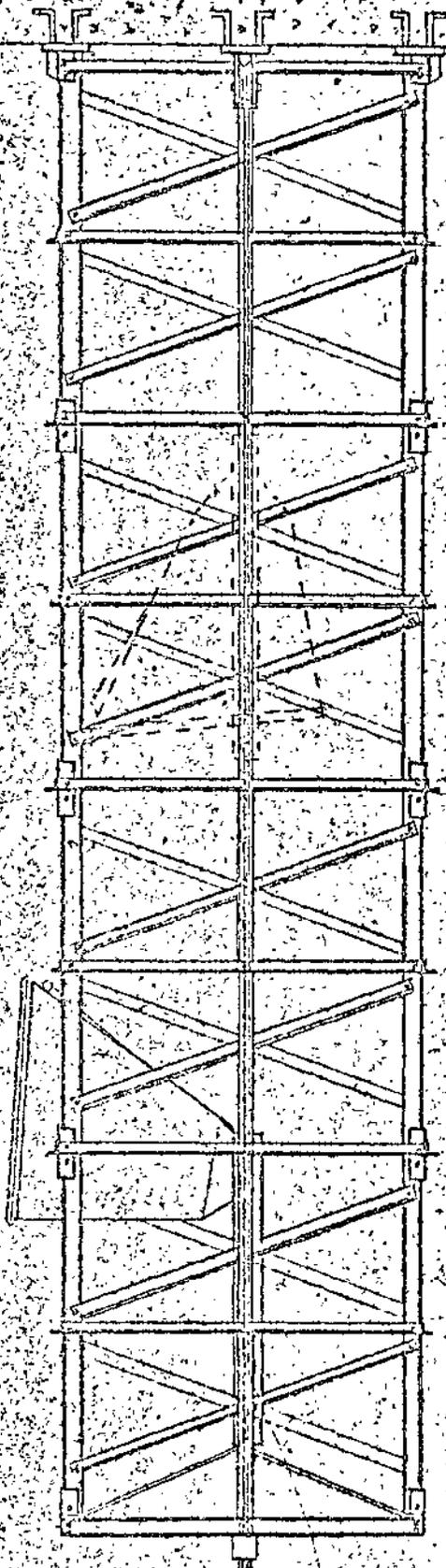




APROBO	
REVISO	
DIBUJO	GARCIA JX-2
PROYECTO	

VISI

ELEVACION



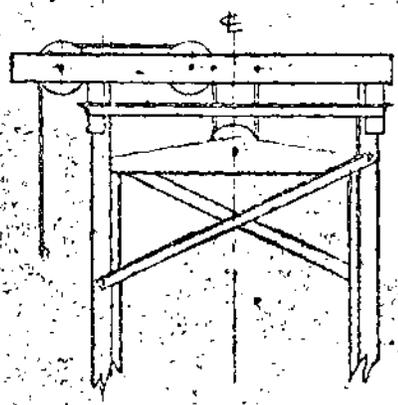
TRAMO DESAJO TRAMO SUPERIOR

28

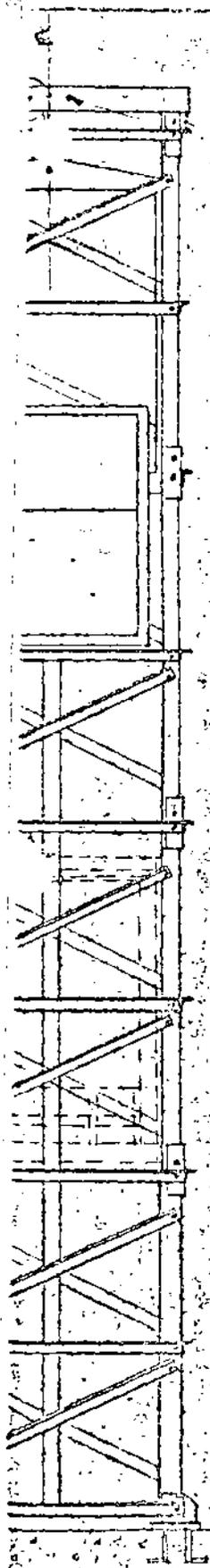
29



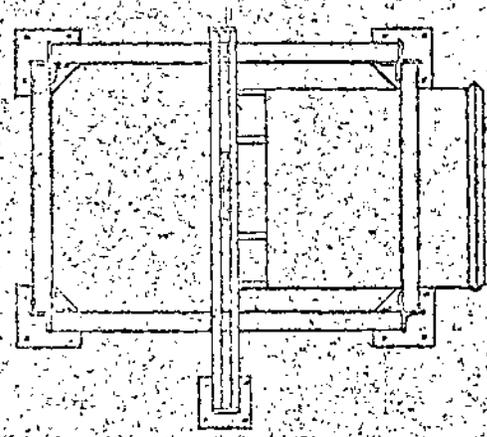
ARREGLO PARA TIRO SENCILLO



ARREGLO TIRO DOBLE



ATERAL



PLANTA

TORRE RECTANGULAR TRB-2015  
ENSAMBLE GEN. CON TORVA

ESCALA

DIBUJO No.

B-TRB-99020

ACOT.

REV. No.

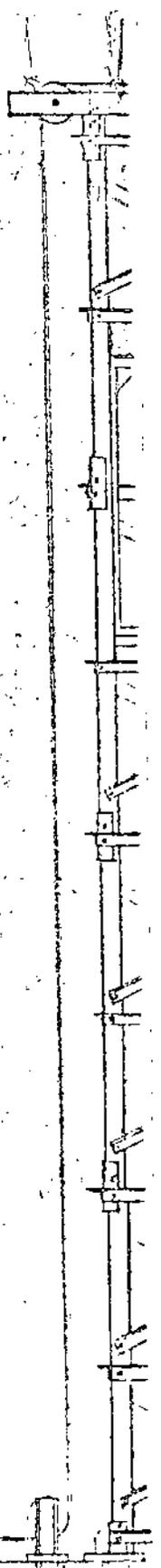
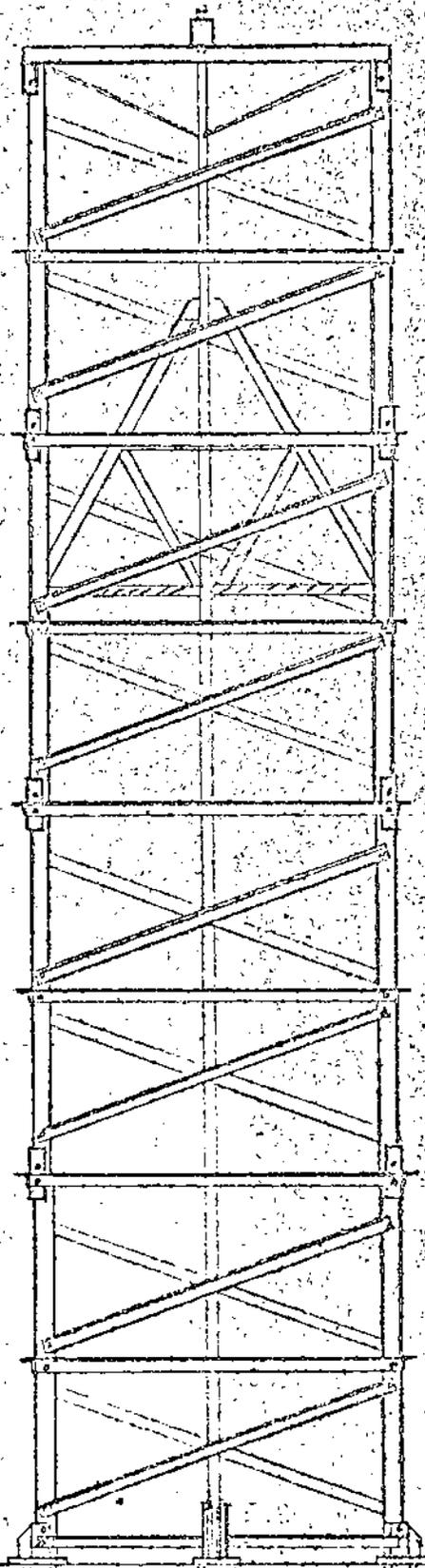


HOJA DE



TRAMO LIGERO

TRAMO PESADO



AL MAQUILATE

ELEVACION

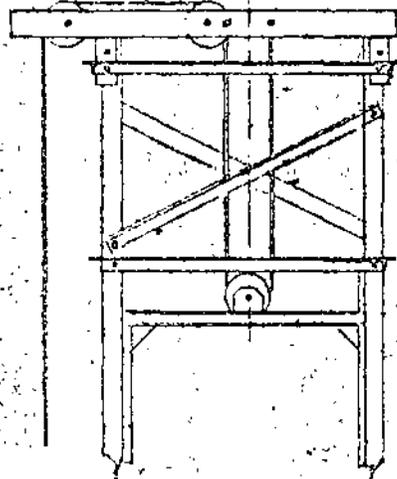
VISTA

PROYECTO	
DIBUJO	GARCIA 12-5-61
REVISO	
APROBO	

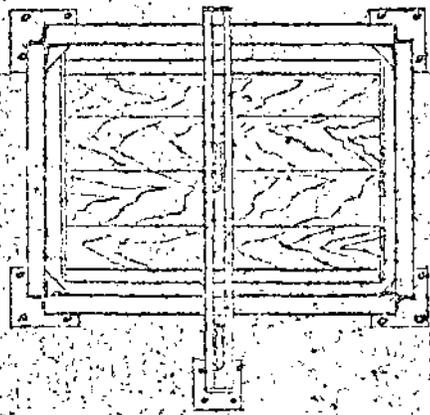


31

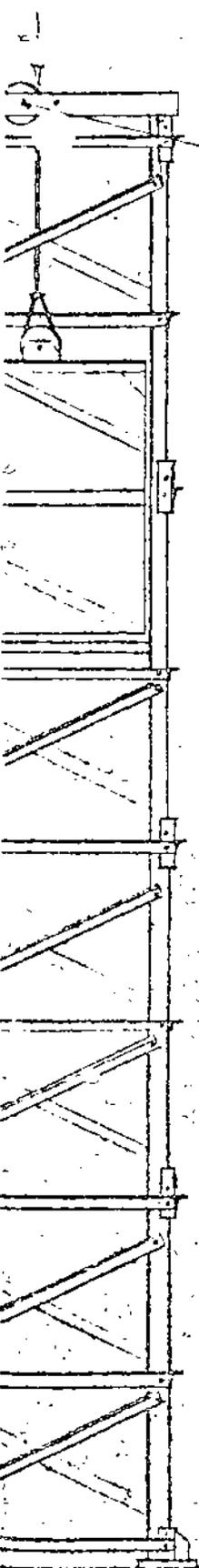
ARREGLO PARA TIRO SENCILLO



ARREGLO PARA TIRO DOBLE



PLANTA



TORRE RECTANGULAR TRIB-2015  
 ENSAMBLE GALICÓN PLATAFORMA

ESCALA  
 5/8"

DIBUJO No.  
 P-T.R.B. 99.010

WORLDWIDE SURF de Mexico, S.A.

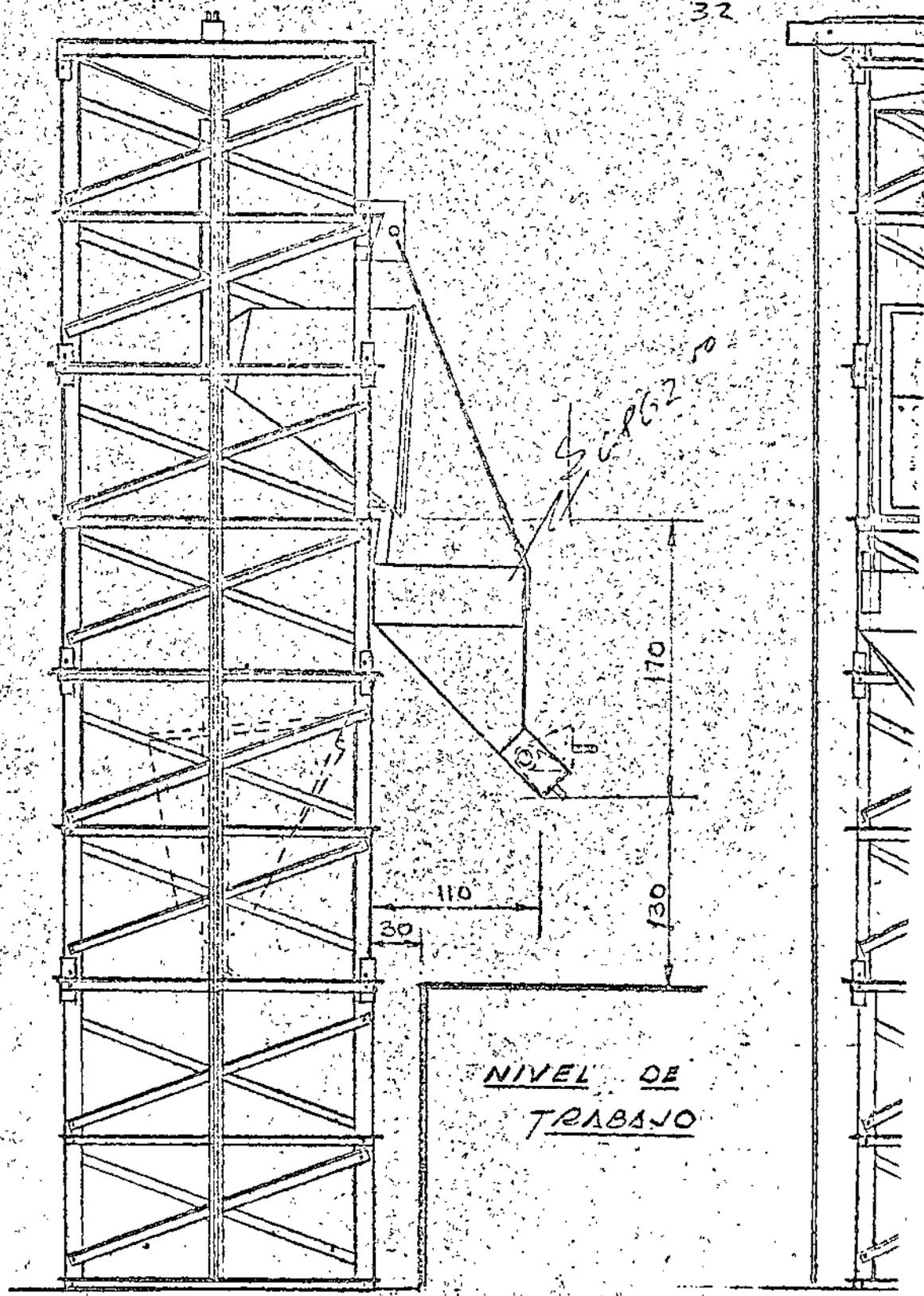
ACOT.

REV. No.



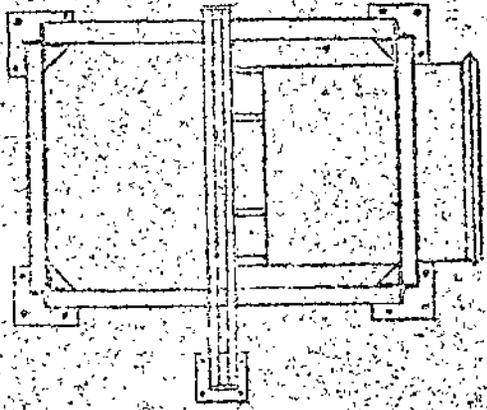
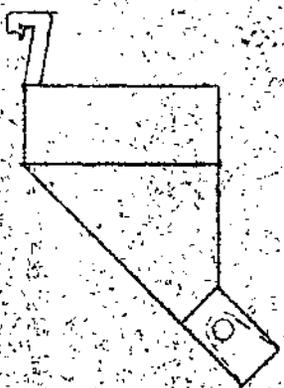
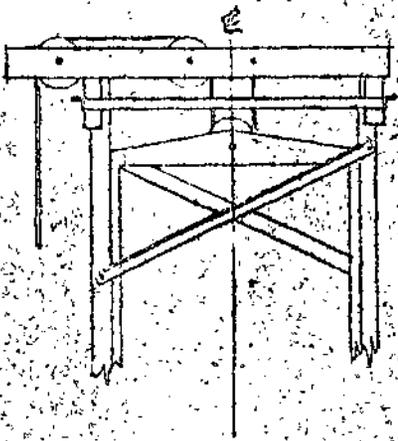
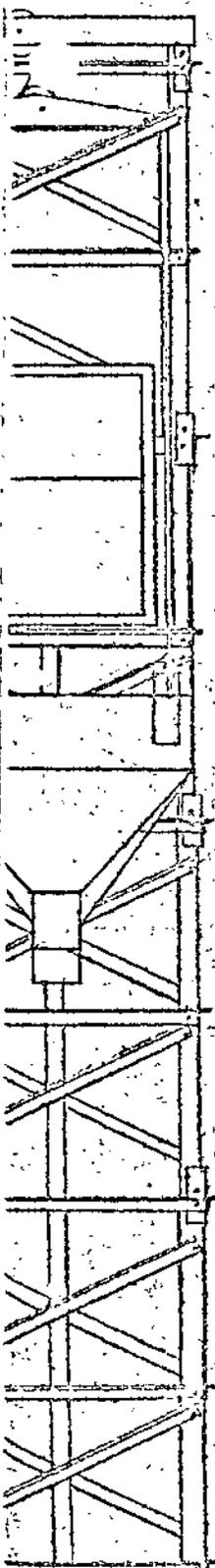
HOJA DE





PROYECTO		
DIBUJO		
REVISO		
APROBO		
Vº Bo.		





TORRE CON TOLVA DE VOLTEO  
AUTOMÁTICO Y TOLVA DE RECOPION  
PARA UN NIVEL CERRADO

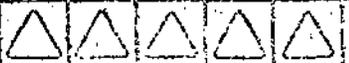
ESCALA  
1/10

DIBUJO No.  
SKTB-275

Wormiser S.A. de México, S.A.

ACOT.  
C/17

REV. No.



HOJA  
DE



## DOSIFICACION Y MEZCLADO DE CONCRETO.

### RECEPCION, MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE AGREGADOS:

Estas tres operaciones están encaminadas a resolver el problema de abastecer la pesa dosificadora con el material suficiente y de la misma calidad, por lo menos, con que fue entregado en la planta; se dice por lo menos, puesto que en algunas plantas hay cribas vibratorias que clasifican el agregado grueso en diferentes tamaños obteniendo con ésto un material de mejor calidad.

Por lo general, la recepción es el problema de menor importancia, pero está íntimamente ligada al almacenamiento en el patio de agregados, en las plantas que mueven grandes volúmenes de concreto; en éstas, el material tiene que moverse constantemente para dejar espacio libre que permita la descarga de los camiones siguientes o de los carros de ferrocarril. Estos movimientos se efectúan por medio de tractores de rjedas que puedan subir los camiones que acarrean el material y facilitar así el almacenamiento alto, siempre y cuando no se haga en forma incorrecta como lo indica la figura No.1. del (A.C.I. 614-59. Práctica Recomendada para la Medición, Mezclado y Colocación del Concreto).

Los almacenamientos en las plantas, son de dos tipos generalmente. Casi siempre se almacena el agregado en los patios destinados para ello, para después moverlos hacia las tolvas que se encuentran directamente encima de las pesas. Estos patios pueden almacenar la producción o los agregados suficientes para el movimiento de un día; en cambio, las tolvas de almacenamiento que están encima de la báscula son de una capacidad suficiente para satisfacer las demandas de producción del día; 5 ó 6 operaciones de colado en diferentes obras al mismo tiempo.

Se entiende por manejo de material las operaciones para mover los agregados y conseguir su traslado de donde se entregó el material en la planta hasta la báscula. Los procedimientos para realizar este movimiento son diferentes.

En primer lugar, pueden usarse elevadores de acuerdo con el espacio disponible en la planta, o con la posición de la báscula con respecto a los patios de almacenamiento. Por lo general, se usan bandas y elevadores de canchilones para su transporte; este movimiento se realiza, en algunas plantas por medio de una pala -

mecánica con cucharón.

El problema fundamental de este manejo es lograr que la cantidad de agregados que se almacenan en las tolvas altas para abastecer la báscula continuamente, sea suficiente; por ejemplo, si una planta puede producir 30 M3. de concreto por hora, estas máquinas deberán mover necesariamente alrededor de 36 M3. de volumen aparente de agregados. La capacidad de movimiento del equipo de transporte está proporcionada en razón directa con la carga que lleva a la velocidad con que se mueve; la carga se mide por el área de la sección transversal del material que se transporta, y su relación con la velocidad de transporte da el volumen de entrega por unidad de tiempo.

Otro procedimiento en el manejo de agregados es el empleado en los patios de almacenamiento para controlar su humedad. Cuando se usa material lavado en las plantas, o simplemente cuando está entregándose con diferentes humedades en las distintas cargas, es necesario mover el material almacenándolo antes de su uso, para que escurra en 24 horas parte de la humedad superficial y se uniforma la cantidad de ésta.

La cantidad del almacenamiento de una planta está determinada por el volumen de producción de la misma. Cuando un almacenamiento es insuficiente, la planta no rendirá un correcto funcionamiento; es indispensable, por otra parte, almacenar agregados en exceso en cualquier tipo de planta, para garantizar el funcionamiento continuo de las mismas hasta terminar los colados que están a su cargo.

Muchas veces se usan conveyors o transportadores para elevar los almacenamientos en los patios aprovechando caídas.

La granulometría del material puede perjudicarse si no se protege debidamente contra el viento. Cuando se usan bull-dozers para subir el nivel de los almacenamientos, no debe dejarse resbalar el material por las laderas de los montones.

El almacenamiento de los agregados constituye uno de los capítulos más importantes de la buena distribución de una planta. Las tolvas de almacenamiento que se usan, tanto en los patios destinados a este propósito para descargar los agregados en los transportadores, como las tolvas altas que se encuentran arriba de la

báscula, deben cumplir con los requisitos que se muestran gráficamente. Ver figura 2. (A.C.I. 614-59. Práctica Recomendada para la Medición, Mezclado y Colocación del Concreto).

Todos estos requisitos se exigen para controlar la uniformidad de la granulometría de los agregados. Una tolva con la boca <sup>de</sup> descarga fuera de centro produce separaciones defectuosas de los agregados.

#### Recepción, almacenamiento y manejo del cemento.

En los principios del concreto premezclado, el cemento era entregado a las plantas en bolsas; pero actualmente la recepción, el manejo y el almacenamiento se hace a granel. Se transporta a las plantas en cajas especiales y se vacía en tolvas; de allí, por medio de transportadores, se deposita en silos de almacenamiento, o bien se descarga directamente de estos silos y, por medio de transportadores se lleva a las tolvas para que quede listo para usarse.

En algunas ocasiones, la recepción del cemento se hace directamente de la descarga a los silos de almacenamiento, y en otras, la descarga se hace poco a poco sobre los transportadores.

En primer caso se obtienen ventajas por la mayor capacidad de recepción, tanto en rapidez como en cantidad. Los silos se encuentran en un subterráneo, o bien se aprovecha un desnivel natural del terreno. En el segundo caso del cemento se descarga en el transportador, generalmente un tornillo sin fin, por medio de una pequeña tolva en donde se almacena el cemento mientras el transportador lo recoge paulatinamente.

Almacenamiento.- Es conveniente en cualquier planta, tener almacenamiento para dos tipos de cemento, por lo menos. En los Estados Unidos algunas plantas se proveen de tres y cuatro diferentes tipos de cemento, que, en cualquier forma, deben estar disponibles para ser cargados en la báscula al instante. El lugar más conveniente para colocar los silos de almacenamiento es, desde luego, un sitio arriba de la báscula para que su caída sea por gravedad. Esto elimina los mecanismos para transportarlo a la báscula, ya que se aprovecha la fluidez por la gravedad ejercida sobre el cemento y no se depende de máquinas para la operación.

Para una planta comercial es necesario disponer de dos clases de almacenamiento; el de las tolvas colocadas arriba de la pesa para la demanda momentánea, que no son, por lo general, de gran capacidad, y desempeñan el papel de depósito previo a su colocación en la báscula; entre tanto, el elevador puede llenarlos o vaciarlos, según sea la demanda en un momento dado, y el elevador o transportador seguirá trabajando.

El otro tipo de almacenamiento es a base de silos de mayor tamaño, que acumulan el cemento en cantidad suficiente para la producción de un día, más o menos. Estos silos pueden estar colocados también encima de la báscula, pero, por lo general, están bajo tierra o al nivel del suelo, y por medio de transportadores se lleva el cemento de ellos a la báscula.

En algunos casos se usan cementos especiales o diferentes a los del proyecto de funcionamiento de una planta. En ocasiones se hace necesario disponer de una bodega protegida contra la intemperie, y de una plataforma elevada para poder descargar los cementos al camión. El uso de los sacos evita la necesidad de pesar el cemento. Aún en plantas que están equipadas totalmente para mover el cemento a granel, se aprovechan estos dispositivos para el empleo de cementos especiales, como son: el blanco, el resistente a los sulfatos, etc.

Las tolvas de almacenamiento y los silos, deben estar herméticamente cerrados y tener un cono de descarga con un ángulo de  $60^{\circ}$  respecto a la horizontal, para que, prácticamente, se descarguen solos; éste contiene la válvula de descarga, que consiste generalmente en rodillos que por su mutua presión sobre un deslizador de hule, cierran el paso del cemento. Además, en el cono existen salidas de aire comprimido que aflojan el cemento, estas salidas están controladas por válvulas de peso. Una inclinación menor de  $60^{\circ}$  con respecto a la horizontal es permitida cuando estas válvulas son perfectamente lisas y están bien diseñadas. Además de las paredes en forma cilíndrica con estructura exterior que las sostiene, constarán de silos de una tapa con ventilación y entrada o acceso a una persona, para inspeccionarlas. El grueso de la lámina en los tres elementos de un silo es, de acuerdo con su tamaño de  $3/16"$  a  $1/2"$  de espesor, aunque también los hay de concreto armado.

El manejo del cemento se hace por medio de tornillos sinfín para transportarlo horizontalmente, verticalmente se realiza subiéndolo por medio de elevadores de cangilones y bajándolo con tuberías.

Los tornillos sinfín impulsados por motores eléctricos baja velocidad, están cubiertos con tapas que los aíslan de la intemperie; en las juntas de la tapa y de la caja se usa un fieltro para evitar la introducción de la humedad; estos van presionados uno contra otro lo que se logra con tornillos con rondanas de presión.

Los elevadores de cangilones también son accionados por motores eléctricos de baja velocidad, y pueden constar de las siguientes partes: una cadena a la que van atornillados los cangilones, dos cremalleras, una bajo y otra arriba, con dispositivos para templar la cadena, y una boca de descarga en la parte superior colocada en el lugar donde voltean los cangilones; esta boca de descarga está conectada con la tubería de lámina que conduce el cemento por la fuerza de gravedad a los silos y a las tolvas. Las esquinas de las cajas del elevador y las que se forman en las uniones de las tuberías deben ser herméticas a la humedad.

Tanto los motores del elevador como los que mueven los tornillos pueden estar controlados por los indicadores de cemento llamados bin-dicators que son membranas de fieltro, o de algún otro material; estos trabajan accionando algún polo eléctrico y pueden conectar o desconectar cierta clase de instalaciones, como una instalación eléctrica que anuncia cuando se ha llenado un silo o tolva por medio de una señal; o bien, pueden controlar la marcha de los elevadores y transportadores del cemento.

Otro método para manejar el cemento es el de la fluidización; consiste en una válvula cilíndrica provista de espas giratorias que dejan un espacio central para el paso del aire, a una compresión relativamente baja que al combinarse con el cemento lo hace correr por tuberías como un líquido. Este sistema puede transportar desde 25 a 500 Kg/min., y a una distancia hasta de 100 m. cuando la tubería no tiene muchas conexiones.

SISTEMA Y EQUIPOS DE TRANSPORTE PARA CEMENTO Y AGREGADOS.

Como ya se dijo anteriormente, la localización de una planta puede estar determinada por el sistema usado para el transporte del cemento y agregados, pero además, este capítulo tiene vital importancia, puesto que representa un porcentaje fuerte de los gastos de operación.

Primero analizaremos los problemas especiales que presenta el transporte de cemento, y después el de los agregados.

Cemento.- El cemento a granel puede ser transportado en camiones de volteo, - en carros del tipo Hoper-Bottom, en cajas con sistema de tornillos conveyors y en cajas con aireación por bandas transportadores.

El cemento es a veces descargado de los camiones de volteo, vaciando la caja poco a poco y haciéndolo resbalar con una pala hasta las tolvas receptoras del material, el cual está encima del tornillo conveyer.

Este sistema de transporte del es el más rudimentario, y, por lo tanto, el más inadecuado; sin embargo, es de gran ayuda en un caso de necesidad, puesto que cualquier caja puede adaptarse casi de inmediato y desmontarse también fácilmente para su uso normal cuando no sea ya necesario para transportar el cemento.

Los carros tipo Hoper-Bottom son usados por su rapidez, por la facilidad que ofrecen para descarga y por su bajo precio. En el tipo de descarga más usado para esta clase de camiones, se coloca el camión encima de un tornillo subterráneo horizontal, en el que descarga por unas aberturas practicadas en la parte inferior, accionado solamente por la fuerza de la gravedad. Esta caída es controlada por unas válvulas de rodillos que presionan un tubo de hule hasta dar la abertura necesaria.

En algunas ocasiones, se si se desea, pueden descargarse estos camiones por la combinación de cemento y aire comprimido que llega a través de las tuberías dispuestas para este objeto en la planta, y que quedarán debajo del camión en el lugar de descarga. También en este tipo de camiones se necesitarán salidas de 1/2" de aire para flojar el cemento en las concavidades que se le formen. Por

medio de una compresora adaptada al camión se puede abastecer también de aire.

Un tercer tipo de caja para transportar cemento lo constituyen las cajas con tornillos conveyors que transportan el cemento hacia la parte posterior del camión, de donde sale por unos tubos de lona que descargan en las tolvas de recepción del tornillo de la Planta. Los tornillos son dos y las paredes laterales de la caja están inclinadas  $60^{\circ}$  respecto a la horizontal. La caída del cemento por gravedad se dificulta, y se hace necesario aflojarlo con salidas pequeñas de aire comprimido. El tornillo puede descargar a un elevador de cagilones que vacíe el cemento desde una parte más alta, o bien, puede descargar a un tornillo vertical capaz de operar más arriba, o por último, a una banda transportadora accesoria del camión que lo distribuya mucho mejor que el propio camión.

Todos estos accesorios para descargar desde partes altas, proporcionan facilidades en el manejo del cemento de la planta.

Por último, el sistema de invención más reciente consta de una caja con una banda transportadora que acarrea el cemento hacia la parte posterior, ayudándose con un sistema de aire comprimido que produce la llamada aireación del cemento,

El aire entra por debajo de la banda, o sea por una tela que permite el paso del aire de abajo a arriba; pero no el paso del cemento hacia abajo; cuando éste se afloja y cae a la banda gracias a la acción del aire; el aire se mueve en dirección de la banda y con este movimiento regula la cantidad de cemento en toda la capacidad de la banda, manteniéndola constante. Este sistema ha eliminado los desgastes mecánicos que se producen, por ejemplo, en los tornillos conveyors, ahorrando los gastos de mantenimiento; por otra parte, aumenta notablemente el volumen del cemento descargado por unidad de tiempo, y, por último, los controles de aire determinan la mayor o menor fluidez del cemento en la descarga, dando a las cajas una flexibilidad que facilita su uso como silos de Almacénamientos móviles cuando su capacidad es de 15 a 80 ton.

TRANSPORTE DE AGREGADOS. Por depender de la naturaleza y tamaño de la operación de una planta, la capacidad del equipo de transporte de agregados y la organi-

zación del movimiento del mismo son de gran importancia.

Hay tres maneras diferentes de efectuar el transporte de los agregados: en cajas de volteo si se transportan los agregados por camiones; en carros tipo tolva cuando se transportan por tren, y en grandes lanchones cuando se transportan los agregados por medios hidrográficos.

Cuando el equipo de transporte está organizado a base camiones, la capacidad de la caja debe estar proporcionada a la cantidad de almacenamiento de la mina. La producción promedio de una planta de concreto se multiplica por 1.3 para obtener el consumo de agregados promedio de la planta en una temporada, dividiendo este consumo entre la capacidad de la caja del camión, obtendremos el número de viajes de transportación. El número de viajes dividido entre el número de unidades nos dará las horas necesarias de trabajo; o bien, si se quiere saber el número de unidades necesario para trabajar durante un tiempo determinado en el día, puede dividirse el número de viajes entre el tiempo disponible de trabajo.

Por otra parte, el número de camiones está también determinado por el tiempo de viaje redondo entre la mina y la planta; dividiendo el número de viajes entre el tiempo de duración de un viaje redondo, obtendremos el número de camiones necesarios para ese día. Los almacenamientos regulan las diferencias entre el consumo de la planta y el abastecimiento del transporte, tendientes a evitar la falta de material en la planta de cualquier momento. El almacenamiento en la mina regula la producción de la misma y el ritmo de transporte de los agregados a la planta, al igual que el almacenamiento de ésta, estará calculado para cubrir las deficiencias de los agregados en relación con el consumo de la planta.

Debido a la importancia del tiempo empleado en un viaje redondo, los camiones deberán reunir las siguientes características; contar con la máxima capacidad, de acuerdo con sus posibilidades; cuanto mayor volumen puedan transportar, es mejor (transportes de 3 hasta 25 M<sup>3</sup>); deberán realizar un movimiento rápido entre la mina y la planta y contar con elementos para descargar fácilmente. Todos estos factores hacen posible reducir el tiempo del viaje redondo del camión.

En el transporte por ferrocarril se presenta un problema similar; las unidades

de transporte deben ser más grandes y solamente se usarán cuando el sistema ferroviario esté perfectamente organizado; la entrega de cada unidad es de suma importancia, por lo general, la máquina transporta en un solo viaje los carros necesarios para el consumo de todo el día y los deja en el escape con una pequeña pendiente, a fin de moverlos después sin necesidad de tracción. Cada carro almacena de 15 a 20 M3. aproximadamente y cuenta con descarga por gravedad en el fondo, operada por una compuerta mecánica.

La vía corre con una pendiente suave por encima de las tolvas receptoras de material y los carros se desplazan por arriba de ellas para descargar, soltando los frenos cuando ha descargado y los transportadores ha recogido todo el material dejando paso al siguiente carro. Los carros son cargados por medio de tolvas colocadas encima de la vía.

