



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

**CURSO: "INTRODUCTORIO DE FORMACION DE RESIDENTES
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EXPERIMENTAL"**

**INSTRUCTIVO PARA SOLDAR VARILLAS
A TOPE.**

NOVIEMBRE, 1981.

1. The first part of the document is a list of names and addresses.

2. The second part is a list of names and addresses.

3. The third part is a list of names and addresses.

4. The fourth part is a list of names and addresses.

5. The fifth part is a list of names and addresses.

6. The sixth part is a list of names and addresses.

7. The seventh part is a list of names and addresses.

8. The eighth part is a list of names and addresses.

9. The ninth part is a list of names and addresses.

10. The tenth part is a list of names and addresses.

11. The eleventh part is a list of names and addresses.

12. The twelfth part is a list of names and addresses.

13. The thirteenth part is a list of names and addresses.

14. The fourteenth part is a list of names and addresses.

15. The fifteenth part is a list of names and addresses.

16. The sixteenth part is a list of names and addresses.

17. The seventeenth part is a list of names and addresses.

18. The eighteenth part is a list of names and addresses.

19. The nineteenth part is a list of names and addresses.

20. The twentieth part is a list of names and addresses.

21. The twenty-first part is a list of names and addresses.

22. The twenty-second part is a list of names and addresses.

23. The twenty-third part is a list of names and addresses.

24. The twenty-fourth part is a list of names and addresses.

25. The twenty-fifth part is a list of names and addresses.

26. The twenty-sixth part is a list of names and addresses.

27. The twenty-seventh part is a list of names and addresses.

28. The twenty-eighth part is a list of names and addresses.

29. The twenty-ninth part is a list of names and addresses.

30. The thirtieth part is a list of names and addresses.

31. The thirty-first part is a list of names and addresses.

32. The thirty-second part is a list of names and addresses.

33. The thirty-third part is a list of names and addresses.

34. The thirty-fourth part is a list of names and addresses.

35. The thirty-fifth part is a list of names and addresses.

36. The thirty-sixth part is a list of names and addresses.

37. The thirty-seventh part is a list of names and addresses.

38. The thirty-eighth part is a list of names and addresses.

39. The thirty-ninth part is a list of names and addresses.

40. The fortieth part is a list of names and addresses.

41. The forty-first part is a list of names and addresses.

42. The forty-second part is a list of names and addresses.

43. The forty-third part is a list of names and addresses.

44. The forty-fourth part is a list of names and addresses.

45. The forty-fifth part is a list of names and addresses.

46. The forty-sixth part is a list of names and addresses.

47. The forty-seventh part is a list of names and addresses.

48. The forty-eighth part is a list of names and addresses.

49. The forty-ninth part is a list of names and addresses.

50. The fiftieth part is a list of names and addresses.

ESTE INSTRUCTIVO TIENE COMO OBJETIVO SERVIR DE AUXILIAR PRACTICO PARA EL PERSONAL DE LOS LABORATORIOS FORANEOS EN LA OPERACION Y CONTROL DE LA SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO, DE VARILLAS DE ACERO PARA REFUERZO DE CONCRETO HIDRAULICO.

GENERALIDADES SOBRE ELECTRODOS

El sistema de clasificación empleado para conocer los electrodos es del tipo E XX NN. La letra E identifica un electrodo para emplearse en soldadura por arco eléctrico. Los dos primeros dígitos XX indican la resistencia mínima a la tensión expresada en miles de lb/pulg², - que se pueda evaporar del electrodo en la condición de metal depositado, una vez efectuada la soldadura. El punto de fluencia del material debe estimarse como un porcentaje de la resistencia antes mencionada. El tercer dígito, indica la posición en la cual el electrodo es adecuado para obtener soldadura de buena calidad. El último dígito - de la clasificación, indica la corriente que debe usarse y el tipo de revestimiento del electrodo.