El transporte marítimo es el que proporciona mayor capacidad; los barcos destinados a este objeto tienen como vía de descarga una pala de almejadillas o bandas transportadoras móviles que hacen posible una rápida operación de descarga a los patios de almacenamiento; desde allí tractores-pala los llevan hasta las tolvas de los transportadores. Los barcos o lanchones anclan en la ribera del río, lago o dique, muy cerca de los patios de almacenamiento.

#### SISTEMA DE ENTREGA DE CONCRETO.

Este inciso es, sin lugar a duda, el más importante en el funcionamiento de una planta de concreto, porque de él depende la producción; es importante también en cuanto al proyecto de una planta, por ser el sistema de entrega de concreto el renglón que implica la mayor inversión económica. La historia del desenvolvimiento del equipo de entrega de concreto es la misma del concreto premezclado, puesto que, en un gran porcentaje, éste ha progresado gracias a los adelantos en el equipo, tanto en el de entrega como en el de la planta.

El sistema de entrega del concreto se determina por el tipo de operación de una planta; cuando el tipo es de mezclado central, el equipo de transporte puede ser agitador o no-agitador; cuando es de mezclado en tránsito, el equipo de transporte es de camiones-revolvedora. Para nuestro objeto y, en general,

se considera así, el equipo mezclador y el equipo agitador están constituidos por el mismo camión-revolvedora, usándolo como mezclador una vez, y otra como agitador.

Selección del equipo.- Después de un análisis del mercado en el caso de una planta comercial, y del equipo acondicionado al tipo de servicio que va a prestarse, y se necesita determinar la naturaleza y tamaño de la unidad, atendiendo a la mayor economía y flexibilidad de la operación. El tamaño más adecuado que proponemos al hacer este estudio, puede pasarse algunas veces del punto límite de las restricciones de carga máxima impuestas por las disposiciones legales de caminos; sin embargo, deberá usarse el tamaño más aproximado al ideal según el uso que vaya a dársele; se requiere un estudio muy cuidadoso entre las restricciones legales y las alternativas que ofrecen los fabricantes de camiones con respecto a la repartición de la carga, que son: el número de ejes, el tamaño de las llantas, el espacio entre ejes, etc., y puede darse el caso de que un chasis con tres ejes permita el uso de la revolvedora de máximas dimensiones, y de que la inversión adicional pase a ser de relativa importancia.

El siguiente paso en la selección del equipo de entrega es buscar la mejor calidad para atender a las necesidades de una operación en particular, o de las operaciones propias de un mercado ya analizado.

En un mercado donde la competencia es aguda o está creciendo, y en el que el servicio de entregas, la dependencia de los clientes, la calidad del producto y la flexibilidad de las operaciones son los factores que afectan más las ventajas, puede ser que una mayor inversión para adquirir equipo de calidad, coloque al productor en una situación muy ventajosa con respecto a los demás productores, al grado de no admitir competencia en cuanto a las especificaciones, por distribuir el concreto con equipo de máxima calidad.

Si de la unidad de entrega de concreto se deben obtener dependencia y eficiencia, ésta deberá satisfacer los siguientes puntos:

1.- Entregar concreto de alta calidad en el punto exacto y con la calidad requerida por el sistema de colado dispuesto en la obra, y con un costo de operación y mantenimiento tan bajo como sea posible.

2.- Ser capaz de transitar por caminos o accesos a las obras en malas condiciones (atascamientos, pendientes pronunciadas, etc.).

3.- Emplear el menor tiempo posible en el trayecto a las obras.

4.- Perder el menor tiempo posible en reparaciones, es decir, que todas las piezas han de ser desmontables con facilidad.

5.- Contar con facilidades para mantener limpio el equipo en un trabajo de operación que implique muchas dificultades para su limpieza.

CAMIONES-REVOLVEDORAS. El camión-revolvedora es una revolvedora de concreto portátil y completa, arreglada para instalarse en el chasis de un camión. La unidad incluye usualmente un tanque medidor de agua, con sistema distribuidor, una abertura para cargarse, con puerta, así como una abertura para descargar, con una su puerta también, y en algunos casos, recipiente revolvedor que gira sobre las chumaceras o baleros, mecanismo para tomar fuerza y control de dirección y vigas que forman el sub-chasis.

Uno de los tipos de camión-revolvedora consiste en espahelicoidales en el sentido longitudinal del recipiente. Son recipientes abiertos en la parte superior, parecidos a un molino. El término mezclador en tránsito o revolvedora portátil es aplicado generalmente a toda clase de recipientes.

Actualmente hay dos clases de recipientes de camiones-revolvedora; la revolvedora horizontal y la cónica o de eje inclinado. Por lo general, las horizontales tienen un diámetro mayor que la longitud; la puerta de carga está en la cara lateral de la revolvedora y la descarga en la parte posterior; las espas -- están arregladas en forma tal que el concreto camina hacia atrás o hacia adelante, según el sentido en que gire el recipiente.

La rotación para mezclar es la primera operación para empujar el concreto hacia el frente del camión por las espas helicoidales, es decir, hacia el fondo de la revolvedora; el sentido de rotación de la revolvera durante la descarga

hace que las aspas impulsen el concreto hacia la puerta de descarga que está en la parte trasera del camión.

La revolvedora cónica tiene su eje en ángulo con la horizontal para que la abertura final de la misma quede más elevada y permita una descarga más alta; estas revolvedoras son llamadas generalmente de eje inclinado. El recipiente está equipado con aspas especiales que proporcionan mayor eficiencia, al combinar la relación de la longitud al radio del recipiente, con el tipo de aspas usadas. Las aspas están dispuestas de tal manera que empujan el concreto hacia el frente, es decir, hacia la parte cerrada del recipiente cuando éste gira en sentido de rotación de mezcla; y cuando gira en sentido contrario para descargar, las aspas giran empujando al concreto hacia la puerta de descarga, o sea la parte superior de la revolvedora.

En este tipo de revolvedora, la puerta de carga está en la cara lateral del recipiente, igual a la puerta de las horizontales, y la descarga en el extremo elevado en la parte posterior. En otros modelos, la carga es realizada a través de una tolva cónica puesta en la parte superior de la revolvedora. En la actualidad todas las fábricas de revolvedoras han dispuesto su descarga de tal manera que se realice debajo de la tolva de carga de los materiales; el concreto es forzado por las aspas hasta hacerlo caer en las canales con el giro del recipiente en sentido inverso al de cargar.

Esta innovación en la parte trasera de la revolvedora previene toda posibilidad de que el concreto sea necesariamente segregado en la descarga, pues no se produce ningún rozamiento con la puerta como había sido observado en los viejos modelos; en éstos, el cemento y los agregados finos alían primero, seguidos por el agregado grueso que había sido detenido por la abertura de la puerta que regulada la salida del concreto.

Las revolvedoras portátiles usualmente incluyen tanques medidores de agua y sistemas de distribución, así como la introducción de la misma en el recipiente para su mezcla con los materiales. Para acelerar el proceso de la mezcla del agua, una pequeña bomba centrífuga o bomba de acción rotativa es intercalada en

el sistema de distribución de agua. En el interior de la revolvedora está localizado el tubo de introducción en el eje longitudinal del recipiente. El agua entra en la revolvedora a través de campanas con agujeros pequeños que pulverizan el agua gracias a la presión de la bomba.

Hay diferentes métodos para controlar la medida del agua y su correcta dosificación:

1.- Llenando completamente el tanque medidor y contando con el manejo de un vertedor interior del tubo colocado hasta el nivel del agua que se requiere para la mezcla, y controlándolo por medio de un calibrador del tanque en la parte exterior, el cual da paso al interior del recipiente solamente al agua que está arriba del vertedor.

2.- Lavando el tanque con una cantidad exacta de agua para la siguiente carga de concreto; ésta se conoce por un sistema de medición propio del camión. La cantidad de agua de la carga se completa en la planta.

3.- Introduciendo en la revolvedora, al cargarla, la cantidad exacta de agua requerida para la mezcla con los agregados y el cemento.

Las dos últimas alternativas requieren un equipo medidor de agua muy exacto instalado en la planta, y un doble compartimiento en el camión, con suficiente dotación de agua para lavarlo si se requiere el uso de la revolvedora, y evitar así que el concreto se pegue en el interior de la misma, especialmente a altas temperaturas. La cantidad de agua empleada en el lavado debe ser medida cuidadosamente si se quiere usar en la siguiente carga del camión, para lo cual los camiones cuentan con tanques de lavado especiales para que la cantidad de agua sea siempre la misma. Todas las partes del sistema de distribución e introducción de agua, y en particular las válvulas, deben ser revisadas constantemente para obtener un concreto de resultados técnicamente controlables.

Las revolvedoras portátiles o los camiones-revolvedoras son usados para agitar una carga de concreto de una planta central, o como mezcladoras de tránsito de una planta proporcionadora de agregados. Como un agitador transporta concreto yamezclado, esta clase de revolvedoras no requiere tanques de agua o sistema de

tubería distribuidora para introducirla en el recipiente, y usualmente no está equipada con estos accesorios; sin embargo, muchos agitadores vienen equipados con un pequeño tanque de agua para lavado.

La N.R.M.C.A. y la organización de fabricantes de revolvdoras especifica la operación de los camiones-revolvedora. Estas organizaciones americanas operan en unidades del sistema inglés y nos vemos en la necesidad de reproducirlas en estas unidades. Estas especificaciones incluyen todos los camiones-revolvedoras y agitadores designados como estándar por la asociación de fabricantes, y se distinguen por una placa especial que concede la misma asociación; los camiones que portan estas placas están sujetos a revisiones de esta asociación para comprobar el cumplimiento de las especificaciones.

El tamaño de la unidad debe ser especificado en esta placa por un número que marque la capacidad de la revolvedora en yardas cúbicas, cuando el camión sea usado como mezclador. La placa indica también su capacidad como agitador, pero la capacidad señalada en ocasiones es la normal, y se permite su uso en algunos casos con 1/2 yarda cúbica más.

Hay tres tipos de mezcladores estándar; la revolvedora de eje horizontal, la revolvedora de eje inclinado y la revolvedora de boca abierta y aspas helicoidales. Las capacidades señaladas en la tabla siguiente son estándar para todas ellas.

Capacidades normales en yardas cúbicas de concreto mezclado cuando el mezclador es usado como:

Mezclador en tránsito	Agitador
2 1/2	3 3/4
3	4 1/4
3 1/2	5
4 1/2	6 1/4
5 1/2	7 1/2
6 1/2	9
7 1/2	10 1/4

Ningún volumen intermedio es considerado estándar, con excepción de los tamaños mayores de 7 1/2 yardas cúbicas, incrementados por una yarda, que serán considerados como tales, si corresponden a unas curvas de volumen especificadas. Todas estas unidades deben estar garantizadas por el fabricante para revolver media yarda cúbica mas como mezclador.

También se especifican por esta asociación los límites de los volúmenes aproximados de las revolvedoras. En el caso de la revolvedora cerrada, es el volumen total del recipiente de mezcla. En el caso de las de boca abierta es el volumen total del recipiente hasta rebosar por la boca, calculando sobre la base de que ninguna medida del contenido excede dos veces el radio de la sección circular.

Máximo capacidad  
en yardas cubi-  
cas de concreto  
mezclado

Volumen aproximado para diferentes  
tipos de mezcladoras en M3.  
Eje. horiz. Eje. inclinado Boca -  
abierta.

Como Mezcl.	Como Agitad.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
2 1/2	3 3/4	3.71	3.59	3.65	3.54	3.44	3.31
3	4 1/4	4.39	4.27	4.30	4.19	4.10	3.99
3 1/2	5	5.05	4.94	4.91	4.80	4.75	4.64
4 1/2	6 1/4	6.40	6.30	6.19	6.08	6.10	5.99
5 1/2	7 1/2	7.78	7.65	7.41	7.32	7.40	7.30
6 1/2	9	9.10	8.99	8.70	8.60	8.71	8.61
7 1/2	10 1/4	10.45	10.30	10.0	9.90	10.10	9.95

La N.P.M.C.A., hace recomendaciones adicionales acerca de las relaciones, para vigilar, que no excedan de la capacidad de la revolvedora con respecto a estos volúmenes; 1) No más de 57.5% del volumen, cuando las revolvedoras son usadas como mezcladoras. 2) No más de 80%, cuando se usan como agitadores de concreto a medio mezclar. 3) No más de 70%, cuando agitan concreto totalmente mezclado.

En cuanto a los tanques de agua, se especifica que si la unidad está equipada con dos tanques, uno para mezclar y otro para el lavado, la capacidad total de ellos

deberá exceder a los 45 gal. por yarda cúbica de la capacidad de la revolvedora, y deberá disponerse de una división especial para la medi-automática del agua, de un calibrador observable a simple vista o de un medidor, o bien, de una combinación de ambos.

El calibrador deberá estar limpio cuando sea usado. Los equipos de medición deberán ser aproximados hasta el 1% de la capacidad total de los tanques cuando el camión esté parado y pueda ser observado a nivel. Deberán tener facilidades para comprobar su calibración. Si realmente tiene instalado un tanque de lavado, su capacidad no deberá exceder de 25 gal. por-yarda cúbica de la capacidad de la revolvedora. Una bomba completará el sistema, la cual deberá introducir agua a una velocidad no menor de 25 gal. por minuto.

Las revolvedoras portátiles pueden accionarse por el mismo motor del camión o por un equipo independiente de fuerza motriz. El primer caso es imposible de usar en el sistema de mezclado central si no se estaciona el camión durante la mezcla, ya que es el que proporciona la fuerza necesaria para mezclar. Una de las ventajas que se obtienen de este sistema es que la fuerza adicional para agitar el concreto es muy pequeño que la fuerza adicional para agitar el concreto es muy pequeño cuando el camión está en marcha, y su mantenimiento se simplifica mucho al tener una sola máquina operando.

El montaje de la toma de fuerza desde el motor del camión es complicado, ya que las conexiones requeridas por la transmisión del camión puede interferir con frenos o en cualquier otra parte del chasis. El equipo que tiene una máquina aparte es desmontable más fácilmente que el sistema anterior, y permite una reparación más rápida.

EQUIPO NO AGITADOR DE ENTREGA DE CONCRETO. - Independientemente de que puede ser usado sólo en plantas de mezclado central, muy pocos operadores usan cajas diseñadas especialmente para la entrega del concreto premezclado. Las cajas deben impedir completamente el paso del agua, estar lisas en toda su superficie y tener una boca que deberá estar tapada, a la cual concurra el concreto al levantarse la caja por medio de un sistema hidráulico; esta tapa movable puede controlar la velo

cidad de descarga. Este equipo ofrece desventajas.

Las desventajas son las siguientes: su uso implica una menor inversión, hay un menor costo de mantenimiento, no hay peligro de alteración del concreto por la adición de agua o por el exceso de agitación que cause segregaciones o pérdidas importantes del aire incluido, y, por último, se puede usar también para cargar otros materiales mojados o en seco.

Las desventajas son muy poderosas, sobre todo para el operador comercial de concreto; el concreto debe ser entregado en un término de 45 min. y la inclusión de aire es necesaria para prevenir la segregación. Una planta equipada en esta forma exclusivamente, no puede competir en el mercado mas que con estas dos restricciones, para satisfacer un mínimo de especificaciones.

Sin embargo, en operaciones de otro tipo ha trabajado con éxito por el empleo del aire incluido, y se han llegado a tener excelentes resultados en la calidad del concreto en trayectos hasta de 16 a 20 Km. con un tiempo de acarreo mínimo de 45 min., y hay reportes en la N.R.C.A., de operaciones a distancias mayores. La acción del aire incluido que ha cooperado en un 95% alogar estos éxitos, consiste en evitar la segregación y el sangrado del concreto. El revenimiento en estas operaciones puede variar desde 3 hasta 13 cm..

**ABASTECIMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE AGUA.**- Los elementos de que debe disponer una planta para el almacenamiento de agua son tres, generalmente, dados los diferentes tipos de plantas: 1o. Tanques elevados; 2o. Tanques de almacenamiento subterráneo y 3o. Tanques dosificadores, ya sean pesadores o del tipo de sifón que controla por volumen.

Los tanques a nivel del suelo o subterráneos deberán almacenar la cantidad de agua necesaria para el funcionamiento de la planta durante una jornada de trabajo. Estos tanques pueden ser eliminados en plantas que trabajan para un solo proyecto u obra y que tienen abastecimiento seguro y continuo; pero en las plantas urbanas, y en particular las comerciales que funcionan para una gran cantidad de proyectos, aunque el abastecimiento sea muy seguro es necesario tener ese tanque para garantizar el trabajo continuo en una planta de concreto, ya que si

ocurre una descompostura en la red de distribución de la ciudad, el paro del abastecimiento puede llegar a durar algunas horas, o quizás una jornada entera (usualmente, esta es la duración de los paros de abastecimiento municipal en la Ciudad de México). Esto traería como consecuencia la interrupción de los colados y vaciados que estuvieran sirviendo la planta, con serias consecuencias de orden técnico y graves perjuicios económicos. La capacidad delos tanque varía de 50 a 100 M3. y alcanza para producir de 200 a 400 M3 de concreto.

El segundb tipo de almacenamiento consiste en uno o varios tinados elevados que tienen una capacidad variable de 1000 a 5000 litros por tanque. La función de estos tanques puede ser, en operaciones pequeñas, la de almacenamiento general del agua necesaria para la planta; esto sucede, como ya se dijo antes, en plantas que sirven a un proyecto solamente; en estos casos, los tanques almacenan el agua de tal manera que nunca le falte al dosificador, porque si se opera solamente durante el tiempo necesario para cargar un camión, esta operación está sujeta al tiempo de abastecimiento del agua. En las plantas comerciales o de gran importancia, también se hacen necesarios como pasos intermedios entre los grandes tanques de almacenamiento general y el pesador de agua, pues su uso resulta más económico que un sistema de bombas para elvar el agua al pesador a una velocidad tal que permita abastecerlo aún durante las demandas mayores, que pueden llegar a 300 lt/min.; en este caso funcionan como reguladores, porque si las bombas les proporcionan una cantidad media de agua, es decir, el gasto necesario para el día en una forma continúa, estos tanques elevados pueden descargar en un momento grandes cantidades de auga, por gravedad, y son un recurso cuando se presenta una intensa demanda. El tamaño de la tubería puede llegar a ser hasta de 4", puesto que mueve fuertes volúmenes a una velocidad bastante grande.

El último tipo de almacenamiento de agua esel mismo dosificador, en caso de que la operación lo requiera. Hay dos tipos de medidores: de volumen o de peso. En el primer caso el tanque se llena de agua hasta el nivel superior de los mismos, controlando este nivel por medio de un flotador. El volumen se mi-

de descargando hasta el nivel correspondiente, y este nivel se observa en un tubo exterior comunicado en fondo con una salida del tanque. Este tipo de medición permite que el tanque tenga siempre toda la cantidad de agua, pues es posible llenarlas mientras se descarga la pesa, y está listo para la siguiente carga inmediatamente terminada la del camión anterior.

La báscula de agua es automático en la mayoría de las plantas. En los brazos graduados de la báscula se anota la cantidad de agua que se necesita para una carga de concreto, se abre por electricidad una válvula de entrada y se inicia la caída del agua en el tanque que sostiene la báscula, hasta llegar a la cantidad señalada; entonces se equilibra ésta y el fiel acciona los controles eléctricos de la válvula cerrándola automáticamente. Se abre la válvula de salida, que es generalmente de cuatro pulgadas, y descarga en unos segundos toda el agua; en este caso, los tanques se llenan con diferentes cantidades de agua.

En ambos procedimientos los medidores sólo almacenan la cantidad de agua necesaria para cargar un camión. Su objeto además de medir esa cantidad, <sup>es</sup> no entorpecer la carga del camión, sino efectuarla mientras se llena el tanque para cargar el siguiente, ya que emplea muy poco tiempo en su descarga.

Sin embargo, hay plantas que no tienen ninguno de estos tres tipos de almacenamiento y en las que se mide la cantidad de agua por medio de contadores o medidores de gasto de una tubería. Estos aparatos tienen dispositivos para una correcta medición del gasto del agua independientemente de las variaciones de presión.

Se deja dicho además que pueden existir plantas con los tres tipos de almacenamiento, con uno solo, o bien, con la combinación de dos tipos diferentes entre los tres antes expuestos, y que además puede medirse la cantidad de agua por medio de los tanque de que están provistas las revolvedoras portátiles.

ENERGIA NECESARIA Y FORMAS DISPONIBLES. Casi la totalidad de los motores de las máquinas de una planta de concreto premezclado están accionados por energía eléctrica. Hay otras formas de energía que aunque son empleadas en muchos proyectos se usan indirectamente para producir energía eléctrica, tales como la fuerza motriz generada por motores de gasolina y diesel. Pero, en general, nin-

gún elemento es accionado por otro tipo de energía. Lo único que se acciona en ocasiones por motores de gasolina son las revolvedoras estacionarias en plantas que operan con el tipo de mezclador-central y las compresoras de aire.

Los motores eléctricos son los más convenientes en una planta, puesto que su velocidad de rotación es uniforme, ofreciendo grandes ventajas para transportadores, elevadores, tornillos sin fin, etc. Todas estas máquinas exigen para su funcionamiento una potencia estable dentro de ciertos límites, que sólo la energía eléctrica puede mantener; ofrecen además controles más sencillos cuando esta potencia falla. Por otro lado, todos los elementos accesorios a la planta, como serían las máquinas de un taller mecánico., compresoras de aire, etc., están diseñadas con motores eléctricos en su mayoría.

De acuerdo con el tamaño de la planta, la potencia de los motores varía entre estos límites; elevadores de agregados de 3 a 30 H.P.; elevadores de cemento de 5 a 20 H.P., (con combinación para mover el tornillo sin fin por el mismo motor), compresora de aire de 5 a 15 H.p; bombas de agua de 1 a 10 H.P., motor de la revolvedora de 20 a 30 H.P.

Como se ve, los motores más grandes corresponden a los elevadores de agregados, ya sean de banda o de cangilones; esto obedece no tanto a la capacidad de carga de los mismos, sino más bien a la velocidad con que se mueven los agregados; los que mueven alimentadores de bandas principales son pequeños.

Dadas las clases de corriente urbana y la capacidad de los motores, todos éstos, o una gran parte, están diseñados para usar una corriente trifásica en un voltaje de 220 ó 440 volts.; sólo motores pequeños son monofásicos y con una corriente de 100 volts. Hay casos en que el gasto de amperaje es tan elevado, o en que hay una distancia tan grande a la planta generadora, que el montaje de una sub-estación resulta más económica; sin embargo, en la mayoría de los casos, como es el de las plantas urbanas, es suficiente el empleo del transformador medio que se usa en las zonas industriales.

El cálculo de la potencia que necesitan los motores de elevadores y transportadores de una planta, está basado en la potencia necesaria para mover los in-

gredien es del concreto, multiplicando su capacidad volumétrica por el peso volumétrico, conocido ampliamente por los diseñadores de sus proporciones en el concreto; el uso de arrandadoras, muy generalizado en motores de este tipo, ofrece facilidades para la sobrecarga, por el movimiento, el cual necesita también de una energía debidamente calculada. (En el capítulo III se describe el método de cálculo de potencia para estos motores).

Sin embargo no se usa solamente energía eléctrica en una operación completa de concreto premezclado. La mezcla del concreto requiere una energía que es en la mayoría de los casos la fuerza motriz o mecánica de los camiones, por un doble concepto: la operación de mezcla de la revolvedora y el transporte del camión a la obra. Los motores de los camiones son generalmente los más potentes que hay en el mercado, variando su potencia entre los 150 a 250 H.P. En cuando a los motores de la revolvedora con unidad motriz propia, actúan para tamaños medios con una fuerza de 60 H.P.

#### REFERENCIAS.

Guía para la fabricación y Control de Concreto en Obras Pequeñas. U.M. Mena F. y Santiago Lera.

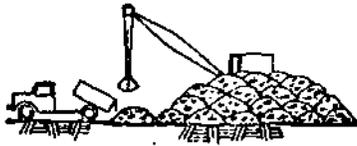
Instituto de Ingeniería. Marzo de 1972.

A.C.I. 614-59, Práctica Recomendada para la Medición, Mezclado y Colocación de Concreto. Traducción autorizada del I.M.C.Y.C. 1969.

A.S.T.M. C-94-69. Especificación para el Concreto Premezclado. Traducción autorizada del I.M.C.Y.C. 1970.

Concrete Manual. Bureau of Reclamation. U.S.A. Séptima Edición 1963.

**LOS METODOS INCORRECTOS DE ALMACENAR AGREGADOS CAUSAN SEGREGACION Y ROTURA DE PARTICULAS**



**PREFERIBLE**

La grúa u otro medio de apilar el material en unidades no mayores que la carga de un camión, permanece en su lugar sin desfilizar



**OBJETABLE**

Métodos que permiten el agregado dosificaras tan pronto es echado a la pila, o permite que el equipo opere en el mismo nivel repetidamente

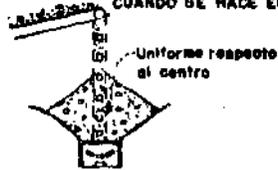


**ACEPTABILIDAD LIMITADA — GENERALMENTE OBJETABLE**

Pila construida radialmente en capas horizontales con un "bulldozer" o método que el material sea por la banda transportadora, se necesita una capa rocosa para esta disposición

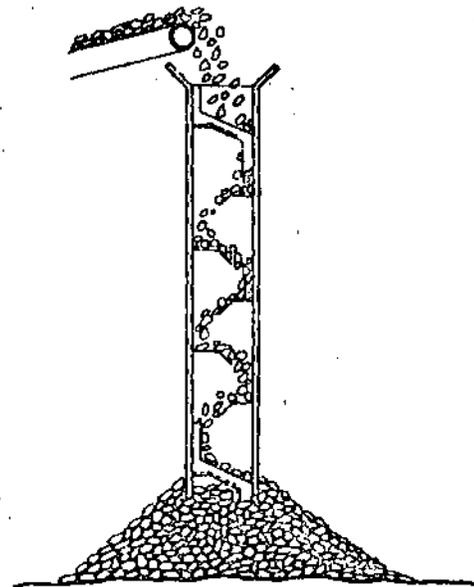
"Bulldozer" que apila las capas progresivamente en pendientes no menores que 3:1. A menos que el material sea resistente a fracturas, estos métodos son objetables

**FORMA DE ACUMULAR EL ADREGADO GRUESO CUANDO SE PERMITA (EL ADREGADO ACUMULADO DEBE SER CRIBADO EN LA PLANTA DE DOSIFICACION; CUANDO SE HACE ESTO NO SE REQUIERE NINGUNA RESTRICCIÓN EN EL ALMACENAMIENTO)**



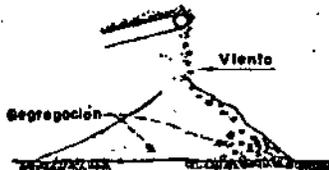
**CORRECTO**

Caída en el extremo de la banda transportadora para evitar que el viento segregue los materiales fino y grueso. Tiene aberturas adecuadas para descargar los materiales e evitar alifurcas de la pila



Cuando se apilan agregados de gran tamaño desde bandas transportadoras altas, se disminuyen las fracturas usando una conducción de escotera

**ALMACENAMIENTO DE ADREGADOS PROCESADOS**



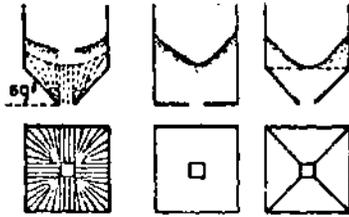
**INCORRECTO**

Caída libre del material a la pila que permite que el viento segregue el material fino del grueso

**ALMACENAMIENTO DEL ADREGADO FINO O SIN PROCESAR (MATERIALES SECOS)**

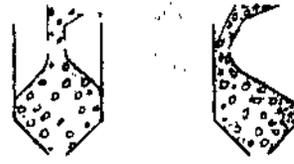
*Fig. 1—Formas correctas e incorrectas de manejar agregados.*

**LA UNIFORMIDAD DEL CONCRETO ESTÁ AFECTADA POR LA DISPOSICIÓN DE LAS TOLVAS DE SUMINISTRO Y DE LAS BASCULAS DOSIFICADORAS**



**CORRECTO**  
Fondo con una inclinación de 60° respecto a lo horizontal en todas direcciones y hacia la salida; tolva con las esquinas redondeadas adecuadamente de modo que todo el material se mueva hacia la salida

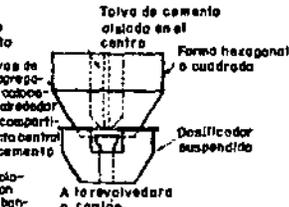
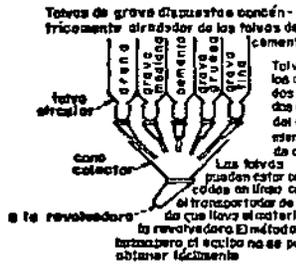
**INCORRECTO**  
Tolvas de fondo plano o con cualquier combinación de pendientes que tengan esquinas o áreas tales que no fluya todo el material libremente hacia la salida sin necesidad de patearse



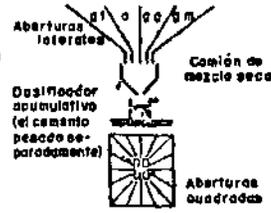
**CORRECTO**  
El material cae verticalmente en la tolva directamente sobre la abertura de salida permitiendo la descarga de un material más uniforme

**INCORRECTO**  
Caida del material en la tolva en un ángulo cualquiera. El material que no cae directamente sobre la abertura generalmente pierde uniformidad al descargarse.

**INCLINACIÓN DEL FONDO DE LAS TOLVAS PARA AGREGADOS**



**LLENADO DE LAS TOLVAS**

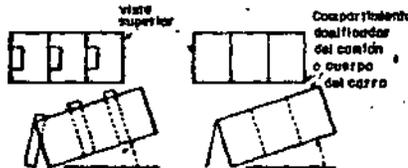


Las tolvas pueden estar colocadas en línea con el transportador de banda que lleva el material a la revolvedora. El método es sencillo pero el costo no se puede obtener fácilmente

**BUENA DISPOSICIÓN**  
Distribución automática del peso de cada tipo presente en básculas dosificadoras individuales que descargan a través del cono colector directamente a la revolvedora. Descarga controlada del cemento simultáneamente a la introducción de los agregados. Dosificadoras aisladas de la vibración de la planta. Permite corrección por sobrecarga.

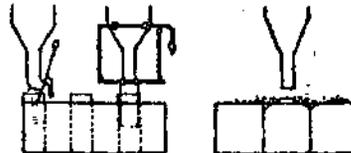
**DISPOSICIÓN ACEPTABLE**  
Agregados pesados automáticamente en forma separada o acumulada. Cemento pesado separadamente. Dosificadoras aisladas de la vibración de la planta. Equipo para registrar el peso completamente visible al operador. Secuencia adecuada en la descarga de los materiales necesarios. Evita que los agregados fluyan constantemente sobre los materiales en las tolvas. No permite correcciones por sobrecarga.

**ESTOS ARRECOLOS LIMITAN LA UNIFORMIDAD**  
Cada uno de los grupos de las tolvas de descarga de arriba causan grandes inclinaciones del material y producen segregación y no uniformidad



**CORRECTO**  
Proporciones compartimentales apropiadas de tamaño y profundidad adecuadas, unidas y operadas con una computadora en cada compartimento.

**INCORRECTO**  
El cemento que cae sobre o dentro del agregado podría ser arrastrado por el aire, prehidratado parcialmente o podría deshidratarse en otro compartimento en la caída



**CORRECTO**  
Caida del cemento controlada con una manguera de longitud para la descarga o con un tubo telescópico flexible

**INCORRECTO**  
La caída libre del cemento en el carro o cañón produce pérdidas, y es frecuente que el material de un compartimento pese al otro

**DISPOSITIVOS PARA LOS COMPARTIMENTOS DEL CEMENTO**

**LLENADO DE LOS COMPARTIMENTOS DE CEMENTO**

**EQUIPO DE DOSIFICACION**

**Fig. 2—Procedimientos de dosificación correctos e incorrectos.**

SISTEMA DE FLUIDIZACION PARA  
EL MANEJO DEL CEMENTO

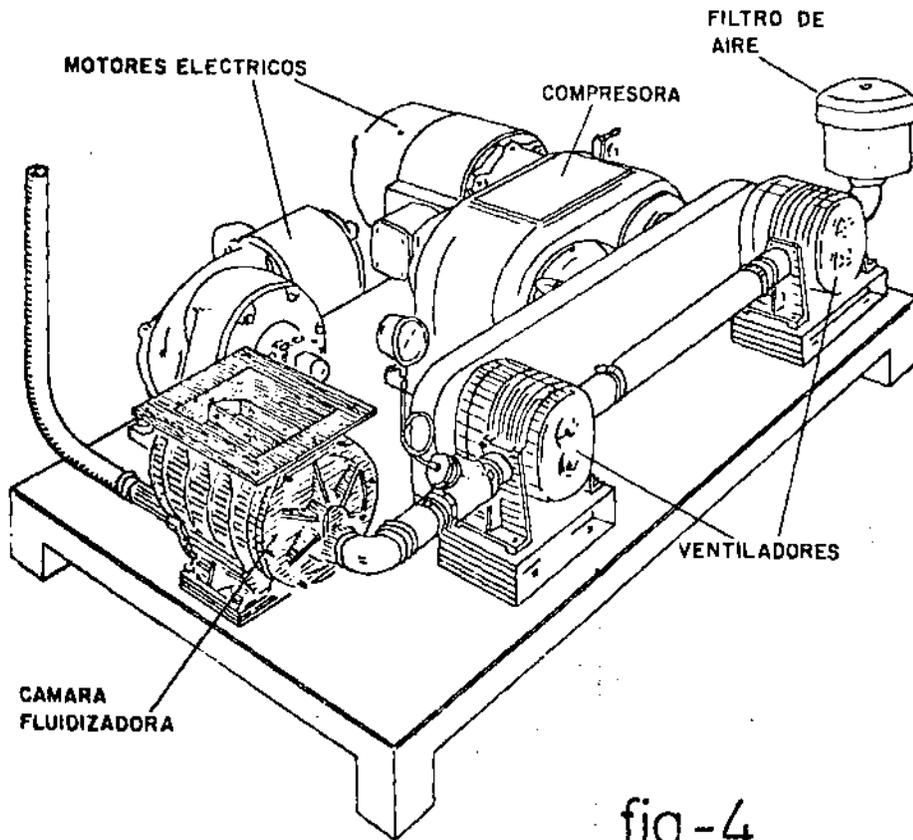


fig.-4

TANQUE PARA TRANSPORTE DE CEMENTO A GRANEL TIPO  
HOPPER - BOTTOM

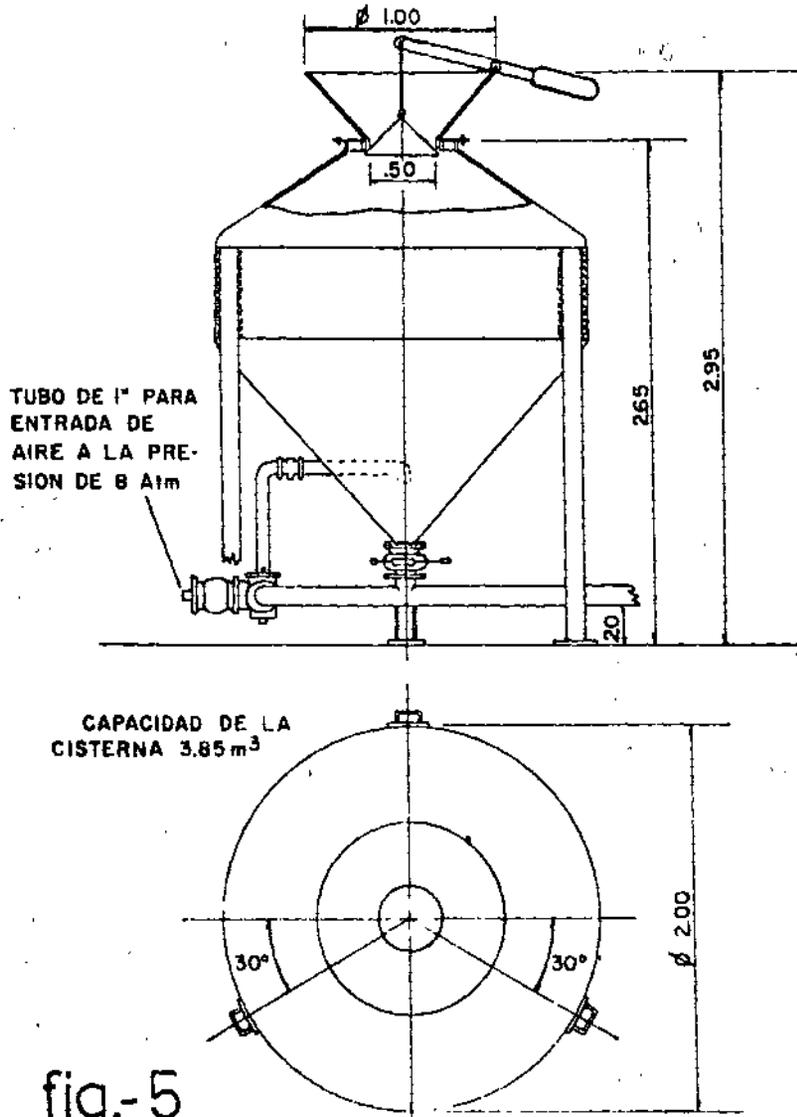


fig.-5

CAJA PARA TRANSPORTE DE CEMENTO A GRANEL

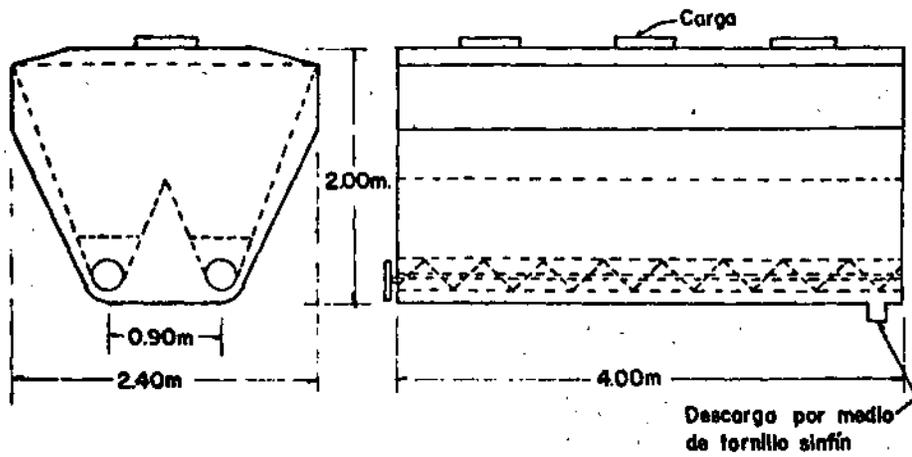


fig.-6

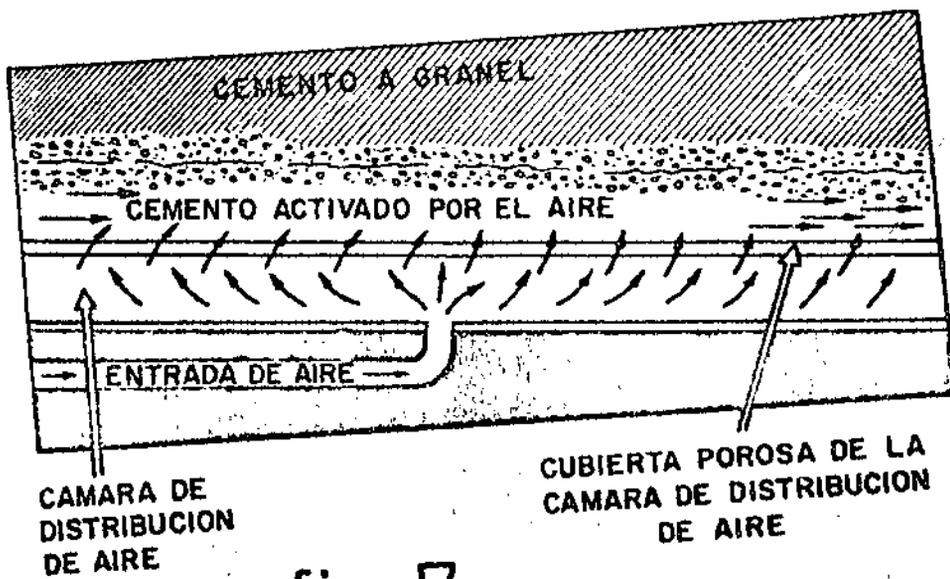


fig.-7



OBJETO:

### EJERCICIO PRODUCCION DE CONCRETO

Una empresa constructora, contrató la construcción de una estructura de concreto de 3 niveles con la Secretaría de Obras Públicas, con un volumen de -- concreto de 250 M3, y en un plazo de 3 meses. La resistencia del concreto -- deberá ser de 200 Kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días con agregado de tam. Máximo de 20 -- mm, por la disposición y cantidad del acero de refuerzo, y deberá cumplir -- con las siguientes especificaciones:

De conformidad con el inciso 2-07-8 de las Especificaciones de Construcción-SOP, el Contratista deberá efectuar pruebas de resistencia de probetas obtenidas del concreto que elabora.

... "Un concreto elaborado cumple con la F'c de proyecto si a los veintiocho -- (28) días de edad, satisface lo indicado a continuación:

- a) Cuando se trate de zapatas, contrataves, trabes, muros y losas, el promedio de las resistencias de cinco (5) muestras consecutivas obtenidas del concreto colado en un -- día, curadas en laboratorio, deberá ser por lo menos -- igual a noventa y nueve centésimos (.99) F'c. Una muestra debe constar de dos (2) especímenes obtenidos de la misma bachada y se requieren cuando menos cinco (5) muestras de cada clase de concreto colado en un (1) día ó -- por cada 60 M3. de concreto.
- b) Cuando se trate de columnas ó elementos preesforzados, -- el promedio a que se hace referencia en el párrafo anterior, debe ser por lo menos igual a 7.0 centésimos -- (1.07) F'c.
- c) Además, el coeficiente de variación de las resistencias -- obtenidas de la población de las muestras deberá ser no mayor de 15 centésimos (0.15) del cual se podrá hacer -- una primera determinación con los resultados obtenidos -- con las diez (10) primeras muestras. Se entiende por -- coeficiente de variación el coeficiente que resulta de -- dividir la desviación estándar entre el promedio de las resistencias obtenidas.
- d) Si el coeficiente de variación de la población de las -- muestras resulta menor de 0.15 la Secretaría fijará en -- cada caso los promedios mínimos de las resistencias a -- que se refieren los párrafos a y b...

En caso de que la Secretaría autorice al Contratista a no instalar un laboratorio de campo, éste tendrá la obligación de enviar los cilindros de prueba a un laboratorio particular aprobado por la Secretaría, siendo por cuenta de el Contratista el costo que resulte de éstas pruebas.

El resultado de dichas pruebas se entregará a la Secretaría y deberá satisfacer lo estipulado en éstas Especificaciones Complementarias.

Por otra parte, La Secretaría verificará la calidad de los concretos cada -- vez que juzgue necesario.

###

2) Los costos de los materiales, son los siguientes: (puestos en obra)

Cemento	\$ 300.00	Tonelada	(Normal en Bolsas)
"	" 330.00	"	(Resistencia Rápida en Bolsas)
Arena	" 40.00	M3.	
Grava 20 mm.	" 40.00	M3.	

Los análisis de los laboratorios que se contrataron dan las siguientes proporciones:

Cemento	300 Kg/M3.
Arena	750 Kg/M3.
Grava	1020 Kg/M3.

Los pesos volumétricos de los materiales fueron reportados como de 1280 Kg/M3. para la grava y de 1350 Kg/M3. para la arena.

El reporte incluye los resultados de una mezcla de prueba donde el promedio de los especímenes a 28 días dieron 206 Kg/cm2.

3) En la obra se cuenta con un Area que mide 20 x 30 M. libres para la -- ejecución de la obra:

Los colados de un solo nivel son de un volumen máximo de 40 M3, se tiene disponible cimbra suficiente para éste colado. La cimentación se -- llevará a cabo en 30 días. La constructora cuenta con un revolovedora de tambor 11 S y el cargo por amortización por el uso de ésta es de -- \$ 15/M3. (Ver pag. 81 y sig.) y es semi-nueva. El maestro contratista cobra \$ 25.00 por la manufactura del concreto.

La capacidad del equipo de elevación del concreto es de 10 M3. por hora (Malacates)

4) El precio del concreto premezclado es de \$ 217.00/M3. para un concreto de 200 Kg/cm2 a 28 días y de \$230.00 para uno de 200 Kg/cm2. a 14 días ambos con tamaño máximo del agregado grueso de 20 mm.

La Cfa. que pretende vender le entregó a la Constructora una lista en que incluye las siguientes observaciones:

Los precios anteriores se entienden con un revenimiento de  $10 \pm 2$  cm2.

Se cargarán \$ 31.00/M3. adicionales por concepto de acarreo, dentro de los límites de la Ciudad de México.

Por solicitudes menores de 4 M3. se cargará el mínimo de \$124.00 por -- concepto de acarreo.

El impuesto sobre ingresos mercantiles será por cuenta de el Comprador de acuerdo con el Artículo 10 de la Ley relativa.

Esta lista anula a las anteriores y está sujeta a cambio sin previo aviso.

### SOBRE PRECIOS

Revenimiento  $14 \pm 2$  cm<sup>2</sup> para concretos con agregados de 20 y 40 mm.

NORMAL: \$ 8.00 M<sup>3</sup>.

RAPIDO: \$ 9.00 M<sup>3</sup>.

Revenimiento hasta de 14 cms. para concretos aptos para ser bombeados con agregado de 20 mm.

NORMAL: \$ 10.00 M<sup>3</sup>.

RAPIDO: \$ 11.00 M<sup>3</sup>.

Podemos producir concretos de cualquier diseño y según las especificaciones del cliente, con inclusores de aire, dispersantes, retardantes, ó acelerantes. Nuestro personal Técnico y de Ventas está a disposición de los clientes para facilitar los datos necesarios y cooperar con el vaciado -- más rápido y económico de nuestros concretos.

Todos nuestros concretos se elaboran bajo especificaciones A.S.T.M.

Le han ofrecido a su constructora el 12% de descuento.

- 5) El equipo de ustedes tiene que hacerle una recomendación a la constructora sobre la decisión que deba tomar. En sus manos está la decisión.

En caso de que se decida usar los servicios del concreto premezclado recomienda usted los sistemas de control de recepción especificando:

- a) Número de pruebas
- b) Edad de rotura a temprana edad de los cilindros de ensaye si es necesario
- c) Número de pruebas de revenimiento
- d) Otras que usted juzque necesario

En caso de que usted decida producir el concreto en la obra dé sus recomendaciones especificando:

- a) Como recibir los agregados
- b) Disposición del terreno para la revolvedora los materiales y agua
- c) Recomendaciones para el maestro de obras para la producción del concreto. Decida si proporcionará los materiales en volúmen ó en peso descubriendo el procedimiento en detalle.
- d) Proporciones
- e) Otras que usted juzque conveniente.

### SOCIO-DRAMA

El Gerente de la Cfa. los ha encargado a ustedes de recibir al gerente de ventas de la Cfa premezcladora que viene con las intenciones de contratar el volúmen de la mencionada obra. Ustedes deberán decidir por él. Deberán nombrar un representante del grupo de ingenieros para ésta entrevista.



OBJETO:

### EJERCICIO PRODUCCION DE CONCRETO

Una empresa constructora, contrató la construcción de una estructura de concreto de 3 niveles con la Secretaría de Obras Públicas, con un volumen de -- concreto de 250 M3, y en un plazo de 3 meses. La resistencia del concreto -- deberá ser de 200 Kg/cm2, a los 28 días con agregado de tam. Máximo de 20 -- mm. por la disposición y cantidad del acero de refuerzo, y deberá cumplir -- con las siguientes especificaciones:

De conformidad con el inciso 2-07-8 de las Especificaciones de Construcción-SOP, el Contratista deberá efectuar pruebas de resistencia de probetas obtenidas del concreto que elabora.

... "Un concreto elaborado cumple con la F'c de proyecto si a los veintiocho - (28) días de edad, satisface lo indicado a continuación:

- a) Cuando se trate de zapatas, contrataves, trabes, muros y losas, el promedio de las resistencias de cinco (5) muestras consecutivas obtenidas del concreto colado en un -- día, curadas en laboratorio, deberá ser por lo menos -- igual a noventa y nueve centésimos (.99) F'c. Una muestra debe constar de dos (2) especímenes obtenidos de la misma bachada y se requieren cuando menos cinco (5) muestras de cada clase de concreto colado en un (1) día ó -- por cada 60 M3. de concreto.
- b) Cuando se trate de columnas ó elementos preesforzados, -- el promedio a que se hace referencia en el párrafo anterior, debe ser por lo menos igual a 7.0 centésimos -- (1.07) F'c.
- c) Además, el coeficiente de variación de las resistencias -- obtenidas de la población de las muestras deberá ser no mayor de 15 centésimos (0.15) del cual se podrá hacer -- una primera determinación con los resultados obtenidos -- con las diez (10) primeras muestras. Se entiende por -- coeficiente de variación el coeficiente que resulta de -- dividir la desviación estándar entre el promedio de las resistencias obtenidas.
- d) Si el coeficiente de variación de la población de las -- muestras resulta menor de 0.15 la Secretaría fijará en -- cada caso los promedios mínimos de las resistencias a -- que se refieren los párrafos a y b...

En caso de que la Secretaría autorice al Contratista a no instalar un laboratorio de campo, éste tendrá la obligación de enviar los cilindros de prueba a un laboratorio particular aprobado por la Secretaría, siendo por cuenta de el Contratista el costo que resulte de éstas pruebas.

El resultado de dichas pruebas se entregará a la Secretaría y deberá satisfacer lo estipulado en éstas Especificaciones Complementarias.

Por otra parte, La Secretaría verificará la calidad de los concretos cada -- vez que juzgue necesario.

###

2) Los costos de los materiales, son los siguientes: (puestos en obra)

Cemento	\$ 300.00	Tonelada	(Normal en Bolsas)
"	" 330.00	"	(Resistencia Rápida en Bolsas)
Arena	" 40.00/M3.		
Grava 20 mm.	" 40.00/M3.		

Los análisis de los laboratorios que se contrataron dan las siguientes proporciones:

Cemento	300 Kg/M3.
Arena	750 Kg/M3.
Grava	1020 Kg/M3.

Los pesos volumétricos de los materiales fueron reportados como de 1280 Kg/M3. para la grava y de 1350 Kg/M3. para la arena.

El reporte incluye los resultados de una mezcla de prueba donde el promedio - de los especímenes a 28 días dieron 206 Kg/cm2.

3) En la obra se cuenta con un Area que mide 20 x 30 M. libres para la -- ejecución de la obra:

Los colados de un solo nivel son de un volumen máximo de 40 M3, se tiene disponible cimbra suficiente para éste colado. La cimentación se -- llevará a cabo en 30 días. La constructora cuenta con un revolovedora de tambor 11 S y el cargo por amortización por el uso de ésta es de -- \$ 15/M3. (Ver pag. 81 y sig.) y es semi-nueva. El maestro contratista cobra \$ 25.00 por la manufactura del concreto.

La capacidad del equipo de elevación del concreto es de 10 M3. por hora (Malacates)

4) El precio del concreto premezclado es de \$ 217.00/M3. para un concreto de 200 Kg/cm2 a 28 días y de \$230.00 para uno de 200 Kg/cm2. a 14 días ambos con tamaño máximo del agregado grueso de 20 mm.

La Cfa. que pretende vender le entregó a la Constructora una lista en que incluye las siguientes observaciones:

Los precios anteriores se entienden con un revenimiento de  $10 \pm 2$  cm2.

Se cargarán \$ 31.00/M3. adicionales por concepto de acarreo, dentro de los límites de la Ciudad de México.

Por solicitudes menores de 4 M3. se cargará el mínimo de \$124.00 por -- concepto de acarreo.

El impuesto sobre ingresos mercantiles será por cuenta de el Comprador de acuerdo con el Artículo 10 de la Ley relativa.

Esta lista anula a las anteriores y está sujeta a cambio sin previo aviso.

SOBRE PRECIOS

Revenimiento  $14 \pm 2$  cm<sup>2</sup> para concretos con agregados de 20 y 40 mm.

NORMAL: \$ 8.00 M3.

RAPIDO: \$ 9.00 M3.

Revenimiento hasta de 14 cms. para concretos aptos para ser bombeados con agregado de 20 mm.

NORMAL: \$ 10.00 M3.

RAPIDO: \$ 11.00 M3.

Podemos producir concretos de cualquier diseño y según las especificaciones del cliente, con inclusores de aire, dispersantes, retardantes, ó acelerantes. Nuestro personal Técnico y de Ventas está a disposición de los clientes para facilitar los datos necesarios y cooperar con el vaciado -- más rápido y económico de nuestros concretos.

Todos nuestros concretos se elaboran bajo especificaciones A.S.T.M.

Le han ofrecido a su constructora el 12% de descuento.

- 5) El equipo de ustedes tiene que hacerle una recomendación a la constructora sobre la decisión que deba tomar. En sus manos está la decisión.

En caso de que se decida usar los servicios del concreto premezclado recomiendo usted los sistemas de control de recepción especificando:

- a) Número de pruebas
- b) Edad de rotura a temprana edad de los cilindros de ensaye si es necesario
- c) Número de pruebas de revenimiento
- d) Otras que usted juzque necesario

En caso de que usted decida producir el concreto en la obra dé sus recomendaciones especificando:

- a) Como recibir los agregados
- b) Disposición del terreno para la revolvedora los materiales y agua
- c) Recomendaciones para el maestro de obras para la producción del concreto. Decida si proporcionará los materiales en volúmen ó en peso descubriendo el procedimiento en detalle.
- d) Proporciones
- e) Otras que usted juzque conveniente.

SOCIO-DRAMA

El Gerente de la Cfa. los ha encargado a ustedes de recibir al gerente de ventas de la Cfa premezcladora que viene con las intenciones de contratar el volúmen de la mencionada obra. Ustedes deberán decidir por él. Deberán nombrar un representante del grupo de ingenieros para ésta entrevista.



## TRANSPORTACION DEL CONCRETO EN OBRA, MANEJO Y COLOCACION

### I INTRODUCCION

En este breve estudio trataremos el transporte, manejo y colocación del concreto ya fabricado, en proceso de fraguado.

La transportación del concreto en obra es el movimiento de la mezcla, antes del fraguado inicial, desde el punto de abastecimiento de concreto a la obra, hasta su lugar definitivo, donde se efectuará el fraguado del concreto.

El manejo y colocación del concreto son las operaciones necesarias para mover el concreto de la mezcladora al medio de transporte y la colocación misma en las formas, en su lugar definitivo

Para que el concreto conserve las propiedades que se le dieron en su fabricación y llegue al sitio de colocación en condiciones óptimas es necesario emplear las especificaciones que para este efecto recomienda el ACI, o alguna otra institución similar de prestigio reconocido.

Estas especificaciones deben estar respaldadas por una buena inspección que garantice su correcta ejecución.

Es conveniente hacer notar que el seguir estas operaciones no afecta al costo de la obra pues resulta tan económico usar las prácticas correctas como las incorrectas, sin embargo se obtienen ahorros posteriores inherentes a las buenas prácticas, como pudiera ser la demolición de un elemento que presenta un colado defectuoso.

Muchas de las prácticas recomendadas se incluyen principalmente para mejorar la uniformidad del concreto. En los casos en que los métodos descritos se han llevado a cabo apropiadamente, el esfuerzo y la inversión han sido recompensados con un concreto de más alta calidad, una operación más sencilla y mayor velocidad de producción, factores que tienden a eliminar cualquier costo adicional.

A continuación vamos a mencionar las principales prácticas recomendadas para transportar, manejar y colocar el concreto en obra.

### II PRACTICAS RECOMENDABLES

#### 1) Operación de descarga:

En la operación de descarga de la mezcladora es importante conservar los siguientes puntos.

a) Todos los tipos de mezcladoras serán capaces de descargar con facilidad el concreto de más bajo revenimiento que se pueda consolidar por vibración. En la colocación de concreto masivo o en sitios sin cimbrar los vibradores modernos pueden consolidar fácilmente concreto con revenimiento de 2.5 cm.

b) La separación del agregado grueso del mortero, que comunmente resulta cuando el concreto se descarga de la mayoría de las plantas y de las revolvedoras en tránsito deberá evitarse desponiendo la descarga como se muestra en la fig. 1, de tal forma que el concreto caiga verticalmente no diagonalmente, en cualquier recipiente que lo reciba.

c) La disposición de las paletas y el mecanismo de descarga en todos los tipos de mezcladoras, incluyendo las agitadoras y las de tránsito serán de tal forma que al finalizar las operaciones de descarga el agregado estará bien distribuido desde el grueso hasta el fino. Si la última fracción de la revoltura contiene una cantidad excesiva de agregado grueso esta porción se retendrá y mezclará con la siguiente revoltura. En este caso el tamaño de la revoltura se reducirá en una cantidad que corresponda a la cantidad retenida. En algunos camiones mezcladora este tipo de separación puede reducirse en parte invirtiendo la dirección de rotación durante 10 ó 12 revoluciones antes de la descarga. El exceso de agregado grueso es objeccionable cuando el tamaño mayor de 19.1 mm. (3/4") es mayor que un 15 % de la cantidad medida de ese tamaño.

## 2) Concreto Premezclado:

a) El concreto premezclado puede revolverse en una planta central y transportarse a la obra en cajas de camiones agitadores o no agitadores, mezclarse en un camión revolvedora en tránsito al sitio de trabajo o después de llegar a él, o mezclarse parcialmente en una central completándose en camiones revolvedora en camino a la obra. Equipadas adecuadamente y bien supervisadas, las operaciones del concreto premezclado ofrecen excelentes oportunidades para el control de calidad del concreto.

b) El control de calidad del concreto premezclado presenta algunos problemas no comunes en otras operaciones de mezclado de concreto. Ciertas condiciones peculiares al concreto premezclado pueden requerir especial atención. Las recomendaciones relativas al control y manejo apropiados de los materiales, precisión de medición y mezclado adecuado se aplican al concreto ya sea mezclado en la obra o premezclado. Los problemas del concreto premezclado, que pueden presentarse en forma importante, generalmente se originan por la adición indiscriminada de agua de mezclado y por la falla en el control de la consistencia. Generalmente se considera que el concreto tiene una consistencia correcta cuando es adecuadamente plástico y trabajable, de fácil colocación, y no está sujeto a la segregación objeccionable en la transportación y en el manejo. La responsabilidad de la calidad del concreto premezclado en el sitio de la obra se divide entre el productor y el comprador. A menos que

la consistencia y la adición de agua de mezclado se controlen --- apropiadamente la calidad puede dañarse seriamente como resultado de la indiscriminada adición de agua, independientemente de quien la ordene. Los inspectores de obra que tienen la habilidad, el deseo y la autoridad para ejercer un control apropiado, pueden servir satisfactoriamente en cualquier operación de confianza de concreto premezclado. Cuando no se dispone de esta inspección ( como en el caso de la obra media que emplea concreto premezclado ), el productor deberá tomar la iniciativa para alentar un control apropiado y procedimientos adecuados de trabajo y deberá estar preparado para suministrar asistencia y sugerencias para obtener ese fin. La interrupción del control de la obra frecuentemente resulta en un descrédito indeseable, para el productor individual del concreto y para toda la industria del concreto premezclado. Las dificultades, como una pobre preparación y falta de organización para recibir al concreto premezclado que se entrega, el uso sin -- restricciones del agua de retemplado, abusos comunes de colocación, el curado inadecuado del concreto después de aceptado, pueden encontrarse en mayor o menor grado, cuando se carece de una inspección inteligente. Ninguno de estos abusos que se presentan y que frecuentemente se atribuyen al concreto premezclado, deberían de existir si esas acciones no fueran aceptadas de hecho, por un gran sector de la industria de la construcción, incluyendo a los propietarios, ingenieros y arquitectos.

c) Debido a que el concreto endurece, el agua requerida para la consistencia apropiada se afecta por la distancia de acarreo, magnitud y velocidad del mezclado, condiciones climáticas, características de los ingredientes, el tiempo requerido para la descarga y otras condiciones menos importantes. En tiempos fríos, con acarreos cortos y conducción rápida, particularmente en grandes colocaciones continuas y bien inspeccionadas, las dificultades -- que se presentan por la pérdida o variación del revenimiento, mayores exigencias de agua de mezclado y problemas de descarga, manejo y colocación, no tienen mucha importancia. Por el contrario cuando la velocidad de conducción requerida es irregular, en grandes distancias de acarreo y sitios de colocación bajos, pequeños y escarpados, o el clima es caluroso, los problemas por variación en la uniformidad o en la calidad pueden ser graves, si disminuye el revenimiento en estas circunstancias y frecuentemente se añaden cantidades generosas de agua desde el principio, en tal forma que el revenimiento se amplía cuando se descarga la última parte de la carga. Esas condiciones de agua deberán considerarse como -- desfavorables cuando compensan pérdidas de revenimiento mayores -- de 2.5 cm. En las difíciles condiciones mencionadas al principio de este párrafo, se deberán tomar precauciones para hacer mínima la pérdida de revenimiento haciendo más rápida la conducción y la colocación eliminando retrasos y en climas calientes usando un retardante. El concreto deberá mantenerse a la temperatura más cercana posible del intervalo entre 21 y 27° C. usando agua de mezclado fría o hielo, evitando el uso de cemento caliente, protegiendo de sol y humedeciendo al agregado y pintando el equipo de blanco. En este estado cuando la pérdida de revenimiento no pueda eliminarse con estas medidas, las dificultades pueden hacerse mínimas -- añadiendo toda el agua y haciendo el mezclado completo en el sitio de la obra, o instalando mezcladoras convenientes al pie de las cimbras con materiales dosificados en seco en una central.

d) El factor principal en el concreto mezclado en tránsito es --

que el control está menos centralizado, por lo tanto requiere un factor rígido de todos los factores que gobiernan al revenimiento, debido a la dificultad para juzgar la consistencia hasta que el concreto de descarga en el sitio de entrega. Las variaciones en la consistencia pueden hacerse mínimas por:

Manejo correcto de agregados, controlando graduación y humedad.

Buena dosificación de agua

Regularización del número de revoluciones de mezclado y velocidad de agitación.

No enviar el concreto antes de que pueda ser colocado.

La supervisión técnica de toda la operación.

e) Cuando la humedad de la arena es variable y no puede determinarse con exactitud, causando pérdidas de revenimiento mayores de 2.5 cm., parte o toda el agua de mezclado no se aplicará hasta que la mezcladora llegue a la cimbra. Es posible hacer ajustes a las revolturas al llegar a la obra, si están previstos en las especificaciones y en el trabajo, sin embargo estos ajustes retardan el trabajo y muy frecuentemente se pierde el control del concreto.

f) Las mezcladoras en tránsito deben operarse a la velocidad de mezclado y a número de revoluciones determinadas por ensayos de funcionamiento para efectuar el mezclado completo y deberán estar capacitadas para operar a velocidades bajas de agitación convenientes.

g) Las cajas de los camiones conductores no agitadores serán lisas, preferiblemente perfiladas, herméticas al agua y equipadas con gatos que permitan el control y la descarga fácil del concreto.

Las recomendaciones anteriores son aplicables, cuando proceda a los demás medios de transporte, así como las especificaciones generales serán aplicables al concreto premezclado.

### 3) Colocación

#### a) Requisitos básicos.-

En todos los puntos, desde la mezcladora hasta el sitio de colocación, deberán usarse los métodos y disposiciones de equipo que reduzcan a un mínimo la separación del agregado grueso. El equipo deberá seleccionarse por ser aptitud para el manejo de concreto de proporciones más ventajosas que pueda consolidarse fácilmente por medio de la vibración después de depositarse, deberá ser capaz de permitir el manejo rápido y la colocación del concreto a la velocidad más favorable para la buena calidad y mano de obra.

Se proporcionará suficiente capacidad de mezclado y colocación de tal manera que la obra pueda mantenerse libre de juntas frías. El concreto cimbrado se colocará en capas horizontales de profundidades no mayores de 60 cm., evitándose capas horizontales in-

clinadas. Para hacer una colocación monolítica y vistosa es impor

tante que cada cpa sea poco profunda, lo suficiente para que se coloque mientras que la cara anterior permanezca blanda y que las dos capas puedan vibrarse juntas. No se permitirá que el concreto fluya horizontalmente e en pendiente en las cimbras. La colocación del concreto en una pendiente deberá empezar en el extremo inferior de la pendiente y progresar hacia arriba aumentando con eso la compactación del concreto. Se evitará la colocación del concreto con medios neumáticos, a menos que la descarga, usualmente a alta velocidad, se reduzca al punto en que no se presente la separación y dispersión del concreto.

b) Separación del agregado.-

La consideración más importante en el manejo y colocación del concreto, es la de evitar la separación del agregado grueso. La dispersión de piezas individuales de agregado grueso separado no es objetable porque fácilmente se envuelven y consolidan dentro del concreto cuando se coloca y vibra alrededor de ellas. Los grupos separados de agregado grueso son objetables y deberán dispersarse antes de colocar el concreto sobre ellas porque pueden causar serias imperfecciones en el acabado de la obra. Esta separación puede ocurrir en los extremos de canalones y bandas transportadoras, en las compuertas de las tolvas y en todos los puntos de descarga, ( fig. 3 ). Es un error suponer que la separación se eliminará en el curso de otras operaciones. La separación debe prevenirse y no corregirse después que ha ocurrido.

Para prevenir la separación el concreto debe caer verticalmente al centro de cualquier recipiente que lo reciba.

Para proteger los espaciadores, los aditamentos ahogados y la superficie de la cimbra y para prevenir desplazamientos del refuerzo, el concreto que caiga a la cimbras y que pueda dañar esas piezas deberá confinarse con un canalón de caída introducido varios decímetros en el concreto colado.

Si las cimbras son suficientemente cumplidas para que el concreto pueda caer a su interior con poca o ninguna alteración de las varillas, etc., generalmente se encontrará que la descarga directa en estas cimbras hace más rápida y económica la labor de colocación, el movimiento y el retiro de las tolvas y de los canalones de caída.

El recubrimiento de las varillas con mortero durante la colocación no tendrá importancia hasta el nivel de colocación del concreto; arriba de éste el acero se mantendrá libre o limpio de mortero.

En casos difíciles de colocación, como en muros reforzados, profundos y estrechos, se pueden obtener buenos resultados formando ductos de caída del concreto con montantes de 15 cm. Estos ductos entran a la cimbra a travez de protillos en el entablado, a intervalos verticales no mayores de 1.20 m. desde el nivel en que se levantará el concreto. Se formará una bolsa en el fondo de cada ducto hacia arriba y abajo de cada abertura como se muestra en la figura , de tal forma que el concreto se

detenga y fluya fácilmente dentro de las cimbras con un mínimo de dispersión y separación. Un buen vibrador interno deberá estar en operación a cada lado de la abertura por la que el concreto entra a las cámaras.

Si se intenta que el concreto que se coloca en una viga profunda, columna o muro, sea continuo y monolítico con la losa superior, deberá planearse un retardo para permitir el asentamiento del concreto de abajo antes de colocar el concreto superior en plafones y losas. La duración del retardo depende de la temperatura y de las características de fraguado del concreto, pero será de tal magnitud que permita al vibrador hacer de nuevo plástigo al concreto inferior cuando se revibra y el asentamiento posterior sea poco antes o durante la vibración del plafón o losa de concreto.

Cuando es aplicable, los cubos con descarga al fondo con método superior de manejo y colocación del concreto en estructuras masivas y de otro tipo, a condición de que:

- a) Evite la separación al llenar los cubos.
  - b) Sólo una o más cargas mezcladas completas se coloquen en el cubo a menos que se llenen con un canalón de tal manera que no se separe el concreto.
  - c) Que sean capaces de descargar al concreto con el revenimiento más bajo que pueda consolidarse por vibración.
  - d) Que puedan descargar rápidamente, desde una altura suficiente para que el concreto no se separe ni cípille.
  - e) Que sean de tamaño y forma tal que puedan descargarse con la frecuencia necesaria para colocar el concreto en capas horizontales mientras las capas anteriores permanecen aisladas.
  - f) Las revolturas sucesivas se colocan según ofrezcan oportunidad para la consolidación completa del concreto por medio de vibradores internos.
- 4) Precauciones para el manejo del concreto de consistencia apropiada:

Frecuentemente se hace objeción en el trabajo a la consistencia relativamente rígida que no permite el flujo hacia abajo en ciertos canalones, caídas desde algunos cubos o tolvas o descargas a travez de ciertas compuertas, aunque se admite que es fácilmente trabajable en el sitio, en particular cuando está apropiadamente vibrado. Esta objeción no es válida y no debe sostenerse si se ha determinado por adelantado que la consistencia seca es trabajable en la cimbra y que se han cumplido los requisitos de las especificaciones. Es una función del manejo del concreto y del equipo de colocación, manejar y colocar concreto de proporciones y consistencias que puedan consolidarse apropiadamente por la vibración. Las limitaciones en las consistencias y proporciones no deberán imponerse por causa de canalones, tolvas, cubos o compuertas inadecuados.

Es importante en el diseño y en la aprobación del equipo para el manejo del concreto, que los canalones, cuando sean necesarios, suficientemente inclinados, que sean metálicos o de revestimiento metálico, de encajonado redondeado de gran tamaño rígidos y protegidos contra desbordamientos. Las compuertas de descarga, las aberturas de los cubos y las tolvas serán suficientemente grandes para que pase rápida y libremente el concreto de revenimiento más bajo que pueda consolidarse en las cimbras por medio de vibración. En muchos casos deberán emplearse canalones con pendientes mayores de 2 a 1 y no serán excesivas áreas del doble o el triple de las arcas normales del canalón de salida o compuerta.

Cuando la pérdida de revenimiento debido a retrasos en la colocación tiene importancia y se incrementa la cantidad de agua por esa causa, o cuando el remezclado adicional sin añadir agua después de un retrazo, es deseable y practicable para la reducción de la contracción debida al asentamiento deberá tratarse de mantener tan pronto como sea posible el tiempo transcurrido desde el momento en que el agua y el cemento entran en contacto hasta la colocación y compactación del concreto. Esto facilita el control de la uniformidad de la consistencia del concreto en las cimbras y reduce al mínimo necesario el contenido de agua del concreto y pérdida variable de revenimiento entre lamezcladora y las cimbras. Por la misma razón el concreto no deberá exponerse en corrientes delgadas en canalones largos o en canalones conductores de banda en cuyo caso estará sujeto a los efectos variables del tiempo.

#### 5) Consideraciones generales.-

1.- Debe tenerse presente la importancia de mantener al mínimo el contenido unitario del agua en el concreto. Aún cuando la relación agua-cemento sea la misma, el incremento en el contenido de agua unitario aumenta el agrietamiento por contracción por lo que el concreto puede perder durabilidad.

Cuando las adiciones del agua aumentan la relación-agua-cemento, la resistencia y la durabilidad disminuyen.

#### 6) Juntas de construcción.-

1.- Por razones de apariencia es importante que se ponga atención a la marca hecha por las juntas de construcción en superficies de concreto aparente.

2.- La superficie de la junta de construcción deberá prepararse de tal manera que se logre la adherencia con el concreto que se colocara después y se debe impermeable, la preparación de la junta será particularmente cuidadosa.

3.- Cuando la lechada de la parte superior de la junta escurra en la inferior, la llamada limpieza por rebaje del concreto es un buen recurso para mejorar la calidad de una junta de calidad inferior, que en un buen trabajo no se debe encontrar.

4.- El trabajo excesivo en la superficie de concreto debido al tráfico de la obra es una causa común de juntas de inferior calidad y vale la pena el esfuerzo que se haga para mantenerlo a un mínimo.

#### 7) Acabados de superficies no cimbradas .-

Para resultados más durables deberán seguirse los siguientes procedimientos:

a) El concreto que se use deberá ser del revenimiento más bajo que se pueda consolidar adecuadamente.

b) La consolidación se hará por medio de vibración o algún medio mecánico igualmente efectivo.

c) Las operaciones de enrasado, aplanado y allanado se harán de tal manera que el concreto se trabaje y manipule lo menos posible para obtener los resultados deseados.

d) La sobremanipulación hace que los finos inferiores y el agua suban a la superficie y esto daña la calidad de la superficie acabada; es la causa directa del cuarteo, de grietas y del levantamiento de polvo.

#### 8) Colado en tiempo frío.-

Se recomienda que el concreto tenga 1% de cloruro de calcio en peso del cemento, cuando las temperaturas medias diarias sean menores de 4° C en varios días. Se omite el cloruro de calcio si la temperatura de congelación es sólo en las primeras 48 horas.

El calor desprendido bajo un recinto de lona a prueba de viento es una protección excelente, siempre que se mantenga una temperatura moderada, puesto que se forma una atmósfera húmeda favorable para el curado y protección contra la congelación.

El concreto no debe sobrecalentarse, ya sea antes o después de la colocación; se puede aprovechar el tiempo frío para mezclar, colocar y curar el concreto a temperaturas comparativamente bajas con lo que el concreto tendrá más alta resistencia y menor agrietamiento.

Las esquinas bordes y las superficies de concreto son particularmente vulnerables a la congelación y debe enfatizarse la necesidad de la protección adecuada.

Con apropiada protección contra la congelación de las esquinas, bordes y superficies, la temperatura mínima de colado en masa puede ser tan baja como 4° C porque el calor se pierde más lentamente en el concreto masivo.

#### 9) Colado en tiempo caluroso.-

Para mejorar la calidad última, el concreto se colo-

cará a la temperatura más baja posible, especialmente en tiempo calurosos.

Las temperaturas del concreto se pueden mantener bajas colando únicamente en las noches, rociando o enfriando el agregado, rociando las explanadas y áreas vecinas, evitando el cemento caliente y usando agua de mezclado fría, posiblemente con inclusión de hielo.

Algunos efectos de las temperaturas altas pueden evitarse empleando un retardante y reductor de agua aprobado.

Cualquier combinación de las prácticas que puedan ser posibles, es deseable y deberá exigirse, incluyendo un límite superior de 24°C de temperatura del concreto conducido en camiones mezcladora o para bombearse por tuberías a menos que se use un retardante reductor de agua aprobado.

El curado se realizará de preferencia mediante regado o con cubiertas de arpillería húmeda por su valor enfriador adicional, aún si es solo durante las 24 hrs. anteriores a la aplicación de un compuesto de sellado para curado. Deberán usarse para este tipo de curado sólo compuestos de sellado de pigmento blanco debido a su alto valor de reflexión de calor.

No se utilizará cloruro de calcio en tiempo caluroso.

#### 10) Cimbras.-

La calida de la mano de obra en la colocación del concreto se juzga en gran parte por la apariencia de la obra al retirar la cimbra. La apariencia es una cualidad importante de un trabajo de concreto, que puede estar muy influenciada por la colocación de la cimbra, por lo que es necesario tomar las siguientes precauciones:

a) Con el uso de la vibración para consolidar el concreto las cimbras deben construirse sólidas y estancas, evitando así la pérdida de mortero hecho líquido en la vibración.

b) Los desagradables pandeos y rebajos en las juntas horizontales se evitarán con cimbras ajustadas con solo 2.5 cm. de traslape de los tableros con el concreto abajo de la línea hecha con una tira nivelada unida firmemente y atornillada a las cimbras cerca de la junta.

Las ranuras perfiladas hacen menos visibles las juntas de construcción y mejoran la apariencia cuando están bien hechas.

c) Se usarán tensores de cimbras que causen perforaciones de tamaño mínimo en los tableros y que no permitan filtraciones. Los extremos que sobresalen del concreto deberán retirarse sin astillar el concreto, quedando un agujero de tamaño mínimo, que no deberá rellenarse generalmente, pero en caso de ser necesario se

hará de tal manera que asegure un relleno sólido, sin contracciones y que no sea muy notable.

d) Las cimbras se protegerán del deterioro del tiempo y de la -- contracción antes del colado aceitando las o humedeciéndolas con convenientemente. Las superficies de las cimbras estarán limpias y serán de textura uniforme. Generalmente es menos costoso y -- más satisfactorio obtener la superficie deseada mediante el tratamiento adecuado y por la preparación de las cimbras, que obtenerlas mediante trabajo sobre la superficie de concreto, después de que las cimbras se retirán.

e) La calidad del concreto no debe dañarse por la calidad de -- las cimbras. Deberán preverse accesos amplios para la limpieza adecuada, colocación, trabajo y vibración del concreto y la inspección de esas operaciones, de tal manera que el concreto de -- excesivo revenimiento o contenido de arena o de tamaño reducido de agregado, no se proponga como un medio de hacer un trabajo -- presentable.

Aparte de las recomendaciones anteriores es conveniente que los equipos de transporte y manejo de concreto cumplan con los siguientes requisitos:

- 1) Que sea lo suficientemente para evitar que el concreto se seque y pierda revenimiento antes de ser colocado. La práctica recomienda que el concreto no duré más de 60 minutos en transporte ya que en este tiempo se inicia el fraguado.
- 2) Que evite la segregación y pérdida de mortero o lechada.
- 3) Que sea el método más económico que cumpla con las especificaciones.
- 4) Que estén limpios de todo deshecho y previamente humedecidos o aceitados.
- 5) Que proporcione un flujo prácticamente continuo en el extremo de entrega del concreto, con el fin de evitar juntas frías en el colado.

### III METODOS DE TRANSPORTE Y COLOCACION DEL CONCRETO

Estos movimientos corresponden a lo que también se denomina puesta en obra del concreto, es decir, sin traslado -- desde la mezcladora hasta el interior de las cimbras que deben dar forma a la estructura que se construye. La mayoría de las veces este traslado se divide en dos etapas: el transporte desde la descarga de la mezcladora hasta un punto inmediato de la estructura y la colocación desde este hasta el interior de las cimbras.

#### a) Transporte:

Debe efectuarse cuidando que se satisfagan todos los-

requisitos apuntados anteriormente.

Existen diversos medios y equipos para transportar concreto, aunque no todos son aptos para cumplir todos los requisitos anteriores y su uso depende las condiciones particulares de la obra o colado en particular,

Los métodos que se emplean con mayor frecuencia -- son:

- 1) Carretillas y vagonetas
- 2) Malacates y montacargas
- 3) Tubos y canalones
- 4) Camiones de varios tipos
- 5) Botes accionados por gruas o cablevías
- 6) Bandas transportadoras
- 7) Transportadores neumáticos
- 8) Equipos auxiliares para elevación
- 9) Bombas de concreto

Para la elección del más adecuado, se requiere tomar en cuenta los siguientes aspectos principales : volumen del concreto a transportar; distancias mínima, media y máxima; consistencia especificada ( revenimiento ) y tamaño máximo del agregado en las mezclas; accesibilidad y medios disponibles para colocar el concreto dentro de las cimbras.

#### 1) Carretillas y vagonetas .-

Las carretillas son equipos de bajo costo, útiles -- para mover volúmenes reducidos en distancias cortas, horizontales o ligeramente inclinadas; razones por las cuales se les encuentra frecuentemente en las obras menores. Habilitando vías de tránsito cómodas y expeditas y contando con ruedas neumáticas, es posible obtener resultados aceptables si se les utiliza en número suficiente.

La capacidad de las carretillas, con llantas metálicas o neumáticas, varía de 45 a 80 libras y son vehículos que -- permiten la transportación con menor esfuerzo al trabajador, ya que la forma de la concha permite que el centro de gravedad del material transportado quede cerca del punto de apoyo o de contacto al rodar y por constituir en conjunto una palanca de segundo género.

Las vagonetas o bogues tienen una capacidad de 200 a 350 litros, pueden ser manuales o mecanizadas y alcanzar velocidades hasta de 15 m. p.h., pueden dar vueltas de 180° en 1.30 m. y subir pendientes hasta de 20 % con toda su carga. Son muy usados para la elevación de concreto y otros materiales a los dis--

tintos niveles de un edificio, en combinación con un malacate, y su distribución en el piso correspondiente. Al llegar al nivel -- por colarse, la carretilla de volteo rueda sobre un sistema de piso formado por tabloncillos y entrega su contenido mediante el volteo hacia adelante que provoca el trabajador con un mínimo esfuerzo.

#### 2) Malacates y montacargas.-

Los malacates y montacargas se emplean para salvar -- desniveles y espacios poco accesibles, moviendo volúmenes reducidos en distancias cortas, es decir, su aplicación y rendimiento -- es comparable al de carretillas y vagonetas a las cuales suelen -- suplir o complementar. Su aplicación más frecuente es la elevación de materiales a otros niveles.

#### 3) Tubos y canalones.-

Son los dispositivos más simples que se utilizan para el descenso del concreto. Debido a su bajo costo y facilidad de adaptación, constituyen un procedimiento bastante utilizado en -- las obras menores. Aunque son innegables dichas ventajas, su aplicación descuidada conduce invariablemente a segregar el concreto y promueve defectos de construcción. Considerando que no es práctico prescribir su uso se estima necesario enunciar algunas recomendaciones para mejorar los resultados que puedan obtenerse con su aplicación, principalmente en el caso de los canalones.

No debe permitirse que el uso de canalones obligue a emplear mezclas fluidas. La consistencia de las mezclas debe ser determinada por las características de la estructura y la facilidad que esta ofrezca para colocar y acomodar el concreto, observándose como norma el empleo de la consistencia menos fluida que sea posible.

Los canalones que mejores resultados producen son los metálicos o de madera forrada de lámina, con sección semicircular o semejante, provistos con una tapa que proteja al concreto del sol -- el viento y la lluvia.

Deben tener una pendiente uniforme en todo su desarrollo, la -- cual debe ser suficiente para permitir que el concreto deslice -- pero no tanta que produzca segregación.

En el extremo de descarga deben colocarse tubos de forma tronco cónica, también llamados " trompas de elefante " , para confinar el concreto, reducir su velocidad de caída, obligarlo a que descienda verticalmente dentro de las cámaras y disminuir su altura de caída libre.

Antes de vaciar el concreto por primera vez y en cada ocasión -- que el sol y el viento lo justifiquen, puede permitirse mojar -- los canalones, siempre y cuando el agua que escurre no se mezcle con el concreto.

#### 4) Camiones de varios tipos.-

Existen dos tipos principales: los que cuentan con --

una revolvedora de tambos integrada ( camión mezclador ) y los -  
habilitados con una caja de volteo.

a) Camiones revolvedora: Son los que se utilizan en la industria del concreto premezclado, permiten conservar homogéneo el concreto aún en distancias grandes de acarreo. Su única limitación estriba en no poder operar con mezclas de muy bajo revenimiento, - la cual es inherente al tipo de revolvedora con que cuentan.

Dentro de los camiones revolvedora existen dos tipos diferentes las unidades de mezclado un tránsito y cuba agitadora. Si el agregado y el cemento se cargan en la planta central de mezclado y el concreto se mezcla mientras la revolvedora viaja hacia la obra, a la unidad se le denomina " revolvedora de tránsito " si a la revolvedora se le emplea solo para transportar concreto premezclado que requiere de agitación durante el acarreo - para evitar la segregación, se le llama " cuba agitadora ".

Las revolvedoras de tránsito se encuentran en tamaños que varían de 1 a 7 yd<sup>3</sup>.

Si la unidad se utiliza como cuba agitadora, la capacidad sera considerablemente mayor que cuando se utiliza como revolvedora de tránsito, ya que el concreto estará premezclado y de esta manera ocupa un volumen menor que el de los agregados medidos en forma separada.

Cuando el concreto se entrega por medio de camiones-revolvedora puede ponerse en duda el efecto del mezclado del concreto durante largos períodos. Las pruebas que se han llevado a cabo durante períodos de varias horas indican que cuando el concreto se mezcla durante un largo tiempo, disminuye el revenimiento y aumenta su resistencia durante períodos de 2 1/2 horas ó más.

b) Camiones de volteo. En este tipo de camiones existen variantes de acuerdo con la geometría de la caja y la posibilidad de adaptación de aspas para agitar el concreto. En términos generales - puede considerarse que el camión de volteo común y corriente de caja rectangular no es un equipo adecuado para transportar concreto por los inconvenientes que presenta: si la mezcla tiene consistencia fluida, sus ingredientes se clasifican con facilidad durante el transporte de acuerdo con su peso específico; si la mezcla es de consistencia seca, resulta difícil su descarga - con la simple inclinación de la caja. La adaptación de cajas con diseño más apropiado alivia estos inconvenientes pero no los elimina totalmente. A veces, mediante la incorporación de aspas agitadoras se obtienen mejores resultados.

Los camiones de volteo son equipos muy usados en obras menores para transportar concreto. Esto puede atribuirse a su gran radio de acción, su aptitud para hacer llegar el concreto a diversos puntos de la obra y su costo relativamente bajo, - por lo que es oportuno hacer algunas recomendaciones para obtener mejores resultados:

No se deben transportar mezclas demasiado fluidas. Si es imposible evitarlo debe procurarse que la caja sea estanca para impedir fugas y debe proveerse un medio para remezclar el concreto en el punto de descarga, a fin de restituir su homogeneidad antes de colocarlo.

Cuando se transporten mezclas demasiado secas puede facilitarse su descarga adaptando a la caja un vibrador exterior, o bien haciendo uso de uno de inmersión.

Deben taparse las cajas de volteo durante el transporte, con objeto de proteger el concreto contra los efectos del sol, el viento y la lluvia.

No debe permitirse el uso de camiones de volteo cuando el tiempo de transporte sea excesivo y a pesar de todas las precauciones, la mezcla pierda 2.5 cm. de revenimiento ( si es menor de 10 cm. ) ó más de 4 cm. ( si es de 11 cm. ó más ) desde la salida de la mezcladora hasta el lugar de entrega.

Para disminuir la segregación en camiones de volteo se puede fabricar el concreto con aire incluido y así transportarlo sin necesidad de agitarlo.

#### 5) Botes accionados por grúas o cablevías.-

Este equipo es tal vez el más idóneo para transportar concreto en distancias cortas, e inclusive colocarlo dentro de las cimbras, pues no producen segregación y son aptos para mezclas de consistencia seca. Los botes o cubos para concreto están provistos de una compuerta inferior que hace expedito el vaciado por gravedad. Se recomienda su uso en obras en que se disponga de equipo mecánico para movilizarlos.

Los botes pueden dividirse en dos grupos: los que se emplean con torres o malacates de 240 a 1200 litros y los que se emplean grúas mecánicas, cables, etc., de 350 a 6000 lts.

#### 6) Bandas transportadoras:

Las principales ventajas de las bandas transportadoras con el flujo uniforme y el volumen que desplazan. Su desventaja mayor es la tendencia a la segregación del concreto en el extremo de descarga.

Es conveniente instalar un tubo en el extremo de descarga para asegurar la caída vertical del concreto.

Por lo general es necesario instalar un limpiador de banda en el extremo de descarga para evitar que una porción del concreto se adhiera a la banda.

Las partes esenciales de un transportador de banda son: una banda continua, rodillos, una unidad motriz, poleas motrices y de arrastre, equipos para subir y una estructura de apoyo. Pueden incluirse accesorios adicionales cuando sean necesarios.

Las bandas para distancias cortas, pueden ser portátiles o instalaciones permanentes.

La banda portátil puede encontrarse en longitudes de 11 a 20 m., con ancho de banda de 18,24 y 30 pulgadas. La fuerza motriz se proporciona por medio de un motor de gasolina o eléctrico propio.

La banda es la superficie móvil y de soporte sobre la que se transporta el material. Existen muchos tipos, tamaños y calidades de entre los cuales puede seleccionarse la banda más adecuada para un trabajo en especial.

Este equipo es muy útil en la construcción porque es aplicable al transporte de diferentes materiales, en un mismo nivel o en elevación, siempre y cuando la inclinación de la banda no sea mayor que el ángulo de reposo del material.

#### 7) Colocadores neumáticos.-

La principal aplicación de los colocadores neumáticos de concreto es el revestimiento de túneles y son usados también para recubrimientos de muros ( aplanados ) y para impulsar pistones neumáticos de bombas de concreto.

La colocación neumática del concreto para revestir un túnel, implica el empleo de aire comprimido para forzar al concreto a salir de una tolva hermética a través de un tubo de descarga. El concreto se mezcla afuera del túnel, se carga en vagones y se acarrea por medio de una locomotora hasta el equipo de colocación. El concreto se vacía de los vagones al colocador neumático, se cierra herméticamente la puerta de carga y se inyecta aire comprimido a la tolva para obligar al concreto a salir por el tubo de descarga hacia las formas. Como el tubo de descarga está colocado generalmente arriba de la cimbra, es necesario proporcionar soportes para el tubo cuya altura puede ajustarse.

Unos compresores de aire, situados afuera del túnel suministran aire comprimido a la tolva pasando por un receptor situado cerca de ella. El objeto del receptor de aire comprimido es el de proporcionar un suministro adecuado de aire comprimido durante la operación de colocación. Todo el equipo que use dentro del túnel deberá de estar montado sobre ruedas para permitir su fácil movimiento a lo largo de los rieles.

Una modificación del colocador neumático descrito es el que está montado sobre ruedas y se utiliza como vagón para transportar el concreto de la revolvedora. Puede tener uno o varios vagones que funcionen, cada uno, como tolva hermética.

Cuando se coloca concreto por el método neumático debe tenerse cuidado de mantener baja la velocidad del concreto hasta que el extremo de descarga del tubo este sumergido en el concreto. Si no se observa esta precaución el concreto que salga del tubo estará segregado.

Cada tolva debe tener una válvula para regular la entrada del flujo de aire.

Una aplicación importante de los colocadores neumáticos es el concreto lanzado, que consiste en colocar el concreto sin usar cimbra, para recubrir muros y bóvedas de túneles, formando capas de concreto de 4 a 8 cm. aventando el concreto a presión contra ellos. Este método de colocación se está usando con éxito para evitar las filtraciones de agua, los agrietamientos y las caídas de material en los túneles que se pueden aplicar como recubrimientos preventivo en suelos blandos y como recubrimiento definitivo en suelos rocosos.

#### 8) Equipos auxiliares para elevación:

Dentro del equipo usado para transportar concreto, interviene máquinas y herramientas que aunque no son exclusivamente para la colocación del concreto son auxiliares muy importantes y de grandes ventajas. Entre ellos podemos mencionar:

- a) Grúa Pingon
- b) Torre América
- c) Cablevías.
- a) Grúa Pingon.-

La grúa se compone de acero estructural con un brazo balancete equilibrado en la parte superior. El ascenso de la grúa lo hace ella misma mediante un tornillo, el cual se apoya en la parte central del último cuadro y se eleva dejando un espacio que permite colocar el siguiente tramo. En la parte inferior tiene un lastre que permite equilibrar los momentos que se originan en el brazo basculante.

El brazo tiene por un lado un lastre compuesto de una caja rellena con fierro y grava que equilibra el peso que se levanta con la garrucha puesta al otro extremo. No necesariamente debe estar colocada la garrucha hasta el extremo final pues dependerá del peso por levantar, teniendo más capacidad cerca de la torre que en el extremo más alejado.

La grúa Pingon tiene muchas ventajas para la construcción de edificios altos, pues puede alcanzar alturas de 60.00 ó 70.00 m. si está convenientemente contraventeada. Además de elevar los botes para concreto (bachas), puede elevar acero, cimbra o cualquier otro material, por lo que su uso es constante y no solo durante los solados, lo que reduce los costos de elevación promedio de los materiales.

Una ventaja muy importante de la grúa Pingon es que tiene un radio de acción de 30.00 m. a partir del eje de la torre, en cualquier dirección, lo cual permite recoger y dejar los materiales sin o con un mínimo de transporte adicional.

Para colados es muy ventajosa sobre otros medios de transporte porque la segregación que ocasiona en el concreto es prácticamente nula ya que se emplea con bachas que descargan -- verticalmente por el fondo.

Como la grúa se eleva así misma no es necesario montar la en toda su altura desde el principio de la construcción, -- sino que conforme se va elevando la estructura del edificio se eleva la grúa.

#### b) Torre América:

La torre américa es una estructura tubular que forma una torre de cuatro lados en cuyo interior por medio de un malacate, se elevan los materiales en una plataforma o en un bote para concreto.

La torre américa tiene la ventaja de poder subir volúmenes grandes de material a edificios altos pero implica un transporte adicional para la carga y la descarga.

Una variedad de la torre américa constituye la llamada torre de canaletas, que consiste en una torre américa en sí, con un aditamento para colados formado por canaletas que transportan el concreto por gravedad, del bote que se eleva en el interior de la torre al lugar de colocación, como se ilustra en la figura.

#### c) Cablevías.--

Los cablevías se pueden clasificar en 3 grupos principales: a) fijos, b) radiales y c) móviles. Esta clasificación está gobernada por la combinación de la torre seleccionada para un proyecto dado.

a) Cablevía Fijo.-- Es cuando un cablevía tiene dos torres fijos o estacionarios. Este tipo está restringido para la construcción de puentes anchos o de ferrocarriles. Las cargas pueden ser transportadas lateralmente y guiadas para cubrir un área adecuada. Su uso puede aplicarse a presas de sección regular.

b) Cables Radiales.-- Cuando una torre se mueve radialmente o longitudinalmente y la otra permanece fija.

En muchos casos es poco práctico poner una torre en la torre móvil por accidentes topográficos. La torre más alta requerida en el otro extremo será la viajera. Otras veces el área de servicios puede ser cubierta mejor por un cablevía radial que si ambas torres son móviles.

c) Cablevía Móvil.-- Este término es aplicado a cablevías en donde las terminales de ambas torres son móviles. Usualmente las torres se mueven sobre rieles rectos y distancia uniforme entre torre y torre.

Los rieles del extremo exterior son de los comunes--

usados en ferrocarriles, en cambio, los del interior son inclinados para ayudar a la estabilidad de la torre cuando opera el cablevía.

El movimiento de los cablevías es por medio de motores eléctricos y las torres son de acero estructural. Los controles del cablevía están en una caseta en la torre principal.

#### b) Colocación

La operación propiamente dicha de colocar el concreto consta de los arreglos que se hacen para introducirlo en el espacio delimitado por las cimbras que configuran la estructura. Algunos equipos de transporte de concreto cumplen también con el objetivo de colocarlo; pero otras solamente lo aproximan a la estructura. La mayoría de la veces es necesario emplear dos o más sistemas de desplazamiento del concreto, que se complementan para transportarlo y colocarlo.

Muchos de los defectos de la construcción más comunes se tribuyen a prácticas inadecuadas durante la colocación del concreto. Para contribuir a que sean menos frecuentes, se incluyen las recomendaciones que siguen:

1) No se debe colocar concreto que se reciba previamente segregado, pues lo normal es que las operaciones subsiguientes tiendan a aumentar la segregación en vez de reducirla. Es preferible corregir las fallas que ocurran en la etapa previa a bien remezclar el concreto antes de colocarlo.

2) El concreto no debe descender en caída libre desde el extremo de descarga de un canalón, una banda o una bomba, no importa que tan reducida sea la altura. Como práctica invariable deben colocarse tubos cónicos rígidos (trompas de elefante), mangueras flexibles de diámetro no menor de 20 cm. o simples mamparas diflectoras, a fin de reducir la velocidad de caída del concreto y obligarlo a que incida verticalmente en el lugar de colocación.

3) Debe evitarse el desplazamiento horizontal del concreto dentro del área de colocación. Para lograrlo deben hacerse arreglos para que el concreto se deposite en diversos puntos que abarquen todo el espacio por llenar.

4) Evítense las acumulaciones de concreto en un mismo punto de descarga o su colocación mediante capas con demasiado espesor, pues en ambos casos se forman taludes donde el agregado grueso se segrega y además no es posible darle compactación adecuada. Para concreto estructural es necesario que el espesor de las capas no exceda de 50 cm.

5) Debe evitarse la formación de juntas frías entre dos capas sucesivas, debido a falta de planeación en la colocación. Tomando en cuenta la velocidad con que el concreto puede colocarse y su tiempo de fraguado inicial, deben localizarse las juntas de construcción de modo que el tiempo de colocación de una capa que abarque toda el área de colado sea inferior al tiempo de

fraguado inicial del concreto. De esta manera puede conseguirse que al colocar una nueva capa, el concreto de abajo todavía se encuentre en estado plástico y pueda crearse fusión entre ambas capas al sometidas a vibración.



## NOTAS SOBRE LA COLOCACION Y COMPACTACION DEL CONCRETO

### 1. COLOCACION

La correcta colocación del concreto fresco en los moldes comprende las acciones necesarias para distribuirlo uniformemente dentro del espacio por llenar, de manera que el volumen endurecido resultante sea homogéneo, esto es, sus diferentes partes tengan prácticamente la misma composición.

Los defectos principales que deben evitarse al colocar el concreto son la segregación y la formación de "juntas frías".

#### 1.1 Segregación

El concreto fresco está constituido de partículas sólidas de cemento y agregados, agua y aire, en proporciones que pueden variar pero que son del orden de las mostradas en la Figura 1.

Para fines del estudio del comportamiento reológico del concreto fresco es conveniente considerarlo dividido en dos componentes principales: los agregados y la pasta de cemento. Sin embargo, en relación con su posible segregación es preferible verlo formado por mortero y agregado grueso, puesto que este es el que normalmente tiende a separarse del resto de la masa.

La separación del agregado grueso y el mortero puede acarrear dos principales consecuencias indeseables: pérdida de homogeneidad en la masa y deficiencias en el llenado de los moldes. Cuando estas deficiencias se manifiestan en la superficie producen malos acabados, que la mayoría de las veces pueden corregirse con faci-

lidad. En cambio, cuando ocurren en el interior, su existencia puede pasar inadvertida y afectar seriamente la integridad de las estructuras.

Que exista falta de homogeneidad en la masa significa tener distintas partes del concreto con diferentes proporciones de pasta de cemento y agregados. Como estos dos componentes del concreto tienen propiedades diferentes, el resultado es tener partes de una misma estructura, o de un mismo elemento estructural, con diferente resistencia, deformabilidad, contractilidad, permeabilidad, transmisibilidad de temperatura, etc.

Para evitar, o por lo menos limitar, la posibilidad de que ocurra la indeseable segregación en el concreto, es necesario trabajar con mezclas diseñadas a propósito para cada aplicación, esto es, que sean "poco segregables" en las condiciones en que se utilicen. Es, asimismo, necesario aplicar procedimientos constructivos que en la práctica se hayan encontrado efectivos para ese objeto.

#### 1.1.1 Diseño de las mezclas

Existen varios factores relacionados con las mezclas en sí mismas que pueden influir en su mayor o menor aptitud para segregar. Algunos de ellos se mencionan enseguida.

- a) Contenido de cemento. Las mezclas pobres segregan más que las ricas en cemento. Esto se debe, por una parte, a que

contienen menor proporción de pasta y, por otra, a que la pasta en sí misma puede ser menos cohesiva. Para corregir a bajo costo esta deficiencia, algunas veces se adicionan finos inertes ("fillers") a las mezclas.

- b) Granulometría de la arena. La arena gruesa (escasa de finos menores que la malla No. 100) tiende a producir mezclas segregables. La explicación es parecida a la del concepto anterior, pues los finos de la arena contribuyen a mejorar la cohesión de la pasta. En ocasiones, el uso de un agente inclusor de aire ayuda a corregir la deficiencia de finos en la arena.
- c) Tamaño máximo de la grava. A medida que es mayor el tamaño máximo de la grava, aumenta su aptitud para segregar. Esto se atribuye al aumento de energía cinética que poseen las partículas en movimiento cuando su masa es mayor. De este modo, las partículas más grandes requieren fuerzas mayores para ser retenidas en el seno de la mezcla de concreto. Cuando los medios de colocación del concreto hacen propicia la segregación, puede ser aconsejable una revisión del diseño de la mezcla a fin de juzgar la utilidad de reducir el tamaño máximo del agregado con el propósito de hacer menor el riesgo de segregación.
- d) Consistencia de las mezclas. Al aumentar la fluidez de las mezclas se incrementa la posibilidad de que segreguen,

pues al ser menos cohesiva la pasta disminuye su aptitud para retener a la grava. Por este motivo, como por tantos otros relacionados con la calidad del concreto, no es recomendable el uso de mezclas demasiado fluidas.

### 1.1.2 Procedimientos constructivos

Como no siempre es económicamente propicio influir en el diseño de las mezclas con la única finalidad de disminuir el riesgo de que segreguen, muchas veces resulta más aconsejable técnicamente valerse de prácticas constructivas adecuadas para evitar la segregación. A continuación se mencionan algunas.

- a) Agregados. Si se trabaja con agregados previamente segregados aumenta la posibilidad de que la mezcla sea segregable. En la Figura 2 se muestran algunos procedimientos sencillos para reducir la segregación de los agregados durante su almacenamiento.
- b) Mezclado. Para obtener una mezcla de concreto homogénea se requiere una buena operación de mezclado. Esta a su vez se consigue mediante un equipo adecuado al tipo de concreto que se elabora, accionándolo suficiente tiempo para lograr la homogeneización. En la Figura 3 se indica la forma característica como varía la homogeneidad de la mezcla con el tiempo de mezclado.
- c) Descarga. La descarga de una mezcladora en movimiento ofrece condiciones propicias para la segregación del con-

creto. Es recomendable interponer una tolva entre la mezcladora y el equipo de transporte. También se recomienda efectuar la descarga en una sola operación continua. En la Tabla 1 se encuentran los requisitos de uniformidad que la norma ASTM C 94 establece para revolturas de concreto premezclado.

- d) Transporte. Con frecuencia se dice que la segregación del concreto debe evitarse en vez de corregirse. La transportación del concreto por medios inadecuados suele ser fuente inagotable de segregación. Aunque este aspecto queda fuera de los límites de estas notas, es oportuno enfatizar la necesidad de entregar concreto homogéneo al pie del colado para que pueda colocarse satisfactoriamente.
- e) Caída libre. El descenso del concreto en caída libre, desde cualquier altura, puede ocasionar segregación, sobre todo en el caso de mezclas fluidas. La interposición de tubos troncónicos para absorber parte de la energía cinética del concreto, como se muestra en la Figura 4, puede ayudar a reducir la segregación en esos casos.
- f) Desplazamiento horizontal. El desplazamiento o deslizamiento del concreto dentro de los moldes, en sentido horizontal, suele hacerse en condiciones incómodas y por medios inadecuados (usando el vibrador) y esto produce segregación. Es, entonces, recomendable depositar el con-

creto en el punto más cercano posible al de su ubicación final dentro del colado. Si esto no resulta posible, el acercamiento debe hacerse por un sistema que no produzca segregación, posiblemente una banda transportadora o, por lo menos, carretillas.

- g) Deslizamiento inclinado. El uso de planos inclinados para transportar el concreto por deslizamiento (canalones) casi siempre conduce a su segregación, razón por la que no es recomendable. No obstante, como constituyen un medio sencillo y económico, su empleo resulta difícil de evitar, principalmente en las obras chicas. Las condiciones de operación de los canalones pueden mejorarse si se interponen tubos troncónicos verticales a intervalos regulares en el curso de su desarrollo.
- h) Forma de colocación. La colocación del concreto debe hacerse por capas horizontales de espesor comprendido entre 25 y 50 cm, siempre que sea posible. De esta manera se evita la formación de taludes pronunciados en donde las gravas tienen mayor oportunidad de segregarse.
- i) Sentido de colocación. El sentido de avance en la colocación del concreto debe ser de manera que el que se coloque reciba el apoyo del previamente colocado, tal como se presenta en la Figura 5. En esta forma se evita que las gravas tiendan a rodar sobre la superficie de coloca-

ción.

- j) Mezclado a pie de colado. Una posible forma de evitar o corregir la segregación del concreto durante el transporte, consiste en mezclarlo, o remezclarlo, al pie del colado. En un caso se transportan los materiales en seco, predosificados, y solamente se les adiciona el agua para mezclarlos en el sitio de colado. En otro caso el concreto, presumiblemente segregado por el transporte, se remezcla inmediatamente antes de colocarlo en los moldes.
- k) Selección del equipo de vibrado. El equipo y procedimiento para compactar el concreto debe seleccionarse en función de las características de las mezclas y las condiciones de la estructura. Ejemplos: 1) en el caso de mezclas fluidas con agregado chico no deben emplearse vibradores demasiado potentes, 2) en el caso de elementos angostos con acero de refuerzo es preferible el uso de vibradores de forma en vez de los de inmersión, 3) en el caso de losas delgadas es más conveniente la aplicación de reglas vibratorias, etc.

## 1.2 Juntas frías

En la terminología usual se denomina "junta fría" a cualquier discontinuidad no prevista que ocurra en la masa del concreto como consecuencia de la colocación de concreto fresco sobre otro ya fraguado. Las diferencias fundamentales entre las juntas

frías y las de construcción son que estas últimas se ubican en lugares predeterminados, con geometría bien definida, y se les aplican tratamientos adecuados a la función que deben desempeñar en la estructura.

Por lo anterior se comprende que las juntas frías deben verse como defectos de construcción que, de igual modo que los producidos por la segregación, pueden afectar la integridad de las estructuras.

Aún cuando hay juntas frías que ocurren como resultado de situaciones fortuitas, totalmente imprevisibles, (por fallas de equipo principalmente) lo cierto es que la mayoría de las veces pueden evitarse con una adecuada planeación del procedimiento de colocación del concreto, en función del conocimiento de las propiedades de la mezcla de concreto en uso, la geometría de la estructura por colar y las características del equipo de colocación disponible. Se mencionan a continuación algunas prácticas y precauciones recomendables para disminuir el riesgo de que ocurran juntas frías en el curso de la ejecución de un colado.

- a) Tiempo de fraguado. Se dice que una mezcla de concreto es compactable, en condiciones normales, mientras no obtiene su fraguado inicial. Como el tiempo de fraguado es una variable que depende de varios factores, principalmente la temperatura de curado, (ver Figura 6) es conveniente tener idea de su duración para la mezcla de concreto en

uso, en las condiciones particulares del trabajo en que se aplica. Con un penetrómetro de bolsillo, como el mostrado en la Figura 7, se puede detectar en forma aproximada el fraguado inicial del concreto, el cual se considera que ocurre cuando la resistencia a la penetración es de  $35 \text{ kg/cm}^2$  ( $500 \text{ lb/pulg}^2$ )

b) Transporte y colocación. Puede considerarse que, para que no ocurran juntas frías, el tiempo de fraguado inicial del concreto es el máximo de que se dispone para realizar el proceso de mezclarlo, transportarlo, colocarlo, compactarlo y dejarlo en espera de que se complete el ciclo de colocación para sobreponerle nuevo concreto. Es conveniente que la mayor parte del tiempo disponible para ese proceso transcurra después que el concreto se haya colocado y compactado pues así se dispondrá de más tiempo para realizar el ciclo de colocación. Para que así sea, es necesario que el transporte, la colocación y la compactación se realicen de manera expedita. En la Figura 8 se presentan esquemáticamente las etapas de que consta el proceso anteriormente descrito, asignándoles duraciones que pueden considerarse normales.

c) Planeación del colado. Es necesario definir previamente al colado cuál es el área máxima que conviene cubrir en una sola capa, dependiendo esto de la capacidad de pro-

ducción de la planta mezcladora de concreto, de las facilidades disponibles para su transporte y colocación y del tiempo de fraguado inicial de la mezcla en uso. Es asimismo necesario planear adecuadamente el avance del colado y la repartición del concreto dentro de los moldes, a fin de evitar demoras en esta etapa.

- d) Uso de aditivos. Si al efectuar la planeación del colado se observa que no se cuenta con las facilidades necesarias para lograr un transporte y colocación expeditos y/o la capacidad de la planta de mezclado es demasiado reducida y/o la temperatura ambiente es muy alta (el tiempo de fraguado sería muy corto) entonces será recomendable considerar la conveniencia de utilizar un aditivo que retarde el tiempo de fraguado del concreto. Antes de su empleo será prudente efectuar pruebas con los materiales de la obra para determinar cuál es el producto adecuado y su dosificación necesaria para lograr el retardo requerido. (ver Figura 9).
- e) Suspensiones inevitables. Cuando por circunstancias fortuitas, totalmente inevitables, el colado se interrumpa dando lugar a la formación de una junta fría, esta debe tratarse en todo lo que sea posible como junta de construcción. Es recomendable adoptar las siguientes recomendaciones mínimas:

- el. Tratar de obtener una geometría definida en el plano de la junta, evitando salientes o depresiones pronunciadas y porciones de concreto mal adheridas al resto de la masa colocada y procurando que el plano de la junta resulte normal al acero de refuerzo principal. Esto puede conseguirse a veces interponiendo una forma para confinar el último concreto que se coloque antes de la suspensión, o bien recortando concreto, ya colocado, antes de su fraguado inicial para interponer la forma y volverlo a compactar. El revibrado del concreto, si aún se encuentra moldeable, no es perjudicial e inclusive puede mejorar su resistencia si se efectúa adecuadamente, según se indica en la Figura 10.
- e2. En el momento en que se regulariza la geometría de la junta debe decidirse si es necesario adicionar acero de refuerzo para lograr una correcta transmisión de esfuerzos a través de ella, de acuerdo con su ubicación en el miembro estructural afectado. Este acero adicional, en caso de requerirse, deberá ahogarse en el último concreto colocado mediante la ayuda de un vibrador de inmersión, introduciendo las varillas toda la longitud que sea recomendable por adherencia.
- e3. Una vez que el concreto haya obtenido su fraguado fi-

nal deberá limpiarse y escarificarse para favorecer su adhesión al concreto subsecuente. Para este objeto, si el concreto no está demasiado duro es recomendable usar un chiflón de agua a presión. En caso de mayor dureza conviene usar chiflón de arena húmeda a presión. El concreto de la junta deberá conservarse húmedo hasta el momento de reanudar el colado.

- e4. Para continuar colocando concreto en contacto con la junta así preparada deberá comenzarse colocando una capa de mortero de liga de 3 a 5 mm de espesor sobre la superficie de junta que pueda cubrirse con concreto durante los siguientes 30 minutos, y así sucesivamente. Este mortero deberá tener la composición que resulte de suprimir la grava a la mezcla de concreto en uso, con la sola precaución de reducir el contenido de agua para que no resulte un mortero fluido, sino más bien de consistencia cremosa que se pueda aplicar con cepillo.
- e5. Al comenzar a colocar nuevo concreto en la vecindad de la junta deberán extremarse los cuidados en su compactación con objeto de asegurar que no ocurran vacíos en esta zona y que el mortero de liga se incorpore al nuevo concreto.

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

	DSSS	Dens.seca	Absorción	M.F.	P.V.S.	P.V.C.	Tam. Máx.
ARENA							X
GRAVA							

Resistencia especific. f'c \_\_\_\_\_ kg/cm<sup>2</sup>

$$D_s = \frac{DSSS}{1 + A}$$

A la edad de \_\_\_\_\_ días

Con valores inferiores f'c de \_\_\_\_\_ %

fcr

CONTROL DE CALIDAD

Revisión de:  
 Densidad  
 Absorción  
 Humedad  
 Granulometría

Cont.	casual

Revisión de:  
 Contenido de aire  
 Peso vol. fresco

Cont.	Casual

C.V. Prob.

	Pesos secos	Densidad seca	Vol. Absolutos
1) Relación Agua Cemento a/c (tabla 5) ó grafica			
2) Cantidad de Agua de Mezclado (tabla 3) ó grafica		1	
3) Cemento = $\frac{\text{Agua}}{A/c}$ = _____ =		3.12	
4) Volúmen de arropado ruese (tabla 6)			
5) Grava = V. Agreg. X P.V.C. = _____ x _____ =			
6) Aire atrapado incluido (Tabla 3)			
7) Total de volúmen sin arena			
8) Arena = (1000 - V. sin arena) X densidad seca			

RESUMEN

Cemento	<input type="text"/>	Arena seca	<input type="text"/>	Grava seca	<input type="text"/>	Agua de mezclado	<input type="text"/>
---------	----------------------	------------	----------------------	------------	----------------------	------------------	----------------------

AVIA  
AVIA

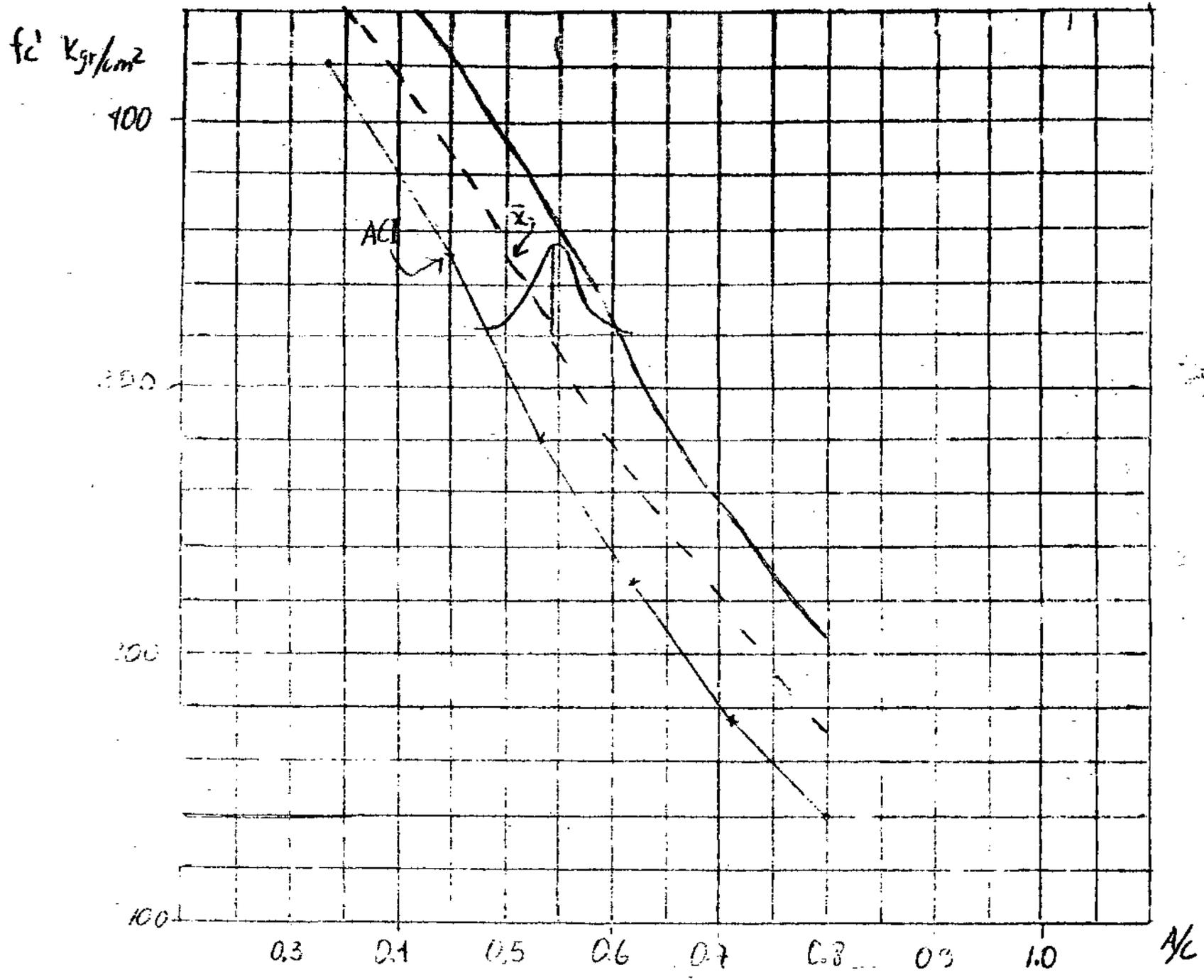
2020

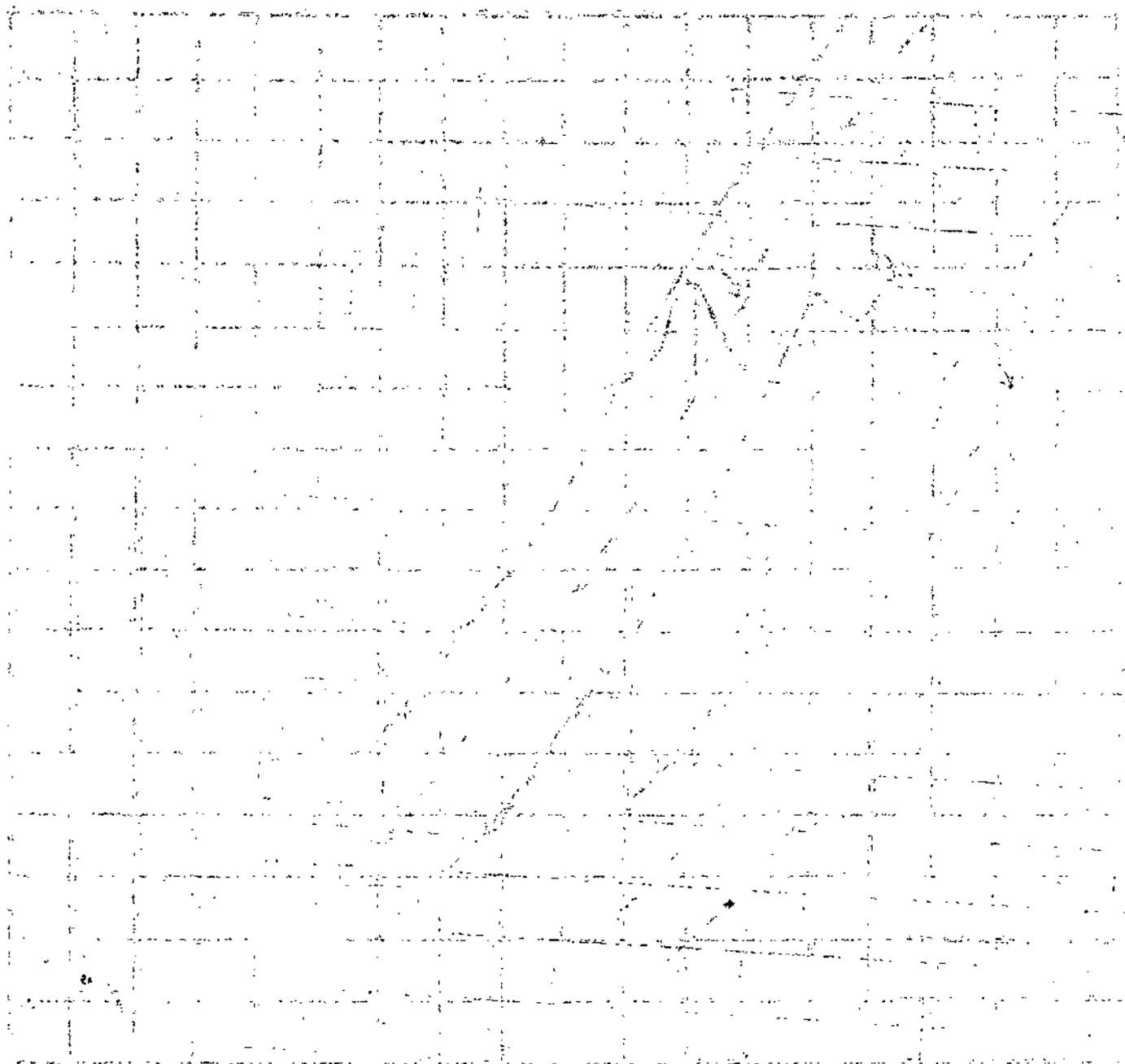
I + A

Comptroller General of the United States  
Washington, D.C.

CONTRACT

Contract Description	Contract Number	Contract Value	Contract Status	Contract Dates
General Services Administration	15-0000000000000000	1.00000000	Active	09/01/2015 - 08/31/2016
General Services Administration	15-0000000000000000	1.00000000	Active	09/01/2015 - 08/31/2016
General Services Administration	15-0000000000000000	1.00000000	Active	09/01/2015 - 08/31/2016
General Services Administration	15-0000000000000000	1.00000000	Active	09/01/2015 - 08/31/2016
General Services Administration	15-0000000000000000	1.00000000	Active	09/01/2015 - 08/31/2016
General Services Administration	15-0000000000000000	1.00000000	Active	09/01/2015 - 08/31/2016





1/18

0.1

0.2

0.3

0.4

0.5

0.6

0.7

0.8

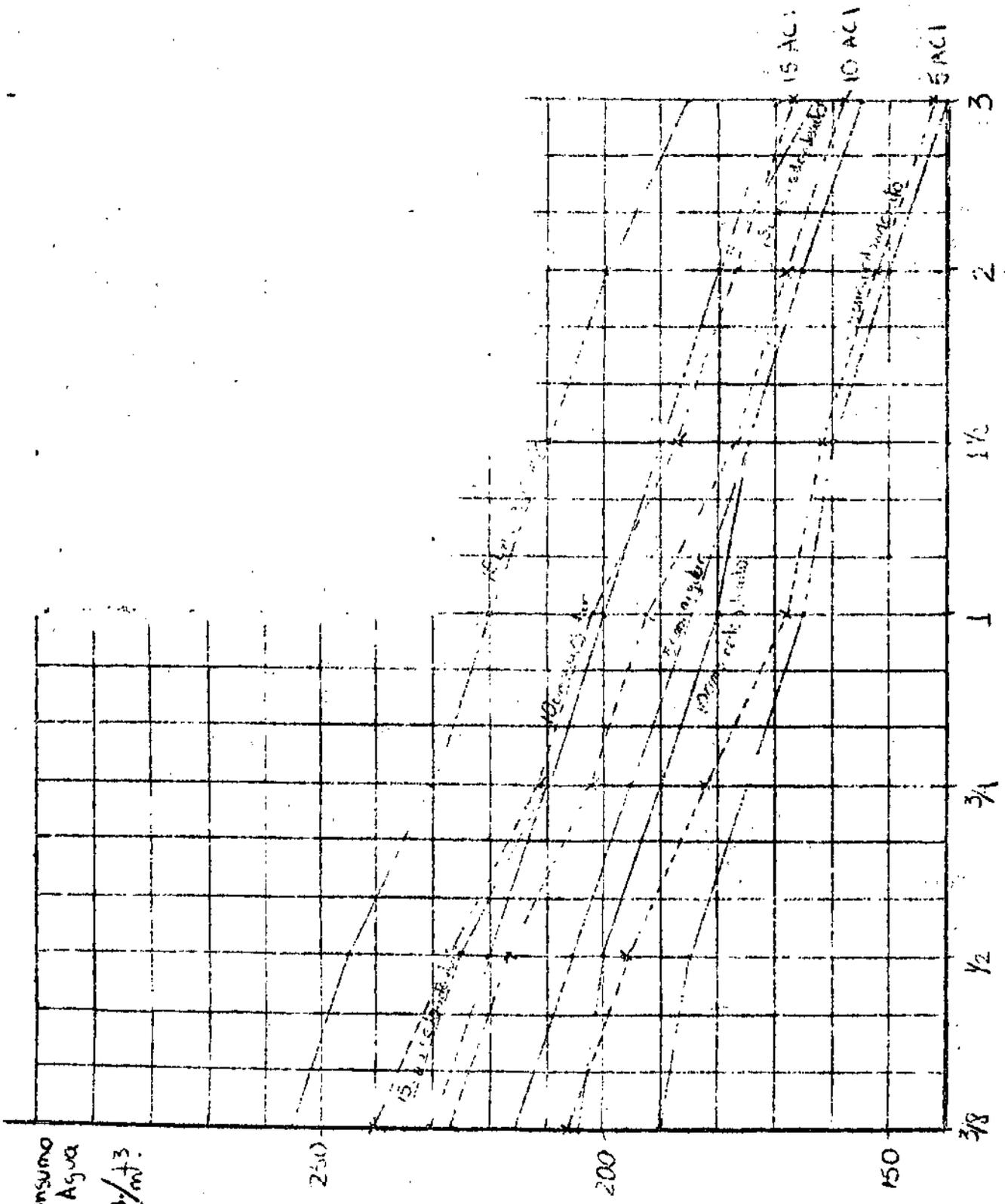
0.9

1.0

1.1

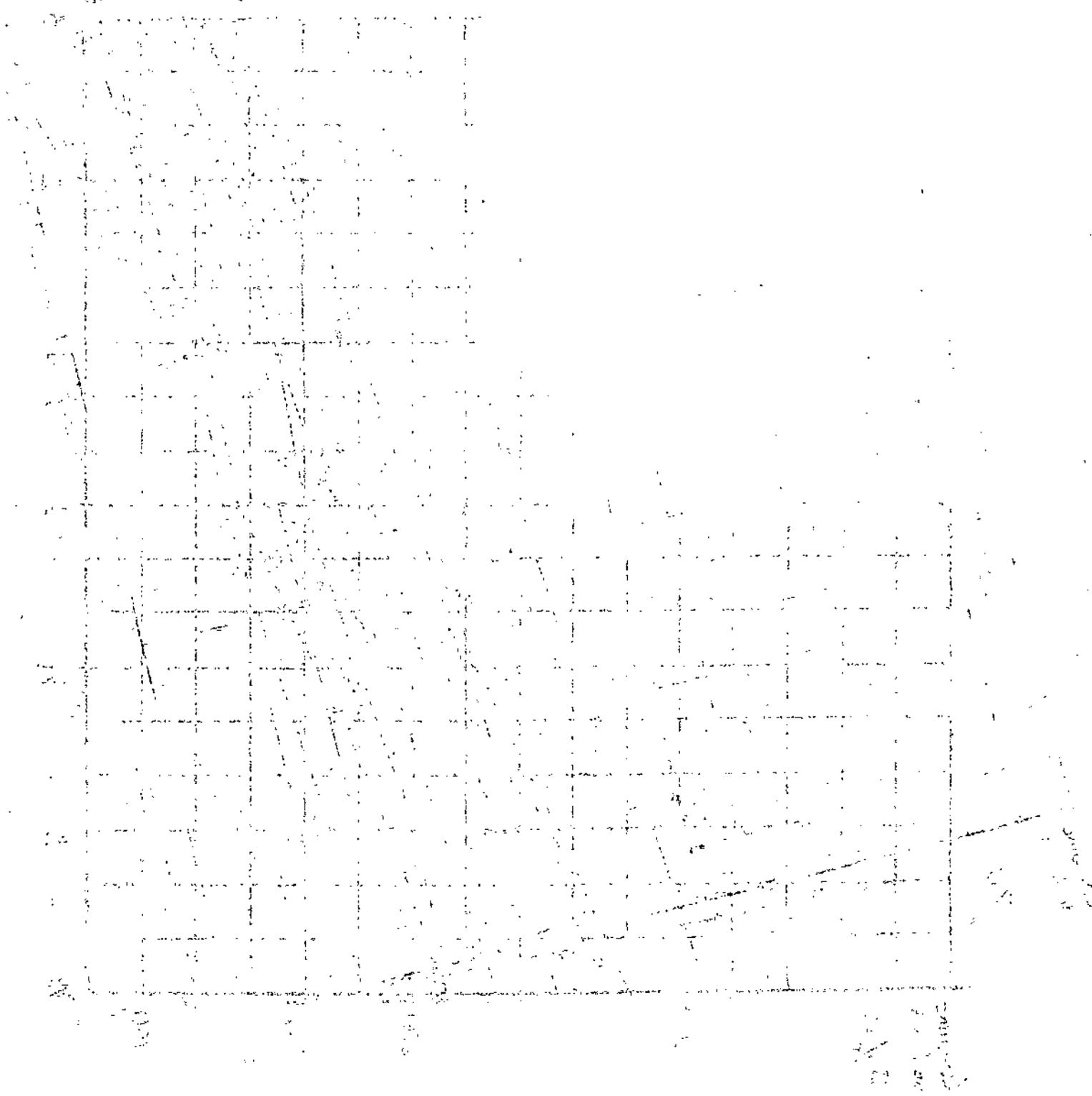
1.2

Consumo de Agua  
lt./m<sup>3</sup>



--- ACI  
— NRM/LA

1000



## ACABADOS DE SUPERFICIES DE CONCRETO

Fundamentalmente podemos distinguir dos clases de superficies de concreto:

- a) Superficies con acabado común y
- b) Superficies con acabado aparente

### a) Superficies con acabado común .-

Son las superficies de concreto que resultan despues de colado el concreto sin ninguna precaución especial para su apariencia. Estas superficies quedan, por lo general, ocultas a la vista de la gente.

Sin embargo, aunque no se busque una superficie aparente, esta debe tener un terminado aceptable, ya que una superficie bien terminada es índice de un concreto sano y bien trabajado, además que permite la colocación correcta de los recubrimientos.

Más adelante trataremos las medidas necesarias para lograr una buena superficie.

### b) Superficies con acabado aparente.-

Son las superficies de concreto que se construyen con la idea de que formen parte del terminado de la construcción siendo parte integrante del diseño arquitectónico.

En este caso, el terminado de la superficie requiere una atención especial para que su apariencia sea uniforme en color y textura, tanto en el momento de colocar el concreto como en el tiempo de curado, tratando de evitar que el intemperismo afecte su apariencia.

Dentro de las clasificaciones anteriores cabe una segunda división:

- a) Superficies con cimbra
- b) Superficies sin cimbra

### a) Superficies con cimbra.-

En las superficies con cimbra el acabado lo da la cimbra de contacto, por lo que el tipo de cimbra y el estado en que se encuentre determina el acabado.

## I.- Clases de cimbra :

En la actualidad los materiales más utilizados para cimbra son:

- 1) Madera
- 2) Metal

3) Fibra de vidrio

4) Otros

1) Madera.-

La madera es el material más utilizado para cimbras porque -- para la construcción de obras en que los usos que se le da a la madera no son demasiados resulta el material más económico.

Las cimbras de madera se pueden clasificar según el tipo de madera que se emplee, como pueden ser:

a) Duela común :

La cimbra con duela común se forma montando sobre un bastidor de madera también, duelas pegadas a hueso unas con otras hasta -- completar la superficie de contacto.

Este tipo de cimbra es el más utilizado y nos proporciona un acabado común, que puede ser recubierto con algún otro material.-- Es la cimbra más económica y que mejor se adapta para la construcción de estructura de concreto.

Es muy importante controlar la calidad de la mano de obra y -- el estado de la duela porque si la mano de obra es deficiente y/o la madera tiene ya demasiados usos o defectos que la debiliten, -- las superficies que se obtengan no conservarán la posición que se pretendió darles.

b) Duela machiembreada:

Es similar a la anterior pero con la duela unida por el sistema de machiembrear una duela con la siguiente, en lugar de la junta a hueso de la anterior.

Este sistema tiene la ventaja de ser más resistente y de proporcionar una superficie terminada más uniforme y cuando la duela esta en buen estado y uniforme, puede considerarse como aparente.

Sin embargo este sistema no es muy utilizado actualmente por su alto costo y por la escasez de mano de obra especializada.

c) Triplay :

En la cimbra con triplay se utiliza un bastidor similar al de los anteriores, pero la madera de contacto es de triplay, variando el espesor según el uso de las formas. Se obtiene con esta -- cimbra un acabado aparente.

2) Metal .-

En las cimbras de metal se utiliza un sistema muy semejante -- de las cimbras con madera, solo que la cimbra de contacto es -- metálica.

Esta cimbra se usa especialmente cuando los elementos que se van a colar son de las mismas medidas y en gran número. Ya que su costo es muy elevado, solo el usarlas repetidas veces, sin modificaciones, justifica su empleo.

La cimbra metálica es muy usada en plantas de fabricación de elementos pretensados o prefabricados.

### 2) Fibra de vidrio .-

La fibra de vidrio es un material relativamente nuevo en la construcción. Su uso puede hacerse recubriendo algún otro material o individualmente apoyado en un bastidor.

#### a) Como recubrimiento:

Se utiliza forrando cimbras de madera para protegerlas del desgaste que sufren en cada uso, así como para dar a la superficie de concreto un acabado más terso. En este caso el espesor de la fibra de vidrio es de 2 ó 3 mm. aproximadamente y triplica o cuadruplica el número de usos de la cimbra de madera.

#### b) Individualmente:

Existen cimbras de fibra de vidrio que son lo suficientemente rígidas para sostenerse por sí mismas ( como los casetones para losas nervuradas ) usando solamente un bastidor como el que sostiene la cimbra de madera para el mismo fin.

Esta cimbra da también acabado aparente además de ser de fácil colocación y descimbrado resulta económica por la durabilidad que posee.

### 3) Otros .-

Entre otros materiales para cimbra podemos mencionar asbesto, plástico, tabique, etc., pero principalmente cabe hacer mención de las combinaciones de los tres materiales anteriores, que trabajando como forro ó como bastidor nos dan variedades de cimbras muy versátiles para concretos con acabado aparente.

Entre los acabados que podemos obtener directamente de las cimbras podemos mencionar los siguientes:

## II.- Acabados Directos de la Cimbra :

### 1) Acabado marcando los tableros.-

De todos los acabados de que dispone la arquitectura los que se obtienen directamente de la cimbra son posiblemente los más recompensados, si bien el costo de la cimbra y el alto control del concreto en su fabricación y colocación motivan un precio muy diferente del concreto normal, el costo extra es apreciable menor que el costo de cualquier otro recubrimiento. El factor importante que hay que considerar es que el resultado final debe mostrar la mano del artista y no aparecer como arreglos arbitrarios.

Una amplia variedad de diseños de tableros y texturas pueden-

obtenerse dependiendo del tipo y calidad de la madera y la forma de usarla.

La mayoría de las maderas dejan alguna impresión de la veta en el concreto; ~~El~~ esto se acentúa o no depende del tipo de madera - el estado del tronco cuando se corta en duelas y la manera de cortarla.

Es importante que las especificaciones sean cuidadosas y precisas para dar al contratista información completa de lo que se desea. A menos que el mismo tipo de tablero haya sido usado anteriormente y producido por el mismo contratista, es recomendable -- probar uno o dos paneles para determinar exactamente el procedi- miento a seguir.

Los tableros deben ser prácticamente uniformes en espesor --- para que no haya relieves en las juntas.

) Superficies lisas .-

Donde se desea obtener una superficie lisa fina debida a cual- quier diseño de tablero o textura, o es necesario hacer la cimbra con hojas de triplay o prefabricar la cimbra usando hojas de tri- play directo sobre el bastidor. Esta cimbra produce superficies - planas con líneas de juntas generalmente tan finas como es posi- ble.

a) Triplay

El triplay puede obtenerse en gruesos desde 1/8 hasta 3/4" de 8 a 10 pies de largo y 3 a 5 pies de ancho.

Con triplay de 3/8 a 5/8 " es necesario usar bastidor para -- prevenir diflexiones que son notorias en la superficie terminada. Con espesores menores de 3/8" es indispensables usar un repaldo - sólido.

Por la línea de cimbra, en donde se usa triplay de 1/4" y 3/8" el triplay debe ser clavado aproximadamente en intervalos de 4 a- 6" en sus cuatro orillas y por lo menos un clavo por pie cuadrado en el interior para evitar abultamientos.

b) Tableros duros

Una superficie plana puede producirse alineando cimbras de ma- dera con tableros duros, los que se obtienen en husos mayores de- 12 por 4 pies y de 1/8" a 1/4" de grueso. Los tableros standard - tienden a volverse suaves e hincharse con el uso e intemperismo. -- Por esta razón es preferible usar tableros extra-duros o acentados que son resistentes al agua.

Con tableros standard el uso se limita a 4 o 5 veces, con tra- to razonable los tableros extra duros o tratados dan un promedio- de 10 usos.

Los tableros de fibra comprimida tienen tendencia a decolorar el concreto, por lo que es recomendado que la superficie sea tra-

tada con laca clara; este tratamiento incrementará los usos de -- los tableros suficientes veces para pagar el costo adicional.

c).- Triplay con una cara plástica.-

Cuando se necesita una superficie más plana y tersa que la proporcionada por las cimbras anteriores puede usarse triplay con re cubrimiento plástico. Estos triplays se fabrican en Australia.

Este tipo de triplay tiene la ventaja sobre las cimbras comunes de que no requiere el uso de aceite o diesel. Esta es una gran ventaja ya que el uso de estos protectores es una de las principales causas de manchar o decolorar el concreto.

La vida de estos tableros es conservadoramente usandola con cuidado de 15 o 20 usos.

3 ) Cimbras especiales .-

a) Hule

Hojas de hule acanalado han sido usadas como material de ---- cimbra por muchos años como medios para proveer una buena llave -- mecanica a la superficie del concreto para soportar acabados aplicados. El uso de hule para dar un acabado decorativo al concreto--colado in-situ no ha sido explotado en grandes cantidades principalmente debido al costo y lo restringido de los diseños existentes.

Hule texturado fue usado para dar el diseño de largos elementos precolados.

Generalmente, para que el hule compita con otros materiales -- debe usarse algún diseño de línea de los fabricantes. Si la demanda de diseños especiales es suficientemente grande para garantizar la necesidad de un nuevo molde puede hacerse, pero es difícil visualizar un caso en que se justifique.

La mayoría de los diseños disponibles son los usados para tapetes; se pueden obtener en varias calidades y su uso como cimbra debe discutirse con el Fabricante.

b) Termo plastico

El tipo de plástico normalmente usado es P.V.C. o poliestireno.

Una gran ventaja del termo plástico es su flexibilidad así -- como su resistencia a la abrasión. Para obtener superficies verdaderamente planas el termoplástico debe usarse sobre triplay suficientemente grueso para evitar el abultamiento. Las hojas pueden fijarse a los tableros con pequeños clavos circulares, pero es -- preferible pegarlos.

III.- Defectos en el Concreto

Cuando se desea obtener una superficie de concreto que no acusen defectos en la cimbra de debetener sumo cuidado con los sigui

entes puntos:

### 1) Juntas de construcción

Aceptamos las limitaciones del concreto y planeandolo en forma honesta y franca. Tendremos resultados altamente satisfactorios.

Una limitación del concreto es la junta de un concreto fresco con uno endurecido. Cuando sea posible es recomendable evitar las juntas, pero cuando no sea costeable un colado ininterrumpido, es mejor hacer notar las juntas como parte del diseño arquitectónico.

Cuando se acepta la junta de construcción como parte del acabado del concreto es necesario tomar las precauciones que eviten escurrimientos de lechada, líneas disparejas, vacíos y cualquier otro defecto que desmerezca la apariencia de la superficie.

### 2) Curado

La reacción química del concreto al endurecer depende de la presencia del agua. Es normal que una adecuada cantidad de agua exista para la completa hidratación del concreto al colar, pero es necesario curar el concreto para asegurar que el agua es retenida para garantizar una correcta reacción.

El endurecimiento del concreto no se debe al secado. El secado, si ocurre demasiado rápido, produce un decremento de la resistencia. El método de curado más satisfactorio depende de las condiciones del sitio. Si la cimbra puede permanecer 3 o 4 días en el lugar y estar húmeda, es posiblemente el mejor método de curado cubriendo el concreto con polietileno para evitar la evaporación de la mezcla.

Rociar el concreto con agua es un medio seguro de producir eflorescencia. El objeto del curado es asegurar que el agua es retenida en el concreto y esto puede lograrse mejor cubriendo el concreto con un material impermeable puesto tan cerca como sea posible de la superficie.

Es conveniente evitar el uso de aditivos para curado que puedan manchar la superficie del concreto ya sea por su color natural o por la reacción química que produzcan.

### 3) Terminado

Con la mejor intención del mundo no es posible producir un acabado que no requiera algún ligero retoque. Cuando estos retoques los hace gente especializada en estos trabajos es imposible detectar donde fue tratada la superficie.

La Técnica a emplear varía naturalmente con el tipo de acabado de que se trate, pues no sera satisfactorio retocar un acabado cimbrado con triplay como plástico usando duela con textura rugosa.

Cuando sea necesario parchar una superficie, el concreto deberá cortarse a una profundidad aproximada de una pulgada, las orillas deberán cortarse en ángulo recto con la superficie del muro. Antes de cualquier retoque el arca por llenar deberá ser limpiada perfectamente y humedecida para controlar la absorción del concreto. Es muy importante y amenos que sea verdaderamente bien hecho, hay una probabilidad de que la mezcla requerida para una hidratación adecuada del mortero del parche, será absorbida en el concreto, resultando un parche debil.

La mezcla del parche debe tener 1 parte de cemento 2 partes de arena cernida de la usada en el concreto original pasando por la malla No. 25. Inmediatamente antes de llenar el parche, la superficie de concreto debe untarse con una capa lechada de cemento.

El mortero del parche debe mezclarse con agua suficiente solo para dar consistencia como tierra.

Las herramientas usadas para parchar dependen del area que se va a tratar, pero generalmente la llana de madera es la más recomendable. Debe usarse tanto para el llenado del hueco como para la consolidación del mortero golpeandola con la mano.

La superficie del parche debe tratarse para que parezca igual a la superficie de alrededor y luego cubierta varios días para prevenir la evaporación.

Generalmente los parches tienden a ser más oscuros que el concreto original por lo que es recomendable poner una parte de cemento blanco en la mezcla que usualmente puede ser de 15 a 30% del total del cemento.

Si la superficie tiene bien definido el diseño del grano de madera, este puede ser reproducido en la superficie del parche colocando una madera igual sobre el parche y golpearla con un martillo para imprimir el diseño del grano en la mezcla.

Los agujeros de tornillo deben ser llenados con mortero bien compactado trabajando desde el interior del muro.

Cuando se desea pintar la superficie de concreto es usual especificar que el concreto esté libre de rebabas y dejar una superficie adecuada. Para obtenerlo es práctica común retirar la cimbra tan pronto como sea permitido y resanar la superficie del concreto a mano.

Una especificación para acabados de concreto expuesto usada por la Asociación Americana del Cemento Portland, dice lo siguiente :

Las operaciones de limpieza no debe llevarse a cabo hasta que todos los muros han sido terminados, incluyendo todos los parches y retapado de agujeros, limpiar parte de muros según progresa el trabajo no se recomienda.

En caso de que la superficie de concreto este manchada de

acelle u otro material o no tenga un color uniforme, puede limpiarse por el siguiente procedimiento:

Mezclar una parte del cemento portland y 1 1/2 parte de arena fina con suficiente agua para producir una lechada con consistencia de pintura delgada cemento blanco portland se usara -- para todo o parte del cemento de la lechada, según el color que se desee obtener, a continuación seque la superficie para remover completamente la lechada seca, sin dejar ninguna película de lechada visible.

#### 4 ) Agrietamiento, Causas y Soluciones.

De acuerdo con Joe W. Kelly, profesor emérito de Ingeniería-Civil en la Universidad de California,

La mayoría de nosotros se resfría y la mayoría del concreto se agrieta . Nosotros cumplimos con nuestras obligaciones a pesar del resfriado y el concreto cumple con las suyas a pesar de las grietas. Sin embargo, todos estamos de acuerdo en que tanto el resfriado como las grietas pueden evitarse.

Las grietas raramente afectan la acción estructural o la durabilidad del concreto en forma significativa, pero presentan una mala apariencia y permiten que el agua se introduzca con más facilidad de tal manera que puede acelerarse el desgaste o la oxidación en algunos casos. Por consiguiente, debemos tomar medidas para prevenir el agrietamiento.

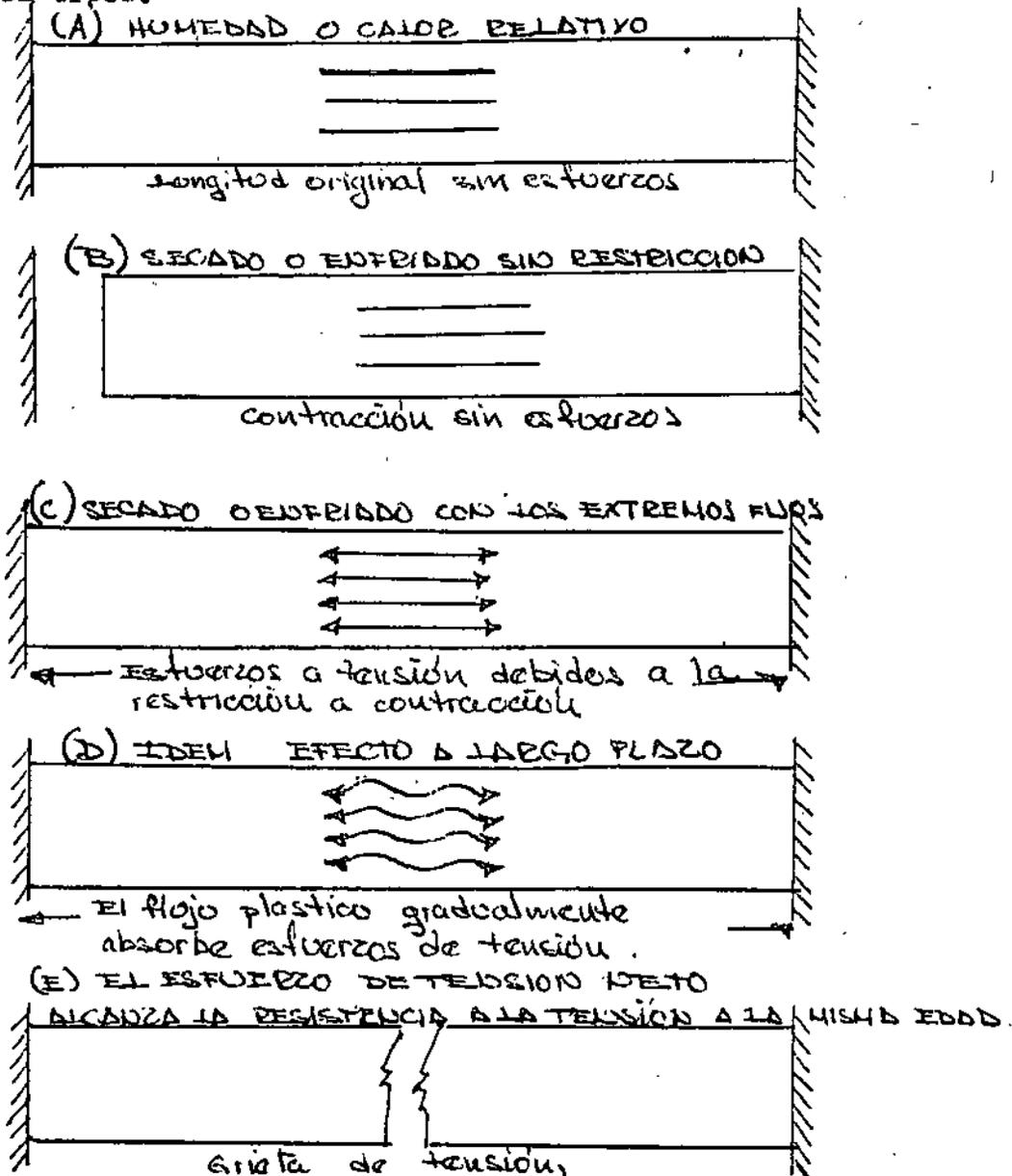
No se conoce todavía ningún método para construir concreto que no se agriete en lo absoluto, pero sí sabemos lo suficiente para prevenir, y a menudo evitar en su totalidad, el agrietamiento. No existe una fórmula simple o segura, porque existen muchas causas de agrietamiento y no todas están sujetas a control simultáneamente; además participan muchas personas en la fabricación del concreto. Pero hemos encontrado que cuando el arquitecto, el ingeniero, el controlista y el que abastece los materiales hacen su parte correspondiente, los resultados son consistentemente satisfactorios.

He encontrado que un viejo proverbio resulta a menudo de utilidad; " encuéntrase la causa, y el remedio aparecerá por sí mismo " Veamos qué es una grieta, cuál es la causa que la produce, y qué es lo que puede hacerse.

#### Clases de grietas:

Existen muchas clases de grietas. Por lo que respecta a su profundidad, existen grietas superficiales, poco profundas, profundas y grietas en todo el peralte. Con respecto a su dirección en la superficie del miembro, existen dos clases principales: Grietas en forma de mapa, que son grietas pequeñas, más o menos uniformemente distribuidas, que se extienden en todas direcciones formando patronos exagonales; estas grietas indican restricción de la capa superficial por el concreto interior o inferior. Las otras grietas principales, grietas simples continuas, se extienden en dirección más o menos definida, y a menudo son paralelas a intervalos más o menos constantes; indican restricción en-

dirección perpendicular a las grietas. Existen grietas internas alrededor de agregados de gran tamaño; aún las fallas por compresión se inician en grietas de esta clase. Existen grietas en el concreto fresco y grietas que se presentan después de que el concreto ha endurecido. Existen grietas incipientes en el concreto fresco que pueden desarrollarse solamente si alguna otra influencia ayuda a que se presente es fenómeno. Existen grietas que se presentan por reacciones químicas que debilitan el concreto, y muchas otras clases de grietas. La discusión que sigue se limitará principalmente a grietas continuas unidireccionales, que se presentan con frecuencia en concreto endurecido, aunque mucho de lo que se aplica a esta clase de grietas se aplica también a los otros tipos.



Procedo de agrietamiento:

Examinemos las causas del agrietamiento. En la ( Fig. 1A ) se representa una barra de concreto de una longitud determinada, en una condición dada de temperatura y humedad y libre de esfuerzos:

Si esta barra se seca o se enfría sin que esté restringida, simplemente sufrirá una contracción y no se desarrollarán esfuerzos como se indica en la ( Fig. 1B ). Sin embargo, si los extremos están -- restringidos durante el proceso de secado o enfriamiento de tal -- manera que se conserve la longitud original, como se muestra en la ( Fig. 1C ) la barra desarrollará esfuerzos en tensión como si hubiese estado libre para contraerse y después se hubiera estirado hasta su longitud inicial. Las flechas indican la fuerza de tensión -- aplicada en los extremos. Con el tiempo, los esfuerzos se alivian-- gradualmente debido en parte al flujo plástico que en casos extre-- mos puede reducir estos esfuerzos hasta un tercio del valor origi-- nal ( en la Fig. 1D se presentan la barra con la fuerza ya reduci-- da ) Durante cualquier etapa ya sea en concreto fresco o endureci-- do, si los esfuerzos netos de tensión alcanzan la resistencia a la -- tensión del concreto para una edad determinada, éste se agrietará -- y los esfuerzos se aliviarán según se muestra en la ( Fig. 1E ). -- Este es un caso simple pero ilustra el proceso que puede presentar -- se ya sea en escalas mayores o menores, en cualquier localización -- o dirección, y producido por cualquier causa de agrietamiento.

La continuidad del proceso se muestra en la Fig. 2 en la cual -- las distintas propiedades del concreto se indican en la escala de -- las ordenadas y el tiempo de contracción o de enfriamiento se pre -- senta en las abscisas. Cuando el concreto se seca o se enfría tiene -- de a contraerse, según se muestra en la curva inferior de contrac -- ción libre, A. Los esfuerzos "elásticos " correspondientes se desa -- rrollan simultáneamente debido a la restricción como se muestra en -- la curva B. El flujo plástico también se desarrolla simultáneamente -- y los esfuerzos netos de tensión son menores que los esfuerzos e -- lásticos según se muestra en la curva C. Cuando los esfuerzos net -- tos de tensión, C, para cualquier edad alcance la resistencia a la -- tensión, D, correspondiente a esa edad, se agrietará el concreto. -- Si los esfuerzos no alcanzan la resistencia a la tensión, lo que -- sucede con frecuencia, el concreto no se agrietará.

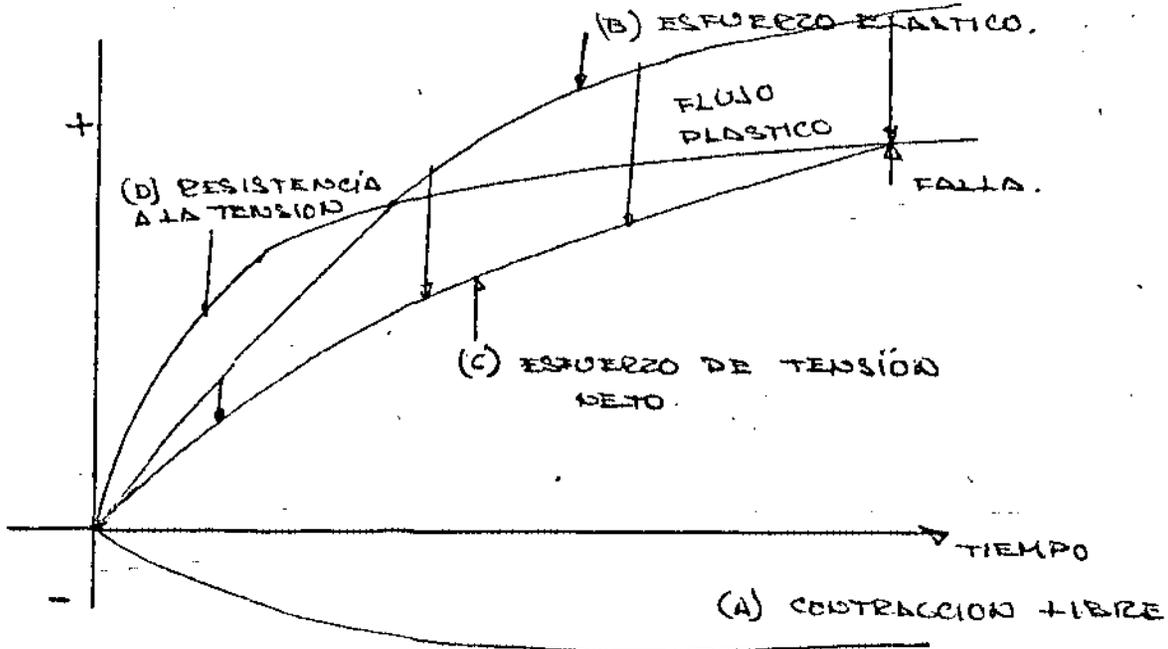
A partir de la figura podemos ver que la probabilidad y magnitud -- del agrietamiento depende de los siguientes factores :

- Contracción ( ya sea por secado y/o por enfriamiento )
- Contracción de restricción ( externa o interna; total o -- parcial )
- Elasticidad o rigidez ( esfuerzo por unidad de longitud de -- restricción )
- Esfuerzos ( de tensión; elásticos )
- Flujo plástico
- Esfuerzos netos de tensión
- Resistencia a la tensión.

Para obtener los mejores resultados se debe tener un concreto -- con un coeficiente de dilatación bajo, con una contracción por se -- cado reducida, y sin restricciones externas o internas; la rigidez -- elástica debe ser reducida y el flujo plástico elevado, con lo -- cual se logra que su capacidad de extensibilidad sea elevada; el -- concreto debe tener además, una elevada resistencia a la tensión. -- Desgraciadamente, no siempre pueden obtenerse estas condiciones; --

por ejemplo una rigidez elástica baja y una resistencia elevada son incompatibles. Sin embargo, debe hacerse todo lo que sea posible.

Es evidente que no puede establecerse una sola propiedad como la causa única o principal de agrietamiento. Recientemente ha habido una tendencia, a la cual en mi opinión se le ha dado demasiada importancia, que considera la contracción por secado del concreto endurecido como un criterio de la susceptibilidad de agrietamiento; pero realmente, un concreto con tendencia a una alta contracción puede tener una tendencia baja al agrietamiento por otras características que sean favorables. Sería mejor evaluar directamente la resistencia al agrietamiento, ya sea por observación de estructuras existentes o por ensayos directos.



Aun las distintas propiedades consideradas por separado están consideradas influenciadas por muchos factores. Por ejemplo, la contracción por secado está influenciada por la relación agua-cemento; la cantidad, finura y composición del cemento; la composición mineral, rigidez, forma, textura superficial, y graduación de los agregados; las características y cantidad empleada de cualquier aditivo; el tamaño y forma de la masa de concreto; las condiciones de humedad y temperatura; etc., nuevamente la resistencia a la tensión es baja cuando está en condición húmeda.

Aunque el agrietamiento y la durabilidad del concreto son cosas distintas, la relación (o falta de relación) entre la contracción por secado y la durabilidad es un aspecto interesante. En un reporte de comité reciente de Highway Research Board, se estableció que el grupo encargado de este trabajo no supo de ningún caso donde las investigaciones hubiesen revelado que una contracción por secado excesiva fuese la única causa o el factor más importante en la falta de durabilidad del concreto en estructuras de carretera en los Estados Unidos o en Canadá.

Causas :

Examinemos ahora las causas del agrietamiento. Estas son numerosas. L. Boyd Mercer, de Australia, ha establecido en el Commonwealth Enginner una clasificación sistemática excelente en la cual está basada la tabla I.

#### Tabla I

#### Causas de Agrietamiento en el Concreto

##### Antes del Endurecimiento.-

Movimientos de la Construcción ( cimbras ), contracción por asentamientos ( alrededor del refuerzo, obstrucciones, agregados ).  
Contracciones por fraguado ( plásticas; a corta edad )

##### Después del Endurecimiento

Causas químicas ( constituyentes del cemento, carbonización, agregados reactivos, sustancias extrañas; oxidación ).

Causas físicas ( contracción por secado; fluctuaciones de humedad )

Causas térmicas ( esfuerzos internos causados por el calor de hidratación diferencias en las propiedades térmicas de los agregados; variaciones en la temperatura externa, acciones de heladas )

Concentraciones de esfuerzos ( refuerzo; forma estructural como sucede en las esquinas de aberturas ; flujo plástico. )

Diseño estructural ( cargas; asentamientos de la cimentación - etc. )

Accidentes ( sobrecargas, vibración; fatiga; sismos; incendios)

#### Factores que afectan el agrietamiento

Examinemos qué variables en el concreto mismo son causas más ó menos importantes del agrietamiento - materiales, proporcionamientos y condiciones de colocación y curado. Veamos también qué condiciones de diseño, exposición y servicio afectan el agrietamiento. Algunos de estos factores se estudiarán en los párrafos siguientes y se discutirán en términos del agrietamiento hasta donde lo permitan las informaciones disponibles; existe mucha literatura sobre las distintas propiedades cuando éstas actúan en forma separada -- pero aún no se ha logrado una integración de los distintos factores ni puede realizarse esta tarea.

Agua.- La cantidad de agua por saco de cemento o por metro cúbico de concreto es un factor importante, probablemente el más importante. Mientras mayor sea la cantidad de agua, habrá mayor tendencia hacia el agrietamiento. El agua aumenta la contracción y reduce la resistencia.

Cemento.- La cantidad de cemento también es importante; en general mientras más rico en cemento sea el concreto mayor es el agrietamiento. Por ejemplo es bien conocido el agrietamiento que se presenta en superficies que se han recubierto con una mezcla rica en cemento. Basándose en esta observación del agrietamiento en cerca de setenta edificios. Walter Steilberg especificó alguna vez que la resistencia de ciertos concretos no debería exceder de 180 kg/cm<sup>2</sup>.

Los cementos sólidos finamente y los cementos con un contenido elevado de sílice tiene una contracción bastante alta pero no se agrietan con facilidad. La carbonización del cemento a partir del bióxido de carbono en el aire produce una contracción inicial pero reduce la contracción por secado subsecuente.

Se está trabajando activamente en una investigación que permita producir concretos de baja tendencia al agrietamiento por medio de cementos de expansión controlada.

**Agregados:** La composición mineral, forma, textura, superficial y graduación de los agregados afecta en forma variable el proporcio namiento requerido, el coeficiente térmico, la contracción por secado, la rigidez, el flujo plástico y la resistencia del concreto. La observación de estructuras en servicio es una buena base para comparar la influencia del agregado sobre el agrietamiento, aunque las condiciones de mezclado, temperatura, y colado pueden influenciar los resultados. Se ha establecido claramente que pequeñas cantidades de ciertas arcillas en los agregados causan una contracción y un agrietamiento elevados, por contracción de la arcilla más que del gel de cemento. Mientras más pequeño sea el tamaño máximo de agregados bien graduados mayor será la contracción del concreto, ba jo iguales condiciones de resistencia; los fragmentos grandes de rocas restringen localmente la contracción más que los fragmentos-pequeños.

**Aditivos.** Algunos aditivos pueden afectar el agrietamiento por sus efectos sobre algunos factores importantes tales como la velocidad de fraguado, contracción y flujo plástico. El cloruro de calcio en las cantidades empleadas usualmente aumenta considerablemente la contracción. Los aditivos retardadores generalmente aumentan la extensibilidad y por consiguiente reducen el agrietamiento.

**Sangrado.** El flujo hacia arriba del agua en el concreto fresco produce zonas de pasta muy aguada debajo de los fragmentos mayores del agregado, especialmente en secciones de mucho beralte, lo cual es causa de grietas internas.

**Colado.** La velocidad y condiciones de colado afectan sin lugar a dudas el agrietamiento, a través de su influencia sobre el sangrado, segregación en las cimbras y alrededor del esfuerzo, y temperatura. Los asentamientos diferenciales en la cimentación de losas causan muchas grietas.

**Curado:** Las condiciones de humedad durante el curado inicial y subsecuente son altamente importantes. El secado rápido del concreto fresco en losas después de algunos minutos de su colocación pueden causar que la velocidad de evaporación exceda la velocidad de sangrado hacia la superficie. Cuando sucede esto, de acuerdo con William Lerch " la superficie del concreto ha alcanzado una rigidez inicial; no puede acomodar por medio del flujo plástico, el rápido cambio volumétrico producido por la contracción plástica; no ha alcanzado una resistencia suficiente que le permita resistir los esfuerzos de tensión. Por consiguiente, se pueden desarrollar grietas por contracción plástica. " Este autor recomienda algunas medidas correctivas tales como el humedecimiento de la cimentación de las cimbras, y de los agregados; también recomienda evitar condiciones extremas de temperatura; empezar el curado tan pronto como sea posible; usar recubrimientos temporales o rociar el concreto

entre el colado y el acabado; y evitar que el viento y el sol actúen sobre la superficie con el fin de reducir la evaporación.

Aunque no ocurra el agrietamiento plástico, algunos efectos similares prevalecen durante las primeras etapas del endurecimiento. El secado parcial de la superficie, ya sea al principio o algún tiempo después, causa una contracción potencial que origina grietas. El beneficio del curado continuo durante largo tiempo radica en que aumenta la resistencia ( aunque de esta manera aumenta la rigidez elástica y reduce el flujo plástico ) y afecta en pequeña magnitud la contracción por secado.

Temperatura.- La temperatura afecta la velocidad de endurecimiento del concreto, pero su principal influencia sobre el agrietamiento radica en que determina la longitud "base" durante las primeras horas hasta que el concreto se vuelva rígido. A partir de esta longitud, los cambios subsecuentes de temperatura producirán grietas potenciales. Este efecto es especialmente importante en tiempo caluroso y en concreto en masa. Las secciones de pavimentos coladas durante tiempo frío se ven sujetas en menor grado al agrietamiento que cuando este trabajo se efectúa en tiempo caluroso; esto mismo es aplicable en mayor o menor grado a otras estructuras. En tiempo caluroso, el colado se debería efectuar durante la noche si esto no implicase dificultades de trabajo.

Condiciones de exposición.- Las condiciones ambientales de exposición tienen una gran influencia sobre el agrietamiento. Los gradientes elevados de temperatura y de humedad, producen restricciones internas importantes entre la superficie y la masa interior de concreto. Las superficies y la masa interior de concreto. Las superficies expuestas hacia el sur y hacia el oeste se ven más afectadas que las expuestas hacia el norte y hacia el este.

Condiciones de restricción.- Las restricciones muy rígidas producidas por cimentaciones o estructuras adyacentes pueden producir agrietamiento. Las restricciones causadas por la cimentación no se pueden prevenir totalmente y son causa frecuente de grietas -- verticales cerca de la parte inferior de los muros de edificios, aunque estas grietas no se extienden hasta la parte superior. Un muro largo o una losa sin juntas se agrietará con toda seguridad a intervalos definidos.

En general, mientras mayor sea la restricción a la contracción se presentarán grietas más numerosas pero de menor grosor. Mientras mayor sea el porcentaje de refuerzo de un muro o losa las grietas serán más numerosas pero de menor grosor; de ancho total acumulado de la grietas será aproximadamente el mismo con cualquier porcentaje de acero. Similarmente, el acero de refuerzo con un límite de fluencia elevado distribuye las grietas más favorablemente que el acero de grado estructural. Las grietas de poco grosor son generalmente preferibles, ya que son menos notables y evitan en mayor grado la penetración de la humedad.

Un muro monolítico colado integralmente con una estructura de acero se agrietará tanto vertical como horizontalmente.

También se presenta restricción cuando una porción de una losa o estructura se asiente o se mueve en forma diferente al resto -

de la estructura.

Las restricciones internas están causadas por diferencias en la composición de la mezcla, contenido de humedad y temperatura entre las distintas porciones de la masa de concreto .

Combinaciones de los factores anteriores.- Generalmente es necesario que se combinen los factores anteriores para que las obras de concreto resulten defectuosas. Se han construido y se construyen estructuras satisfactorias con uno ó más factores desfavorables. Si el concreto fallase cuando se le descuida o abusase de él, seguramente lo trataríamos con más respeto y cuidado.

Concreto presforzados.- Una manera excelente de prevenir el agrietamiento es por medio del concreto presforzado. El agrietamiento es un fenómeno de tensión y el presfuerzo induce compresión en el concreto. Por consiguiente cualquier contracción debida a un descenso de la humedad o de la temperatura y cualquier deformación elástica debida a cargas de servicio, únicamente disminuye parte de la compresión. Ya se han colado tableros de muro con concreto ligeramente presforzados en ambas direcciones, no únicamente por requisitos estructurales sino para comprimir ligeramente el concreto y prevenir el agrietamiento . Es de esperarse que esta práctica se volverá más popular y se aplicará en otras situaciones.

Miembros precolados.- El concreto estructural precolado se usa ventajosamente en combinación con el presforzado, por lo que respecta al agrietamiento. Pero ya sea presforzada o no, una estructura de concreto precolado se agrietará menos que una estructura monolítica correspondiente, porque los miembros individuales han alcanzado su condición de quilibrio por lo que respecta a humedad y temperatura antes de que se unan entre sí y además las restricciones son menores. Por otra parte este concreto se cura generalmente bajo condiciones muy controladas y en cualquier caso se inspecciona antes de ser aceptado y usado.

Qué se puede hacer para evitar el agrietamiento .- Veamos qué se puede hacer para prevenir el agrietamiento, o al menos mantenerlo dentro de límites aceptables. Como se ha establecido anteriormente no existe una fórmula simple o segura por las causas que son numerosas. La primera recomendación es que se debe tratar de resolver como un conjunto y no preocuparse únicamente de un sólo factor.

1.- Diseñese la estructura pensando en las condiciones de restricción durante el secado o enfriamiento del concreto. Las restricciones pueden deberse a asentamientos de la cimentación de los miembros soportantes, interacciones entre distintas partes de la estructura, longitud excesiva de unidades monolíticas entre juntas, refuerzo, etc. Las juntas por contracción, expansión y aislamiento se deben colocar a intervalos razonables, aunque sólo según juntas para controlar el agrietamiento, como sucede en banquetas. Se debe regular el ancho relativo y el espaciamiento de las grietas hasta donde sea practicable, a travez del porcentaje de refuerzo. Se debe reducir el agrietamiento "torcional " de las losas reduciendo las diferencias entre el refuerzo de las partes superior e inferior de las mismas.

Se deben evitar concentraciones de esfuerzos, como sucede en los ángulos interiores de aberturas y se deben reforzar puntos de agrietamiento potencial como las esquinas de ventanas y otras aberturas.

2.- Se deben emplear miembros preforzados o precolados siempre que sea posible.

3.- Se debe inspeccionar cuidadosamente el trabajo.

4.- Usense materiales que hayan prestado buen servicio por lo que respecta al agrietamiento, prescindiendo de ensayos sobre contracción o sobre otras causas independientes. Esto se aplica a cementos, agregados y aditivos. Se debe trabajar con abastecedores de materiales de confianza, incluyendo a los productores de concreto premesclado.

5.- Se debe emplear el contenido de cemento mínimo consistente con los requisitos de diseño. Las mezclas ricas de agrietan, más. Raramente es necesario emplear más de 6 sacos por metro cúbico y a menudo es suficiente con 5 sacos.

6.- Usese el contenido mínimo de agua necesario para trabajabilidad; no deben permitirse consistencias muy húmedas. Si se emplean vibradores, un concreto con revenimiento de 10 cm. puede colocarse fácilmente dentro de cimbras de muros de 20 cm. de ancho con dos lechos de refuerzo.

7.- Colóquese el concreto uniformemente y tómese en cuenta un posible asentamiento inicial de las cimbras, alrededor del refuerzo en pendientes, etc. Pospongase el alisado final de las losas hasta que haya ocurrido el asentamiento interno.

8.- Cúrese el concreto adecuadamente empezando lo más pronto posible. En losas empiecese el curado antes de que la superficie haya perdido su brillo. Deberán usarse cubiertas temporales o se deberá rociar el concreto durante los primeros minutos después del colado; también deberá protegerse la superficie del sol y del viento. Cuando se descontinúe el curado, se deberá evitar el secado rápido. Para unidades precoladas, empléese el curado por vapor siempre que sea practicable.

9.- Evítense temperaturas extremas. En tiempo caluroso enfríese con agua y/o los agregados según sea necesario para evitar concreto caliente. Evítense cambios bruscos en la temperatura de la superficie golpes térmicos como sucede cuando las cimbras o las mantas para curar el concreto se retiran en tiempo caloroso.

10.- Protéjase el concreto que este en condiciones de servicio contra cambios en la humedad y en la temperatura hasta donde sea posible, lo cual puede lograrse cubriéndolo con mantas. Las superficies de textura rugosa ocultan las grietas pequeñas y se deberán usar cuando sea posible.

Conclusiones.-

En conclusión se han establecido las diferentes maneras en que --

puede agrietarse el concreto y los distintos métodos para prevenir el agrietamiento. No es sorprendente que el progreso alcanzado en los métodos para reducir el agrietamiento haya sido lento, y - alguna veces retrógrado, cuando se comprende la complejidad del problema. Para prevenir las grietas, hágase un buen concreto atendiendo cuidadosamente los varios detalles del diseño y construcción ; para tratar las grietas que se espera se formen, controlen se por medio de un diseño apropiado de las secciones estructurales y de las juntas. En todo lo anterior estriba la diferencia entre un trabajo satisfactorio y uno defectuoso.

## ACABADO CON AGREGADO EXPUESTO.

Ha quedado establecido que el mejor camino para contrarrestar el pedrusco y el efecto frío del cemento; es el del agregado expuesto. Y también será argumentado que como el concreto está compuesto de cemento, fino y suficiente agregado, la verdadera naturaleza del agregado es revelada solo cuando estos constituyentes son visibles en la superficie.

O sea que al irse de la superficie o quedar expuesto el agregado es una forma que normalmente es gobernada por consideraciones de costo y la calidad arquitectónica de la estructura o elemento requerido. Y también de algunas consideraciones de Arquitectos o Ingenieros.

Pensando los pros y los contras del acabado expuesto sobre el concreto puro debe recordarse que aparte del costo adicional cualquier imperfección en el concreto tal como uniones pobres y la pérdida de la forma de trabajo individual entre paneles, tableros o juntas etc. se convertirán como regla general mas notables cuando el agregado es expuesto. Posteriormente si la forma de trabajo está hecha en los paneles correspondiendo al tamaño de la hoja en la cual la cimbra está normalmente disponible el patrón de estos paneles será invariablemente reproducido en la cara de contacto del concreto después de que ha sido colado, independientemente de que haya o no un escape de mortero entre las juntas de los paneles.

Por otra parte un acabado con agregado expuesto revela la verdadera naturaleza del material y suministra una forma en la cual puede lograrse un tono de color menos intenso del concreto, resultando de una selección cuidadosa de los agregados. Además de estas consideraciones, acabados con agregado expuesto sea o no de una forma atractiva que en los otros acabados en los cuales la piel del cemento endurecido es retenida, y cuando verdaderamente dará un sentido de homogeneidad y calidad de concreto que es difícil lograr por otros medios.

## CEPILLADO Y LAVADO.

El más barato y más simple del acabado expuesto se obtiene cuando la forma de trabajo es expuesta a temprana edad y la superficie es cepillada y lavada, y el agregado queda expuesto.

El período en el cual este método es efectivo depende de la extensión, del tiempo y del año, durante el cual la operación de construcción sea llevada a cabo y del tipo de cemento usado.

El área seleccionada del concreto sobre las consideraciones también tiene un esfuerzo en el rango en el que el concreto se endurecerá.

Durante condiciones normales con temperaturas entre 55° y 65° F. y usando cemento ordinario 16 a 18 hs. serán requeridas usualmente para encontrar el límite después de este período el molde se convertirá demasiado duro para removerlo por este medio.

Cepillos de cerda dura son normalmente usados para este trabajo y es mejor empezar la operación de cepillos desde el fondo y trabajar ha-

cia arriba la razón para esto es que el concreto al fondo del molde habrá sido vaciado primero, y consecuentemente la profundidad del agregado expuesto en la sección del fondo determinará la profundidad del agregado expuesto sobre el sobrante de la superficie.

Los cepillos deberán ser lavados constantemente en un recipiente con agua limpia, de otra forma se endurecerán sus cerdas y no serán efectivas para remover el mortero fraguado parcialmente y no se verá el agregado expuesto.

Teniendo el agregado expuesto aún sobre el área total, la superficie se roseará con agua y cepillará ligeramente hacia abajo, este tiempo de trabajo de la cepillada hacia abajo para quitar cascara adherida y revelar el verdadero color del agregado.

#### USO DE RETARDANTES.

Donde el tiempo de trabajo ha sido dejado mas de 18 hs (dependiendo de tipo de cemento usado y de la temporada del año) el fraguado del cemento puede ser retardado tratando la capa de contacto de la cimbra.

## SUPERFICIES SIN CIMERA.

Son todas las superficies que por ser horizontales no la requieren, en cuanto a su terminado se dividen:

- a) Acabado natural
- b) Otros acabados.

a) Acabado natural. Esta forma de apariencia del concreto - en realidad no es un terminado, es decir, no es una manera de dejar el concreto a la vista, sino que servirá exclusivamente para ser una base para recibir otro material de terminado cualquiera.

Esa apariencia se logra en una obra de la siguiente forma, -- una vez que se tiene la superficie por colar y libre de suciedad, se -- riega, se se colocan los niveles y se empieza a vaciar el concreto el -- cual se va dejando a su nivel requerido por medio reglas de madera.

- b) Otros acabados.

- 1) Acabado Semipulido.

Esta apariencia del concreto se logra de la forma siguiente -- una vez que se cumplen las condiciones de colado es decir que se tengan los niveles (maestras), limpia el área por colar, humedecida etc. se -- empieza a vaciar el concreto, cuando este llega a los niveles (maestras) el oficial la empieza a reglear dándole un acabado semipulido con la -- misma regla, es decir con su cuchara ya hundiendo el agregado del con-- creto de manera que no queda en la superficie ningún agregado.

- 2) Acabado Pulido.

Este acabado se logra siguiendo los mismos pasos que en el -- acabado semipulido solo que al estar semipulida la superficie se espolvorea con cemento y unas gotas de agua y se va puliendo con una llana -- de madera o metálica dando dos o tres pasadas al área por pulir.

También se puede pulir con allanadora eléctrica o de gasolina siguiendo el mismo procedimiento.

- 3) Acabado Costal.

Esta apariencia se logra siguiendo los mismos pasos para lo-- grar el acabado semipulido, solo que al estar el concreto semipulido se coloca en contacto con la superficie un costal quedando gravado en la -- superficie la forma del mismo, levantandolo este y volviendolo a colo-- car en toda la superficie hasta lograr una apariencia igual en toda el área.

- 4) Acabado Rayado.

Esta apariencia del concreto es como su nombre la indica a ba-- se de rayas las cuales pueden ser de mayor o menor profundidad y de tal o cual separación entre ellas.

La forma de elaborar este rayado, puede ser muy variado y la

apariciencia final la misma, y digo muy variado por los utensilios o herramientas que se usen para lograrlo.

La forma de llegar a lograr esta apariencia es la siguiente, siguiendo los mismos pasos que se dieron para lograr el terminado semipulido, se dan en este procedimiento, pero a continuación con una duela o solera se va hincando en la superficie y dando la apariencia requerida.

#### 5) Acabado de Escoba.

Esta apariencia del concreto se logra dando los mismos pasos -- que se siguieron para el acabado pulido solo que a continuación se humedece una escoba y se va rayando la superficie del concreto quedando el acabado deseado.

#### 6) Acabado Martelinado.

Esta apariencia del concreto se logra de la forma siguiente: -- Una vez que se ha colado el area se le da un acabado semipulido siguiendo los pasos ya enumerados anteriormente y a los 30 días se puede martelinar ya sea con martelina manual o con martelina neumática. La martelina manual dá una apariencia más pareja, más uniforme, y la neumática lo dá menos uniforme más rústico o burdo.

#### APARIENCIA DEL CONCRETO.

Para la apariencia del concreto intervienen los siguientes factores:

##### 1) Color.

El color es la propiedad por medio de la cual los cuerpos tienen diferentes apariencias al ojo a través de la reflexión o absorción -- de las rayas minuciosas en su superficie.

Aceptando que el color del concreto sin tratar es un gris frío, es muy importante remarcar como en las manos de un buen diseñador la perfección de forma y apariencia sobrepasa todas las consideraciones de color con la misma idea una pieza ordinaria de concreto perfectamente construída, si se lleva a cabo con entendimiento y atención puede compararse con otros materiales de construcción.

El color del concreto depende del color del cemento empleado y en menor grado el color del agregado. Para alterar el color debe cambiarse el cemento o tratar la superficie de tal manera que revele el color -- del agregado. Los acabados con agregado expuesto se tratan en otro capítulo. Aparte del cemento blanco y gris hay en el mercado rojo, ante y caquí, que tienen una base de cemento gris y colorantes con base de cemento blanco. Cemento negro con base de cemento gris o blanco es también posible obtenerlo.

Desde el punto de vista de la resistencia cualquiera de estos -- cementos, si se usan con agregado adecuados y proporcionamientos correctos, pueden alcanzar los requerimientos estructurales normales eventualmente el contenido de cemento debe incrementarse un 10% para compensar -- cualquier pérdida de resistencia debido a la adición de pigmentos.

El uso principal de el cemento rojo, ante o caquí ha sido en -- carreteras y pavimentos y en la producción de elementos prefabricados para edificios. Han sido usados en la construcción de torres de enfriamiento donde por razones estéticas la vasta masa de concreto gris resultante del agrupamiento de varias torres produce un efecto depresivo en el conjunto.

Los cementos hechos con base de cemento blanco son relativamente

te caros y su principal uso ha sido no prefabricados donde se combinan con agregados especiales en mezclas usadas para recubrimientos.

Es de gran importancia especificar y asegurarse de que todo el cemento proviene del mismo fabricante y tiene color uniforme, en caso contrario el color del concreto variaría.

Teniendo en mente el efecto que tiene el color del cemento en el concreto es algo sorprendente que el cemento blanco no se use con más frecuencia. Esto no se debe tanto al costo más elevado que tiene el cemento blanco sino a la desconfianza que tienen los constructores respecto a la calidad y resistencia que consiguen, sin embargo el cemento blanco cubre las especificaciones del caso.

El uso del cemento blanco en concreto aparente tiene la ventaja de su uniformidad en el color debido a los métodos de fabricación.

Aunque es posible mezclar cementos de diferente color y obtener concretos de colores especiales no es recomendable hacerlo debido al elemento humano.

También es posible obtener concretos de color usando colorantes especiales para concreto en el uso de estos colorantes es de suma importancia llevar un minucioso control de la mezcla para tener uniformidad de color.

## 2) Textura.

La textura es la disposición de las partes de un cuerpo.

Con la característica de que el concreto es un material artificial y existe en condición plástica y endurecida, nos da la oportunidad de producir una gran variedad de texturas, dependiendo del medio en que se moldea en estado plástico o el tratamiento dado a la superficie en estado sólido.

Valorando los méritos de una superficie fina suave contra superficies texturizadas, es bueno recordar que prácticamente todas las estructuras de concreto sobresalientes son las que tienen un diseño y textura de tableros que forman parte esencial de la estética general. Esto no significa que el diseño y textura de los tableros son por sí mismo responsables de que sea una estructura sobresaliente.

Como regla general podemos decir que una superficie texturizada es estéticamente más satisfactoria que una superficie lisa, la razón es simplemente que la textura en una sup. larga disimula decoloraciones debidas al aceite de la cimbra y los cambios en el tono del color debido a variaciones en la naturaleza y características en la superficie de la madera usada en la cimbra.

## 3) Decolorantes.

Los factores que pueden decolorar el concreto son:

a) Los materiales empleados para evitar que su cimbra se pegue al concreto.

Para evitar el decoloramiento se puede humedecer en su totalidad la cimbra o usar triplay con plástico que no necesita estos materiales.

b) Manchas en las orillas de la madera o juntas este fenómeno puede ser causado por 2 factores por el escape de lechada o mortero en estas juntas o separación de la junta por pequeña que sea debido a contracciones de la cimbra al secarse, de tal forma que el aire puede tocar la sup. del concreto y permitir la evaporación en la línea de la junta, lo que provoca un oscurecimiento local del concreto debido al cambio de características físicas que cambian forma permanente este concreto del resto. Este cambio se extiende bajo la superficie en tal forma que aunque se componga con herramientas la junta permanecerá visible.

La solución a este problema es mantener húmeda la cimbra durante el fraguado del concreto evitando así las contracciones.

c) La separación de la cimbra del concreto en ciertas áreas mientras que otras están aún en contacto. Este cambio de características físicas de la superficie debido al secado disparejo es la razón de la apariencia manchada de algunos concretos después de un tiempo relativamente corto de interperismo.

d) La combinación de maderas de diferente calidad o antigüedad en la cimbra.

El concreto colado contra madera que tiene mayor absorción será mas oscura.

#### 4) Eflorescencia.

Es la formación de polvo blanco en la superficie del concreto.

La eflorescencia está principalmente compuesta de hidroxido de carbonato de calcio liberado durante la hidratación del cemento.

Esto ocurre principalmente cuando hay gran variación de temperatura ambiente durante el colado, y la sup. de la cimbra es impermeable por lo que cualquier exceso de agua en la mezcla queda atrapado entre la cimbra y el concreto.

Aunque se ha hecho mucha investigación al respecto no se ha encontrado aún una solución al problema. Sin embargo, como el fenómeno se debe a la evaporación del agua que ha hecho reacción con el cemento, el evitar la evaporación y fugas de agua en la cimbra disminuirá hasta donde sea posible, las manchas en el concreto.

Afortunadamente es casi siempre posible limpiar la eflorescencia lavando la superficie con una solución de ácido hidrohídrico al 50 - 10%. El uso del ácido puede causar una mancha amarilla en el concreto especialmente si está seco. También el ácido puede sacar algo de cemento cambiando la textura de la superficie.

#### 5) Intemperismo.

Es la acción de los elementos climáticos alterando la forma, color, textura o composición del concreto.

La acción del intemperismo depende de la uniformidad y textura del concreto.

Las juntas de construcción se vuelven mas notorias debido a la desigual porosidad de la superficie, sucio y mugriento.

La apariencia del concreto varia estando seco o mojado, por lo que si se tiene una porosidad dispereja el contenido de agua variará formando manchas. Estos fenómenos se controlan aplicando alguna resina en la superficie que tape el poro, facilitando las limpiezas subsecuentes.

Una crítica común al concreto es que después de 5 ó 6 años se pone amarillo. Esto se debe al color de la arena, que como la erosión queda al descubierto. Esto se remedia usando arena de otro color.

#### 6) Durabilidad.

Es el poder de resistir el desgaste.

La resistencia del concreto al intemperismo o agentes químicos depende de la profundidad a que puedan penetrar en el concreto, de tal manera que el ataque no quede en la superficie.

La durabilidad depende del cuidado al escoger los agregados y al gradarlos, que evitan contracciones y agrietamientos. Si hay exceso de agua en la mezcla se formarán poros en gran cantidad que permitirán la entrada del agua y mugre al concreto.

La durabilidad del concreto es directamente proporcional a la densidad y porosidad.

El uso de agregados suaves puede ser otro factor de desgaste en el concreto.

La durabilidad del concreto puede aumentarse con la deliberada inclusión de aire.

La resistencia al juego depende del tipo de agregado usado. Se obtiene mejor resistencia con la mayoría de los agregados ligeros y artificiales, o algunas piedras limosas que con agregados de grava natural.

## EVALUACION DE RESULTADOS

La evaluación de los resultados de la resistencia del concreto o de alguna otra característica significativa de la calidad, solamente puede realizarse en forma adecuada cuando se emplean métodos estadísticos de análisis de variaciones.

Con la utilización de métodos estadísticos es factible condensar la información contenida en un grupo de observaciones y presentarla en forma concisa y más fácilmente interpretable. Con la colección, condensación, análisis e interpretación de resultados cuantitativos, es posible alcanzar nuevos conocimientos relativos al comportamiento del concreto y poder seleccionar normas de calidad y procedimientos de ensaye satisfactorios y económicos.

Los objetivos fundamentales que se persiguen al coleccionar y procesar resultados de ensayos de concreto son:

- Controlar la calidad de los niveles deseados
- Predecir variaciones de calidad durante la producción
- Descubrir las causas de desviación del comportamiento del concreto fuera de las normas especificadas, con objeto de eliminar las causas asignables y obtener un control de calidad económico

Otros objetivos que se persiguen al coleccionar y ordenar los resultados de los ensayos de concreto son:

- Comparar méritos relativos de 2 ó más métodos de ensaye
- Comparar méritos relativos de 2 ó más materiales para un uso particular
- Descubrir relaciones entre 2 ó más propiedades del Concreto

### CAUSAS DE VARIACION

Las variaciones del concreto, dentro de una revoltura o de revoltura a

revoltura, medidas por las variaciones en los resultados de los ensayos, -- obedecen a un gran número de causas. Desde el punto de vista del análisis estadístico, aquellas causas que pueden identificarse se llaman causas asignables y aquellas que no es posible identificar, se llaman causas fortuitas. Así, por ejemplo, las siguientes pueden considerarse causas fortuitas:

- Pequeños cambios en la granulometría de los agregados entre las mallas nominales que definen una fracción
- Pequeñas variaciones en la densidad de los ingredientes
- Ligeras variaciones en el peso de los ingredientes debidas a carencia -- de mayor sensibilidad en los sistemas de pesado

Ejemplo de causas asignables existen en gran número. Sólo con fines ilustrativos mencionaremos las siguientes:

- Cambio de operadores en una planta de dosificación manual
- Variaciones en la humedad de los agregados durante días o temporadas de lluvias
- Desgaste de las aspas de las mezcladoras
- Falta de limpieza del equipo de dosificación y mezclado, en los cambios de turno

#### CONTROL DE LA CALIDAD A LOS NIVELES DESEADOS

El análisis estadístico de los resultados de resistencia (suponiendo que -- ésta sea la medida aceptada), facilitará el control de la calidad del concreto al nivel deseado. Los requisitos que se impongan al concreto, en -- términos de su resistencia, deberán enjuiciar la trayectoria de resultados y no los valores aislados. De esta forma el análisis estadístico permitirá juzgar, a través de los parámetros de una distribución de valores de resistencia, el cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos o las -- desviaciones respecto a los niveles requeridos y hará factible efectuar -- los ajustes necesarios para alcanzar el nivel óptimo de cumplimiento de -- requisitos, con la máxima economía.

Las cartas de promedio móviles de resistencia son de gran utilidad para el objeto, ya que proporcionan medios para establecer tendencias, lo cual permite ejercer acción sin que sea necesario esperar a reunir un gran número de datos.

#### PREDICCIÓN DE VARIACIONES DE CALIDAD

Mediante la colección, condensación, análisis e interpretación de resultados cuantitativos de ensayos de concreto, será siempre factible predecir variaciones durante la producción. Es decir, con el conocimiento de la influencia que puede ejercer algún ingrediente o algún procedimiento en el comportamiento del concreto y la observación de las variaciones de estos, podrán inferirse variaciones de calidad durante la producción.

Visto de otra forma, si la distribución de valores de la medida de la calidad (resistencia, por ejemplo), posee estabilidad estadística, es decir, tiene un sistema constante de causas fortuitas de variación, será siempre posible predecir las variaciones de la calidad con base en las funciones de la distribución: promedios, variancias, intervalos, etc.

#### ELIMINACION DE CAUSAS ASIGNABLES

El descubrir las causas de desviación del comportamiento del concreto fuera de límites especificados, puede llevarse a cabo mediante el análisis estadístico, a través del método de las cartas de control. Este método enfatiza la ordenación o agrupamiento de las observaciones con respecto al tiempo, lugar, origen, o alguna otra consideración que proporcione una base para clasificación.

El criterio se deriva de las leyes de variaciones casuales de materiales homogéneos y permite identificar como evidente la presencia de una causa asignable de variación. Una de las características esenciales del método de las cartas de control es la que se refiere a la separación de los resultados en subgrupos racionalmente escogidos, es decir, la que clasifica las

observaciones consideradas en subgrupos, dentro de las cuales las variaciones pueden considerarse debidas a causas fortuitas, no asignables, pero, -- entre los cuales las diferencias pueden deberse a causas asignables cuya -- presencia se sospecha o se considera como posible.

El método de las cartas de control es una combinación de métodos gráficos y analíticos. La base de la teoría se funda en el hecho de que las variaciones de un proceso pueden separarse en dos grupos: una parte puede atribuirse a variaciones casuales y otra a causas asignables de variación. Un proceso que opera sólo con variaciones casuales resultará en una distribución de parámetros tal que hace posible predecir el intervalo dentro del -- cual se encontrará un cierto porcentaje de los resultados.

#### CONSIDERACIONES ESTADISTICAS EN EL MUESTREO

Un plan de muestreo deberá prepararse de tal forma que refleje las características de variabilidad del universo. Por universo o población se entiende todo el concreto de una clase utilizado en una obra o producido en un -- intervalo de tiempo prescrito. Las muestras individuales, tomadas de acuerdo con un plan, deberán obtenerse de tal forma que cada una sea realmente representativa de la unidad (revoltura) de la que proviene.

No debe confundirse la representatividad de una revoltura por medio de una muestra, con el criterio erróneo de muestrear revolturas "típicas" o -- "representativas" de la producción de concreto en un período determinado. Con objeto de obtener evidencia de las variaciones en las propiedades del concreto en el universo, se requiere un plan de muestreo que propicie la -- misma trayectoria de variaciones presente en el universo; esto se denomina muestreo probabilístico o muestreo aleatorio.

Es mejor no efectuar ensayos que llevarlos a cabo en especímenes obtenidos de muestras que no representan las propiedades reales del concreto. El -- responsable de una obra podrá, probablemente, tomar decisiones más objeti-

vas sin datos de ensayos que apoyado en resultados de ensaye de especímenes que no representan las características del concreto.

La elaboración de un plan de muestreo requiere conocimientos fundamentales de muestreo probabilístico así como una amplia experiencia relativa al pro ducto que se va a muestrear. La falta de los primeros introducirá una — selectividad inconciente en el muestreo; la carencia de la segunda puede — resultar en procedimientos que no resulten realizables en la práctica.

## ESPECIFICACIONES ESTADÍSTICAS

El enfoque hacia las especificaciones estadísticas acepta la variabilidad como una forma de ser de cada cosa que se hace durante la construcción. Existen especificaciones que no son estadísticas. Sin embargo, el hecho es que todas las especificaciones en el campo de la construcción tienen que ver con el establecimiento de límites y requisitos numéricos, el cumplimiento de los cuales requiere muestreo, ensaye, mediciones y la evaluación de datos numéricos; actividades que a su vez requieren por necesidad conceptos y cálculos estadísticos.

La variabilidad de los materiales de construcción y de los equipos estará siempre presente y los conceptos probabilísticos para manejar estas variables deberán usarse para establecer las bases de los requisitos de las especificaciones. Este enfoque de especificaciones estadísticas acepta el hecho de que la variabilidad está siempre presente y que no puede evitarse en los trabajos de construcción.

Es tiempo ya que el ingeniero en la construcción se enfrente a esta realidad y aplique los conocimientos actuales para resolver los problemas resultantes. Cuando se trata con la variabilidad, el mito conocido por los ingenieros como "certeza absoluta" desaparece. En el mundo de las probabilidades, el énfasis en las mediciones y ensayos individuales, en el cual los ingenieros han tenido tanta confianza, pierde significado y desaparece — junto con el concepto de "certeza absoluta". Por el contrario, adquiere — significado real la trayectoria de una serie de mediciones, o resultados de ensaye, así como la confianza o probabilidad con la cual la estimación de los parámetros del universo o población se efectúa. Solamente una parte — del universo puede ser medida o ensayada; de esta información limitada que deberán hacerse las estimaciones de los parámetros de la población.

27-

Este enfoque a las especificaciones supone que la variación en el universo o en la población de cualquier concepto considerado, pueda representarse con suficiente confiabilidad por la llamada "curva normal de probabilidades". Esta afirmación es suficientemente buena para la mayor parte de los proyectos ingenieriles.

El empleo de métodos modernos de construcción en obras de ingeniería y los adelantos tecnológicos en materiales de construcción, requieran de especificaciones racionales para juzgar juiciosamente la calidad de los elementos utilizados. Sin lugar a dudas el empleo de métodos estadísticos ha venido a significar un marcado progreso en materia de control de obras.

Las especificaciones de calidad de los materiales de construcción deberán ser elaborados por personal especializado, con amplia experiencia de campo y de laboratorio, y plena conciencia de las condiciones de servicio que deberán ser satisfechas. Siendo el concreto el material estructural de construcción de mayor uso en la época actual, son muchas las aplicaciones que encuentran los métodos estadísticos en su control.

Desafortunadamente todavía existe entre ingenieros y constructores algún desconocimiento de la verdadera filosofía contenida en el control de calidad del concreto utilizado las probabilidades basadas en la estadística. Curiosa y paradójicamente el ingeniero estructurista, que en muchas ocasiones se encarga de la formulación de especificaciones de calidad, con frecuencia ignora en sus cálculos, el verdadero significado en sus factores de seguridad, de las características de variación de la resistencia del concreto.

Quizá el factor que más influye en el desconcierto originado por las variaciones en la calidad del concreto, es la carencia de especificaciones

diseñadas correctamente con los riesgos debidamente calculados. El enfoque de las especificaciones deberá ser siempre el de riesgos calculados que permitan definir realmente los factores de seguridad.

Para la formulación de especificaciones de calidad, empleando métodos estadísticos, es necesario aplicar la teoría de las probabilidades y las propiedades de la curva de distribución normal de frecuencias o curva de Gauss. Las especificaciones modernas aceptan usualmente la probabilidad de que un cierto porcentaje de valores resulte por debajo de un determinado nivel de resistencia; este nivel puede ser  $f'_c$ , una fracción de  $f'_c$  o bien  $f'_c$  menos una constante.

7  
 TABLA 2.—FACTORES PARA EL CALCULO DE VALORES DE CONTROL

Número de observaciones por muestra, n	Carta para promedios		Carta para desviaciones estándar			Carta para intervalos		
	Factores para límites de control		Factor para línea central	Factores para límites de control		Factor para línea central	Factores para límites de control	
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	c <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
2	3.760	1.880	0.5642	0	3.267	1.128	0	3.267
3	2.394	1.023	0.7236	0	2.568	1.693	0	2.575
4	1.880	0.729	0.7979	0	2.266	2.059	0	2.282
5	1.596	0.577	0.8407	0	2.089	2.326	0	2.115
6	1.410	0.483	0.8686	0.030	1.970	2.534	0	2.004
7	1.277	0.419	0.8882	0.118	1.882	2.704	0.076	1.924
8	1.175	0.373	0.9027	0.185	1.815	2.847	0.136	1.864
9	1.094	0.337	0.9139	0.239	1.761	2.970	0.184	1.816
10	1.028	0.308	0.9227	0.284	1.716	3.078	0.223	1.777
11	0.973	0.285	0.9300	0.321	1.679	3.173	0.256	1.744
12	0.925	0.266	0.9359	0.354	1.646	3.258	0.284	1.716
13	0.884	0.249	0.9410	0.382	1.618	3.336	0.308	1.692
14	0.848	0.235	0.9453	0.406	1.594	3.407	0.329	1.671
15	0.816	0.223	0.9490	0.428	1.572	3.472	0.348	1.652
16	0.788	0.212	0.9523	0.448	1.552	3.532	0.364	1.636
17	0.762	0.203	0.9551	0.466	1.534	3.588	0.379	1.621
18	0.738	0.194	0.9576	0.482	1.518	3.640	0.392	1.608
19	0.717	0.187	0.9599	0.497	1.503	3.689	0.404	1.596
20	0.697	0.180	0.9619	0.510	1.490	3.735	0.414	1.586
21	0.679	0.173	0.9638	0.523	1.477	3.778	0.425	1.575
22	0.662	0.167	0.9655	0.534	1.466	3.819	0.434	1.566
23	0.647	0.162	0.9670	0.545	1.455	3.858	0.443	1.557
24	0.632	0.157	0.9684	0.555	1.445	3.895	0.452	1.548
25	0.619	0.153	0.9696	0.565	1.435	3.931	0.459	1.541
Más de 25	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	.....	.....	*	**	.....	.....	.....

\*  $1 + \frac{3}{\sqrt{2n}}$

\*\*  $1 + \frac{3}{\sqrt{2n}}$

(Tabla II de "ASTM Manual on Quality Control of Materials", Parte 3)

Tabla 3.—VALORES DE  $t'$

Número de muestras menos 1**	Porcentaje de ensayos que caen dentro de los límites $\bar{X} \pm t\sigma$							
	50	60	70	80	90	95	98	99
	Probabilidades de caer debajo del límite inferior							
	2.5 en 10	2 en 10	1.5 en 10	1 en 10	1 en 20	1 en 40	1 en 100	1 en 200
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
$\infty$	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

\* Los valores de  $t$  se tomaron de la tabla original debida a Fisher y Yates "Statistical Tables for Biological Agriculture and Medical Research".  
 \*\* Grados de libertad.

OTROS VALORES DE $t$ PARA $n - 1 = \infty$		
Porcentaje entre $\bar{X} \pm t\sigma$	Probabilidades de caer debajo del límite inferior	$t$
40	3 en 10	0.524
68.27	1 en 6.3	1.000
95.45	1 en 44	2.000
99.73	1 en 741	3.000

Los valores de  $t$  aumentan para muestras pequeñas debido a la desconfianza en pequeños números de muestras para establecer una estimación confiable de  $\sigma$ . La ventaja de establecer  $V$  con la Ec. de  $f_{cr}$  a partir de un número grande de ensayos se hace aparente en la reducción de  $t$  y  $f_{cr}$ .

Tomado de la Tabla 4 de "Práctica Recomendada para la Evaluación de Resultados de Ensayos de Compresión de Concreto en el Campo" Traducción del IMCYC

TABLA 4.- RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA PARA DIVERSOS VALORES  
DEL COEFICIENTE DE VARIACION Y PARA 3 NIVELES DE CALIDAD

V (%)	PORCENTAJE DE VALORES ADMISIBLES POR DEBAJO DE $f'_c$		
	10% (clase 1, ACI-214)	20% (clase 2, ACI-214)	30%
10	1.14 $f'_c$	1.09 $f'_c$	1.06 $f'_c$
11	1.16 $f'_c$	1.10 $f'_c$	1.06 $f'_c$
12	1.18 $f'_c$	1.11 $f'_c$	1.06 $f'_c$
13	1.20 $f'_c$	1.12 $f'_c$	1.07 $f'_c$
14	1.21 $f'_c$	1.13 $f'_c$	1.08 $f'_c$
15	1.23 $f'_c$	1.14 $f'_c$	1.09 $f'_c$
16	1.25 $f'_c$	1.15 $f'_c$	1.09 $f'_c$
17	1.27 $f'_c$	1.16 $f'_c$	1.10 $f'_c$
18	1.30 $f'_c$	1.18 $f'_c$	1.10 $f'_c$
19	1.32 $f'_c$	1.19 $f'_c$	1.11 $f'_c$
20	1.34 $f'_c$	1.20 $f'_c$	1.12 $f'_c$

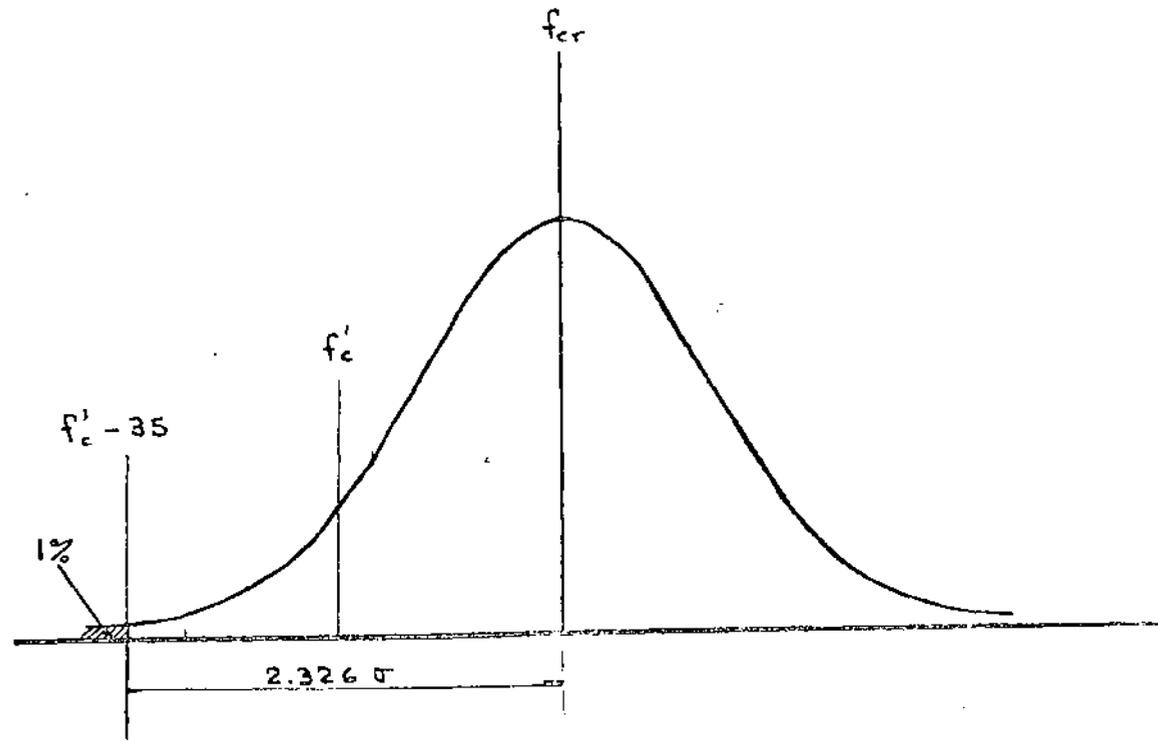
TABLA 4a.- RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA PARA DIVERSOS VALORES  
DEL COEFICIENTE DE VARIACION Y PARA 3 REQUISITOS DE CALIDAD

V (%)	A C I - 214		A C I - 318				
	CLASE 1	CLASE 2	Resistencia de Proyecto $f'_c$ en $\text{kg/cm}^2$				
			150	200	250	300	350
10	1.14 $f'_c$	1.09 $f'_c$	1.00 $f'_c$	1.07 $f'_c$	1.12 $f'_c$	1.15 $f'_c$	1.17 $f'_c$
11	1.16 $f'_c$	1.10 $f'_c$	1.03 $f'_c$	1.11 $f'_c$	1.16 $f'_c$	1.19 $f'_c$	1.21 $f'_c$
12	1.18 $f'_c$	1.11 $f'_c$	1.07 $f'_c$	1.15 $f'_c$	1.19 $f'_c$	1.22 $f'_c$	1.25 $f'_c$
13	1.20 $f'_c$	1.12 $f'_c$	1.10 $f'_c$	1.19 $f'_c$	1.23 $f'_c$	1.27 $f'_c$	1.29 $f'_c$
14	1.21 $f'_c$	1.13 $f'_c$	1.14 $f'_c$	1.23 $f'_c$	1.28 $f'_c$	1.31 $f'_c$	1.33 $f'_c$
15	1.23 $f'_c$	1.14 $f'_c$	1.17 $f'_c$	1.27 $f'_c$	1.32 $f'_c$	1.36 $f'_c$	1.38 $f'_c$
16	1.25 $f'_c$	1.15 $f'_c$	1.22 $f'_c$	1.31 $f'_c$	1.37 $f'_c$	1.41 $f'_c$	1.43 $f'_c$
17	1.27 $f'_c$	1.16 $f'_c$	1.27 $f'_c$	1.36 $f'_c$	1.42 $f'_c$	1.46 $f'_c$	1.49 $f'_c$
18	1.30 $f'_c$	1.18 $f'_c$	1.32 $f'_c$	1.42 $f'_c$	1.48 $f'_c$	1.52 $f'_c$	1.55 $f'_c$
19	1.32 $f'_c$	1.19 $f'_c$	1.37 $f'_c$	1.48 $f'_c$	1.54 $f'_c$	1.58 $f'_c$	1.61 $f'_c$
20	1.34 $f'_c$	1.20 $f'_c$	1.43 $f'_c$	1.54 $f'_c$	1.61 $f'_c$	1.65 $f'_c$	1.68 $f'_c$

TABLA 4b.- RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA POR ACI-318

PARA DIVERSOS VALORES DEL COEFICIENTE DE VARIACION

V(%)	$f_{cr}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
10	1.30 $f'_c$ - 46
11	1.34 $f'_c$ - 47
12	1.39 $f'_c$ - 49
13	1.43 $f'_c$ - 50
14	1.48 $f'_c$ - 52
15	1.54 $f'_c$ - 54
16	1.59 $f'_c$ - 56
17	1.65 $f'_c$ - 58
18	1.72 $f'_c$ - 60
19	1.79 $f'_c$ - 63
20	1.87 $f'_c$ - 65



$$f_{cr} = \frac{f'_c - 35}{1 - 2.326 V} \quad (\text{en kg/cm}^2)$$

TABLA 4c.- RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA (en kg/cm<sup>2</sup>) ESPECIFICACIONES ACI-318

PARA DIVERSOS VALORES DEL COEFICIENTE DE VARIACION

V%	Resistencia de Proyecto f' <sub>c</sub> en Kg/cm <sup>2</sup>				
	150	200	250	300	350
10	150	215	280	345	410
11	155	222	289	356	423
12	160	229	298	367	437
13	165	237	308	380	451
14	171	245	319	393	467
15	176	253	330	407	484
16	183	263	342	422	502
17	190	273	356	438	521
18	198	284	370	456	542
19	206	296	385	475	564
20	215	309	402	496	589

$$f_{cr} = \frac{f'_c - 35}{1 - 2.326 V}$$

TABLA 4d.- RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA (en kg/cm<sup>2</sup>) POR ACI-318  
 PARA DIVERSOS VALORES DE LA DESVIACION ESTANDAR

$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA DE PROYECTO $f'_c$ en kg/cm <sup>2</sup>				
	150	200	250	300	350
30	185	235	285	335	385
35	196	246	296	346	396
40	208	258	308	358	408
45	220	270	320	370	420
50	231	281	331	381	431
55	243	293	343	393	443
60	255	305	355	405	455

$$f_{cr} = f'_c - 35 + 2.326 \sigma$$

TABLA 5.- RESISTENCIAS MINIMAS PROBABLES PARA DIVERSOS  
VALORES DEL COEFICIENTE DE VARIACION (P=2.3%)

V%	PORCENTAJE DE VALORES ADMISIBLES POR DEBAJO DE $f'_c$		
	10%	20%	30%
10	0.92 $f'_c$	0.87 $f'_c$	0.84 $f'_c$
11	0.91 $f'_c$	0.86 $f'_c$	0.83 $f'_c$
12	0.90 $f'_c$	0.84 $f'_c$	0.81 $f'_c$
13	0.89 $f'_c$	0.83 $f'_c$	0.79 $f'_c$
14	0.87 $f'_c$	0.81 $f'_c$	0.78 $f'_c$
15	0.86 $f'_c$	0.80 $f'_c$	0.76 $f'_c$
16	0.85 $f'_c$	0.78 $f'_c$	0.74 $f'_c$
17	0.84 $f'_c$	0.77 $f'_c$	0.73 $f'_c$
18	0.83 $f'_c$	0.76 $f'_c$	0.70 $f'_c$
19	0.82 $f'_c$	0.74 $f'_c$	0.69 $f'_c$
20	0.80 $f'_c$	0.72 $f'_c$	0.67 $f'_c$

TABLA 6.- RESISTENCIA MINIMA PROBABLE ( $p = 1\%$ ) PARA DIVERSOS VALORES  
DEL COEFICIENTE DE VARIACION Y PARA 3 ESPECIFICACIONES DE CALIDAD

V%	A C I - 214		A C I - 318				
	CLASE 1	CLASE 2	Resistencia de Proyecto $f'_c$ en $\text{kg/cm}^2$				
			150	200	250	300	350
10	$0.87 f'_c$	$0.84 f'_c$	$0.77 f'_c$	$0.82 f'_c$	$0.86 f'_c$	$0.88 f'_c$	$0.90 f'_c$
11	$0.86 f'_c$	$0.82 f'_c$	$0.77 f'_c$	$0.82 f'_c$	$0.86 f'_c$	$0.88 f'_c$	$0.90 f'_c$
12	$0.85 f'_c$	$0.80 f'_c$	$0.77 f'_c$	$0.82 f'_c$	$0.86 f'_c$	$0.88 f'_c$	$0.90 f'_c$
13	$0.84 f'_c$	$0.78 f'_c$	$0.77 f'_c$	$0.82 f'_c$	$0.86 f'_c$	$0.88 f'_c$	$0.90 f'_c$
14	$0.82 f'_c$	$0.76 f'_c$	$0.77 f'_c$	$0.82 f'_c$	$0.86 f'_c$	$0.88 f'_c$	$0.90 f'_c$
15	$0.80 f'_c$	$0.74 f'_c$	$0.77 f'_c$	$0.82 f'_c$	$0.86 f'_c$	$0.88 f'_c$	$0.90 f'_c$
16	$0.78 f'_c$	$0.72 f'_c$	$0.77 f'_c$	$0.82 f'_c$	$0.86 f'_c$	$0.88 f'_c$	$0.90 f'_c$
17	$0.77 f'_c$	$0.70 f'_c$	$0.77 f'_c$	$0.82 f'_c$	$0.86 f'_c$	$0.88 f'_c$	$0.90 f'_c$
18	$0.76 f'_c$	$0.69 f'_c$	$0.77 f'_c$	$0.82 f'_c$	$0.86 f'_c$	$0.88 f'_c$	$0.90 f'_c$
19	$0.74 f'_c$	$0.66 f'_c$	$0.77 f'_c$	$0.82 f'_c$	$0.86 f'_c$	$0.88 f'_c$	$0.90 f'_c$
20	$0.72 f'_c$	$0.64 f'_c$	$0.77 f'_c$	$0.82 f'_c$	$0.86 f'_c$	$0.88 f'_c$	$0.90 f'_c$

TABLA 7.- VALORES MINIMOS PROBABLES ( $p = 2.3\%$ ) DEL PROMEDIO DE 3 Y 5 ENSAYES  
 CONSECUTIVOS PARA DIVERSOS VALORES DEL COEFICIENTE DE VARIACION

V%	Promedio de 3 Ensayes Consecutivos			Promedio de 5 Ensayes Consecutivos		
	% Valores Admisibles por Debajo de $f'_c$			% Valores Admisibles por Debajo de $f'_c$		
	10%	20%	30%	10%	20%	30%
10	1.01 $f'_c$	0.96 $f'_c$	0.94 $f'_c$	1.03 $f'_c$	0.99 $f'_c$	0.96 $f'_c$
11	1.01 $f'_c$	0.96 $f'_c$	0.93 $f'_c$	1.04 $f'_c$	0.99 $f'_c$	0.96 $f'_c$
12	1.02 $f'_c$	0.95 $f'_c$	0.91 $f'_c$	1.05 $f'_c$	0.99 $f'_c$	0.94 $f'_c$
13	1.02 $f'_c$	0.95 $f'_c$	0.91 $f'_c$	1.06 $f'_c$	0.99 $f'_c$	0.94 $f'_c$
14	1.02 $f'_c$	0.95 $f'_c$	0.91 $f'_c$	1.05 $f'_c$	0.98 $f'_c$	0.94 $f'_c$
15	1.02 $f'_c$	0.95 $f'_c$	0.90 $f'_c$	1.07 $f'_c$	0.99 $f'_c$	0.95 $f'_c$
16	1.03 $f'_c$	0.94 $f'_c$	0.89 $f'_c$	1.08 $f'_c$	0.99 $f'_c$	0.94 $f'_c$
17	1.02 $f'_c$	0.93 $f'_c$	0.88 $f'_c$	1.07 $f'_c$	0.99 $f'_c$	0.94 $f'_c$
18	1.03 $f'_c$	0.93 $f'_c$	0.87 $f'_c$	1.09 $f'_c$	0.99 $f'_c$	0.92 $f'_c$
19	1.03 $f'_c$	0.93 $f'_c$	0.87 $f'_c$	1.10 $f'_c$	0.99 $f'_c$	0.92 $f'_c$
20	1.03 $f'_c$	0.92 $f'_c$	0.86 $f'_c$	1.10 $f'_c$	0.98 $f'_c$	0.92 $f'_c$

## METODO DE LAS CARTAS DE CONTROL

Dado un grupo de observaciones en el cual se quiere determinar si existe una causa asignable de variación, la técnica general de -- las cartas de control aplicable es la siguiente:

- a) Clasifíquese el número total de observaciones en subgrupos racionales. Siempre que sea posible fórmense subgrupos de igual -- tamaño. Es preferible formar subgrupos no menores de  $n = 4$ .
- b) Para cada valor estadístico (promedio, desviación estándar, - intervalos, etc.), que se emplee, constrúyase una carta control - con los límites de control en la forma que se indica más adelante.
- c) Si uno de los valores observados del promedio, desviación estándar, etc., cae fuera de los límites de control, tómese este -- hecho como una indicación de la presencia de una causa asignable.

Las cartas de control consisten esencialmente en límites simétricos (límites de control) colocados arriba y abajo de una línea -- central. La línea central indica el valor esperado o el valor -- promedio de  $\bar{x}$ ,  $\sigma$ ,  $R$ , etc., de los subgrupos.

Los límites de control empleados por ASTM son los llamados "lí-- mites de control 3 sigma", que se encuentran colocados a una dis-- tancia de tres desviaciones estándar de la línea central, enten-- diéndose por desviación estándar la calculada de las variaciones entre subgrupos y designadas por  $\sigma_{\bar{x}}$ ,  $\sigma_{\sigma}$ ,  $\sigma_R$ , etc.

La elección del factor tres para estos límites es una elección - económica basada en la experiencia más que en un valor exacto de probabilidad y ha demostrado ser satisfactoria como un criterio de "acción", para la búsqueda de causas asignables de variación.

## Cartas de control para promedio $\bar{x}$

### 1. Muestras grandes (subgrupos con $n > 25$ )

a) Subgrupos de igual tamaño  $n$

línea central  $\bar{\bar{x}}$

límite de control  $\bar{x} \pm 3 \frac{\bar{\sigma}}{\sqrt{n}}$

$\bar{x}_i$ ; valor promedio de un subgrupo;

$\sigma_i$ ; desviación estándar de un subgrupo;

$\bar{\bar{x}}$ ; gran promedio de los valores observados;

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_k}{k}$$

$\bar{\sigma}$ ; desviación estándar promedio de los subgrupos;

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \dots + \sigma_k}{k}$$

$k$ ; número de subgrupos.

b) Subgrupos de tamaño desigual, línea central  $\bar{\bar{x}}$

límite de control  $\bar{x} \pm 3 \frac{\bar{\sigma}}{\sqrt{n}}$

$$\bar{\bar{x}} = \frac{n_1 \bar{x}_1 + n_2 \bar{x}_2 + \dots + n_k \bar{x}_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} ; \bar{\sigma} = \frac{n_1 \sigma_1 + n_2 \sigma_2 + \dots + n_k \sigma_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$$

$n_i$ ; número de observaciones en el grupo  $i$

$\bar{x}_i$ ; promedio de los valores observados del subgrupo  $i$

$\sigma_i$ ; Desviación estándar de un subgrupo

$\bar{\bar{x}}$ ; gran promedio de los valores observados

$\bar{\sigma}$ ; promedio pesado de desviaciones estándar

$k$ ; número de subgrupos.

### 2. Muestras pequeñas (subgrupos con $n < 25$ )

Subgrupos de igual tamaño

línea central  $\bar{\bar{x}}$

límites de control  $\bar{x} \pm 3 \frac{\bar{\sigma}}{c_2 \sqrt{n}}$

Los valores de la constante  $c_2$  se obtienen de la Tabla 2.

Siendo  $\bar{x}$  a la resistencia promedio de un grupo y  $x$  un valor cualquiera de resistencia inferior a  $\bar{x}$ ,

$$x = \bar{x} - t\sigma$$

en donde  $\sigma$  es la desviación estándar de la distribución y  $t$  es -- un factor que depende de la posición de  $x$ .

$$t = \frac{\bar{x} - x}{\sigma}$$

Para cada valor de  $t$  existen valores tabulados del área bajo la curva a la izquierda del valor de  $x$ . Siendo el área total bajo la curva de distribución normal igual a la unidad, el área bajo la curva a la izquierda de  $x$  representará simplemente la probabilidad de que ocurran valores de resistencia inferior a  $x$ .

Si  $f'_c$  es la resistencia de proyecto y se establece una cierta tolerancia de valores por debajo de esta resistencia

$$\begin{aligned} f'_c &= \bar{x} - t\sigma \\ f'_c &= \bar{x} (1 - tV) \end{aligned} \quad ; \quad \bar{x} = \frac{f'_c}{1 - tV}$$

Es decir, que la resistencia promedio será igual a la resistencia de proyecto dividida entre 1 menos el producto de  $t$  por el coeficiente de variación.

Como para cada valor de  $t$  corresponde una cierta probabilidad de valores inferiores a  $x$ ,  $f'_c$  en este caso, bastará con llamar a la resistencia promedio requerida  $f_{cr}$  y fijar los valores de  $t$  para diversos grados de calidad.

$$f_{cr} = \frac{f'_c}{1 - tV}$$

Es decir, la resistencia promedio requerida dependerá del porcentaje de valores que se acepten por debajo de  $f'_c$  (es decir, del valor que se acepta para  $t$ ) y del coeficiente de variación de la -- distribución de resistencias.

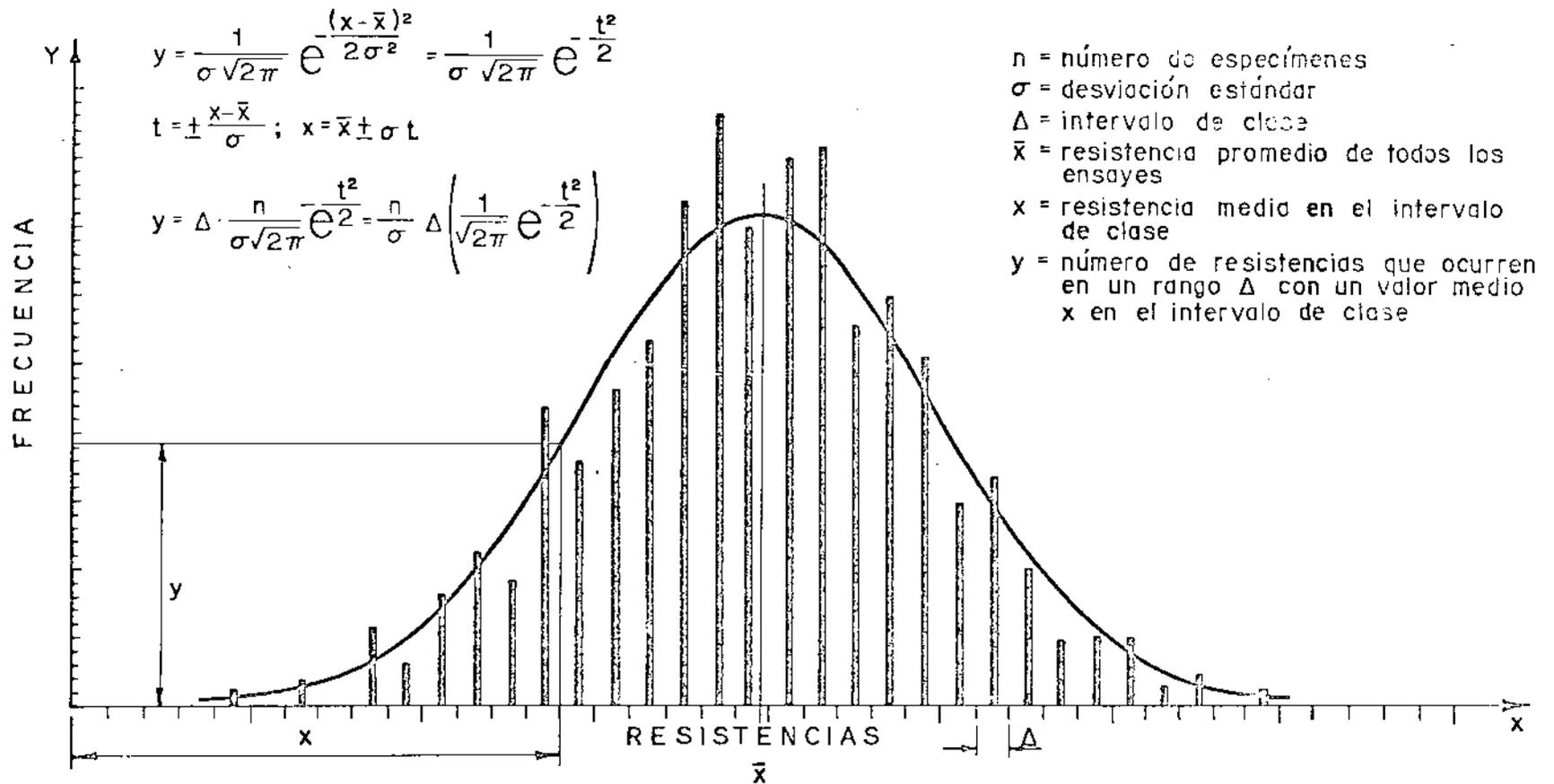


FIGURA 1 CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL Y CARTA DE BARRAS DE FRECUENCIA

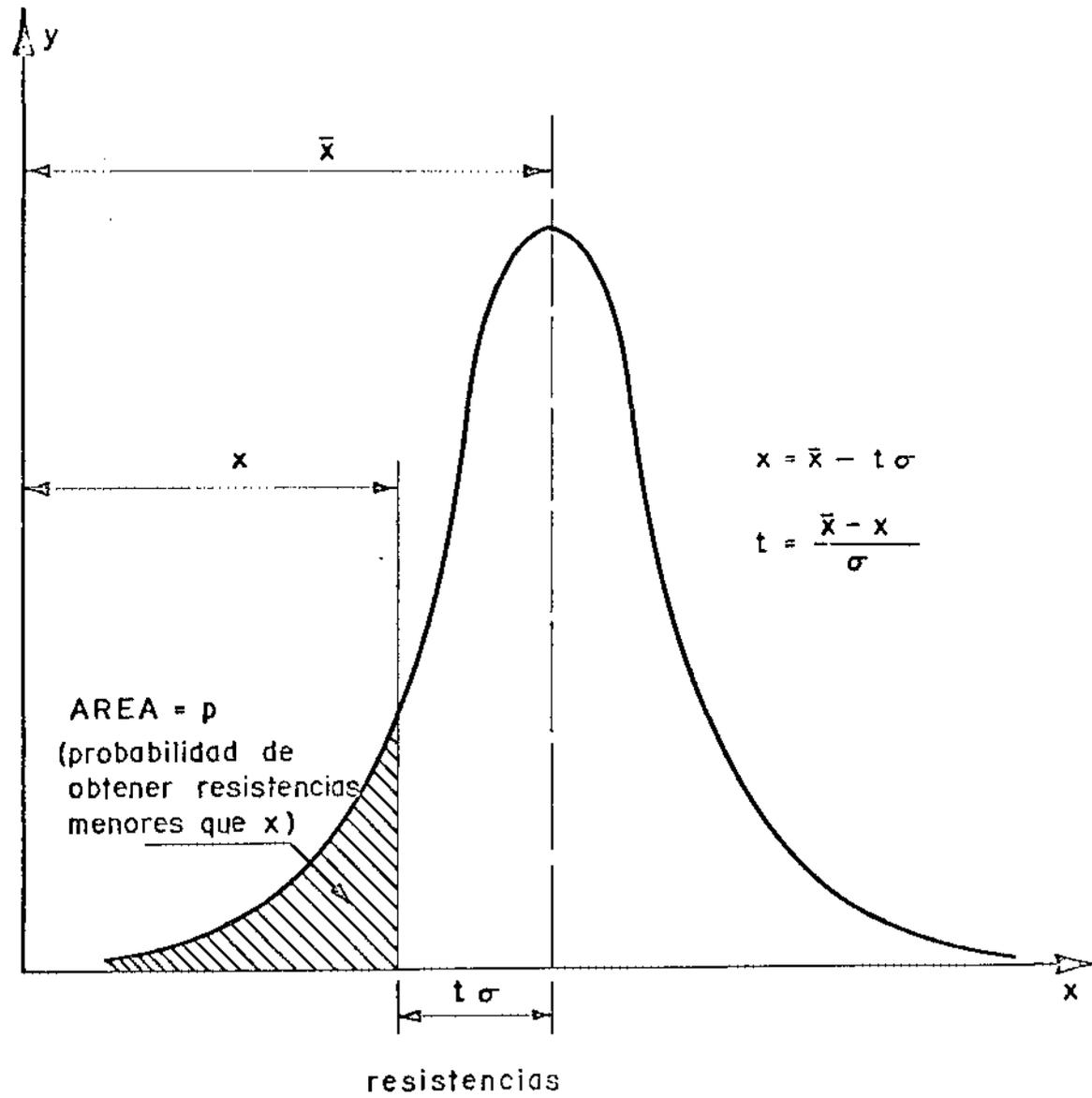


FIGURA 2

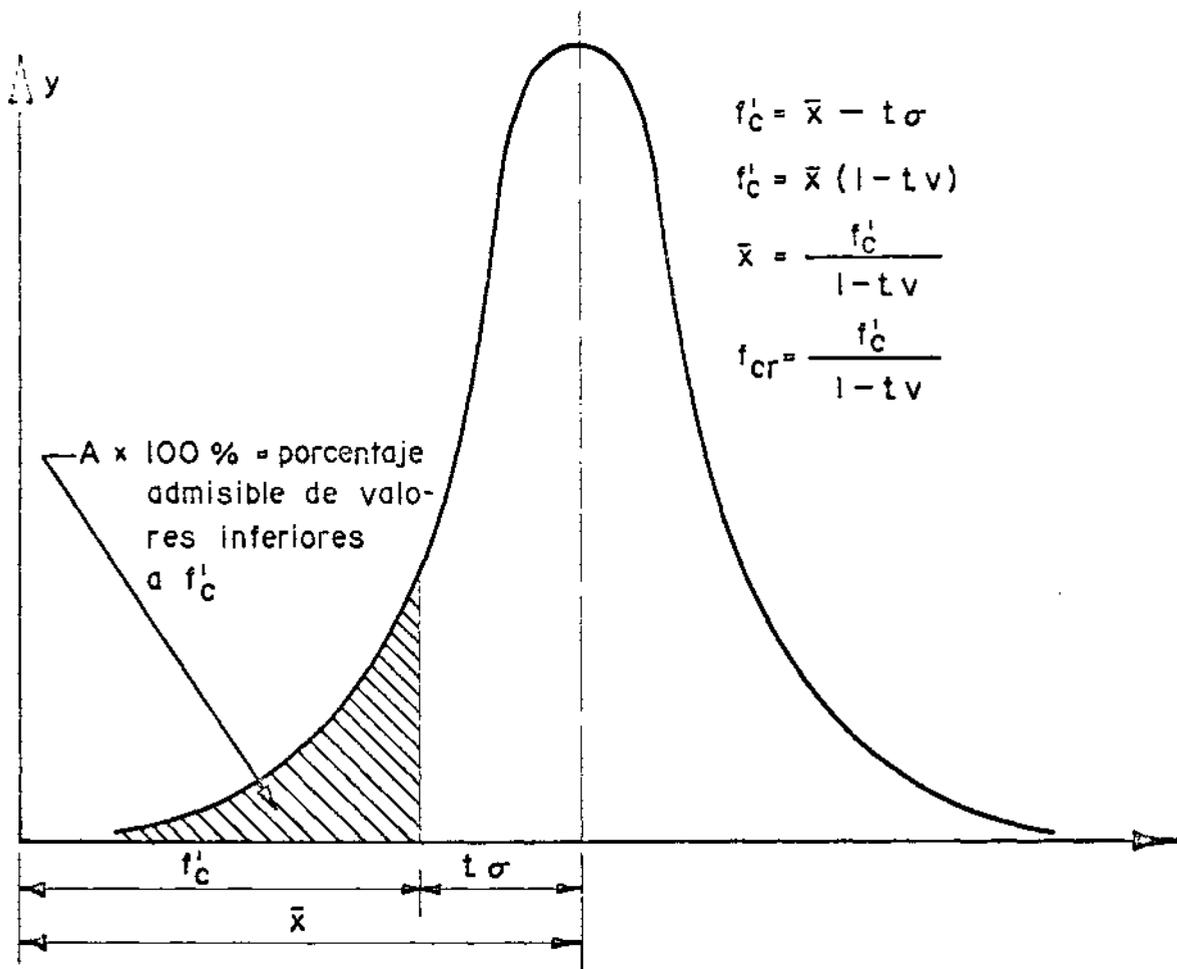
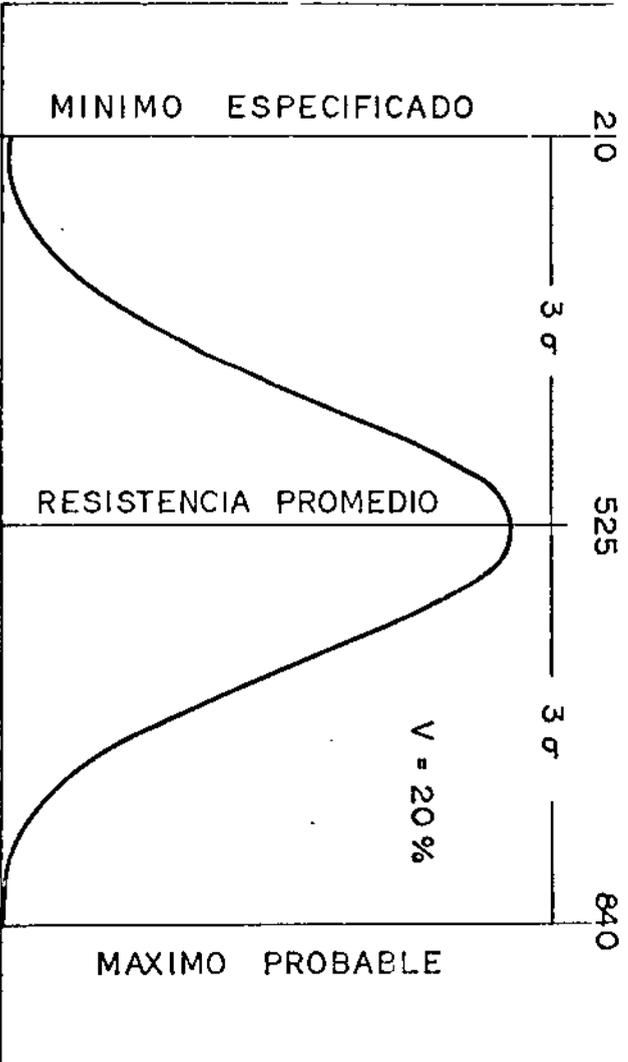


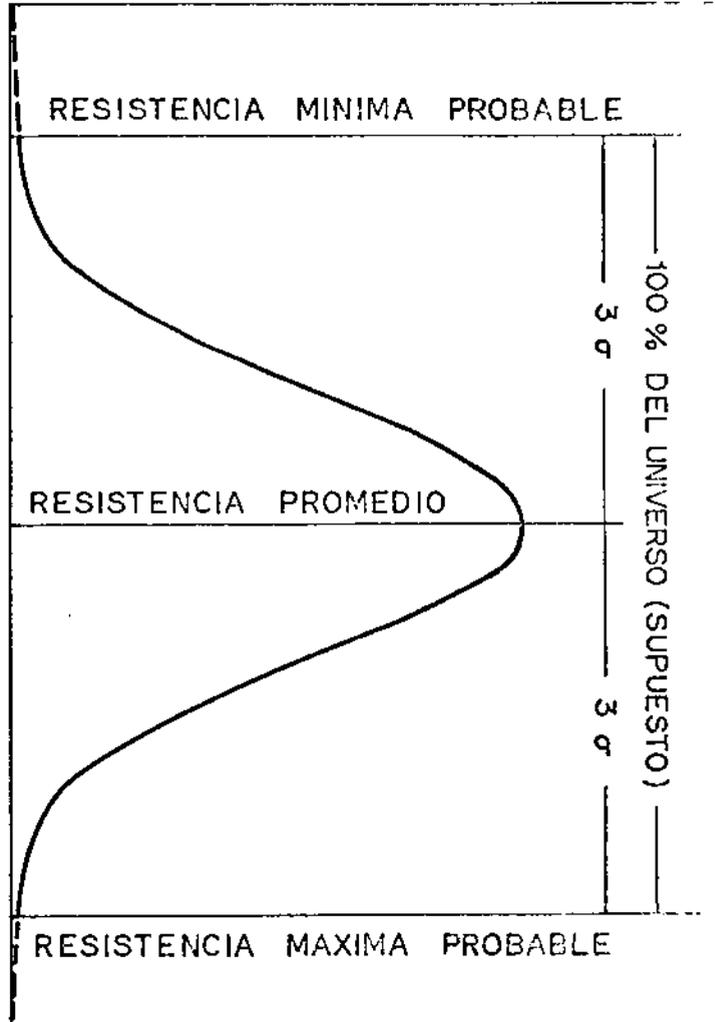
Figura 3.

DENSIDAD DE PROBABILIDAD



RESISTENCIA A COMPRESION,  $\text{kg/cm}^2$   
FIG. 2 - ABSURDO DE LA ESPECIFICACION DE  
RESISTENCIA MINIMA DE 210  $\text{kg/cm}^2$

DENSIDAD DE PROBABILIDAD



RESISTENCIA A COMPRESION,  $\text{kg/cm}^2$   
FIG. 1 - CURVAS DE DISTRIBUCION NORMAL

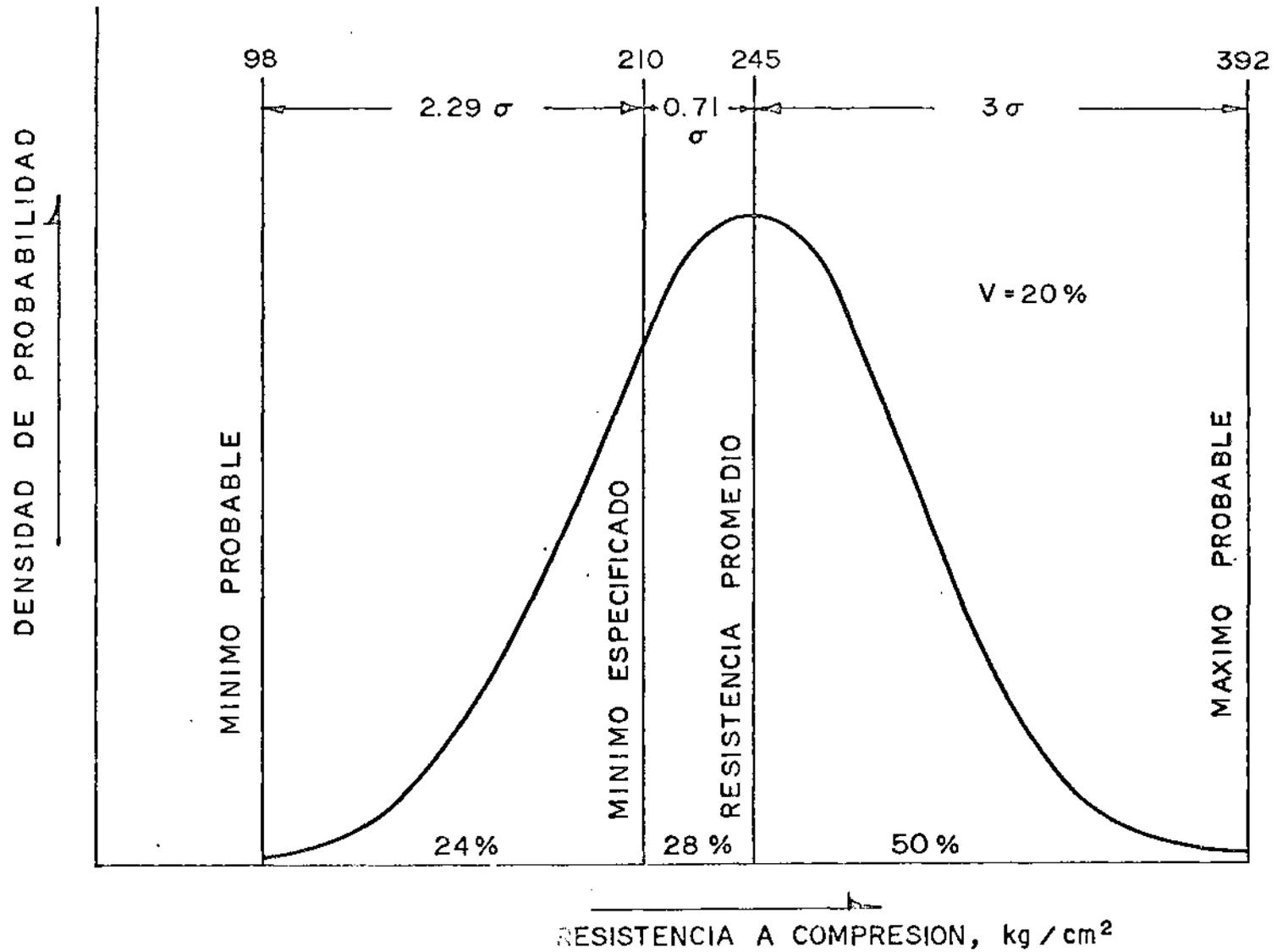


FIG. 3 - PORCENTAJE DE VALORES "BAJOS" OBTENIDOS CON LA ESPECIFICACION DE RESISTENCIA MINIMA DE 210 kg/cm<sup>2</sup> EN LAS CONDICIONES PROMEDIO DE CONSTRUCCION EXISTENTES.

TABLA DE RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA PARA UNA ESPECIFICACION  
ABSURDA DE MINIMA RESISTENCIA

V (%)	Resistencia Promedio requerida para diversos requisitos de " resistencia minima "					
	$0.9 f'_c$ <sup>(1)</sup>	$1.0 f'_c$ <sup>(1)</sup>	$0.9 f'_c$ <sup>(2)</sup>	$f'_c$ <sup>(2)</sup>	$0.9 f'_c$ <sup>(3)</sup>	$f'_c$ <sup>(3)</sup>
15	1.29 $f'_c$	1.43 $f'_c$	1.64 $f'_c$	1.82 $f'_c$	2.25 $f'_c$	2.50 $f'_c$
20	1.50 $f'_c$	1.67 $f'_c$	2.25 $f'_c$	2.50 $f'_c$	4.5 $f'_c$	5.00 $f'_c$
25	1.80 $f'_c$	2.00 $f'_c$	3.60 $f'_c$	4.00 $f'_c$	$\infty$	$\infty$

TABLA 5

- ( 1 ) con probabilidad de 2.3% de resultar inferior
- ( 2 ) con probabilidad de 0.13% de resultar inferior
- ( 3 ) con probabilidad de 0.003% de resultar inferior

PROBABILIDAD DE OBTENER RESISTENCIAS INFERIORES AL ESFUERZO MAXIMO

$\bar{F}_s \backslash V$	15%	16%	17%	18%	19%	20%
4.0	—	—	—	—	0.00004	0.00009
3.5	—	—	—	0.00004	0.00009	0.00018
3.0	—	—	0.00005	0.00011	0.00022	0.00042
2.5	0.00003	0.00009	0.00020	0.00040	0.00080	0.00135
2.0	0.00040	0.00090	0.00160	0.00270	0.00430	0.00620

TABLA 6

$$\bar{F}_s = \frac{\bar{X}}{f_{\max}}$$

$\bar{F}_s$  Factor de seguridad

$\bar{X}$  Resistencia promedio del concreto

$f_{\max}$  Esfuerzo máximo en la estructura

V Coeficiente de variación de la distribución de resistencias del concreto