Por ejemplo, el electrodo E-60 NN, indica un electrodo con una resistencia mínima a la tensión de 60000 lb/pulg² o sea 4200 Kg/cm².

Para el tercer dígito, hay tres clasificaciones: 1, 2 ó 3 (E XX 1N, y E XX 2N y E XX 3N), que indica la posición en la cual los electrodos deben aplicarse.

- a) El 1 indica un electrodo adecuado para usarse en todas las posiciones, es decir, plana, vertical, horizontal y sobrecabeza.
- b) El 2 indica un electrodo adecuado para usarse en la posición plana y en filetes horizontales.

- c) El 3 indica un electrodo adecuado para usarse únicamente en la posición plana.

Los electrodos, independientemente de su marca, que cumplan todos los requisitos de una clasificación determinada, se pueden suponer de características semejantes, aunque no idénticas.

Existen diferencias entre diversas marcas debido al tipo de proceso de fabricación empleado.

SOLDADURA EN JUNTAS DE VARILLAS A TOPE PARA CONSTRUCCION DE CONCRETO REFORZADO

DISPOSICIONES GENERALES

- a) Las prácticas recomendadas en este instructivo son aplicables a la soldadura en varillas de acero de refuerzo que se utilizan en construcciones de concreto reforzado, con excepción del acero para prefuerzo.
- b) Los procedimientos de soldadura descritos en este instructivo se basan en el empleo de acero al carbón únicamente, con un contenido máximo de fósforo de 0.05 % y un contenido máximo de azufre de 0.05 %, con base en el análisis de cuaherón.
- c) Se aclara, que el acero para soldarse, según estas recomendaciones, deberá cumplir las especificaciones de la S.O.P. para varillas de acero de refuerzo, de acuerdo con la norma 101-9.

DISEÑO DE CONEXIONES SOLDADAS

- a) Los esfuerzos unitarios admisibles para soldaduras con ranura en bisel, en doble bisel, en V y en X (véase W), en tensión, en compresión y cortante, son los mismos esfuerzos unitarios admisibles para el metal base adecuado para la construcción de concreto reforzado siempre y cuando los electrodos utilizados tengan una resistencia igual a la del material que se suelda.
- Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la soldadura con la

Costilla longitudinal de la varilla.

Angulo de la ranura de 60° a 70°.

Sobremonta máxima, igual al diámetro del electrodo

Cara de la base

(hombro) 3 mm. máx.

Abertura en la raíz (base) 2 a 3 mm como máx.

Angulo del bisel 30° mín.

Refuerzo: 1.5 mm. mín. - 3 mm. máx.

Caras de la ranura (preparación)

PLANTA
FIGURA 1

Costilla longitudinal de la varilla.

El esquema ilustra una varilla redonda de diámetro igual al 1.5 pulgadas, con preparación en ranura de doble (V).

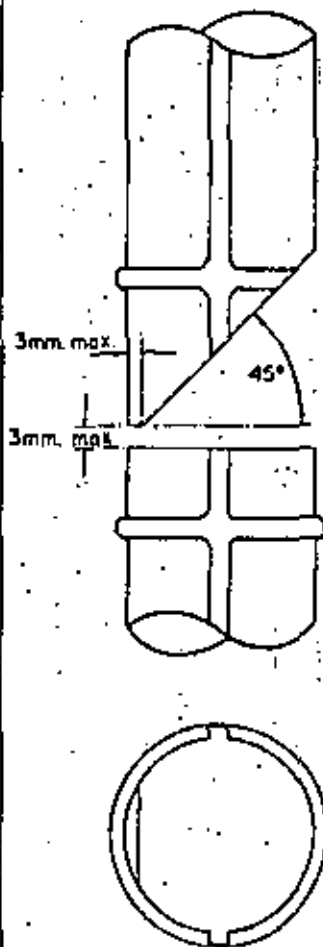


FIGURA 2A
Bisel sencillo

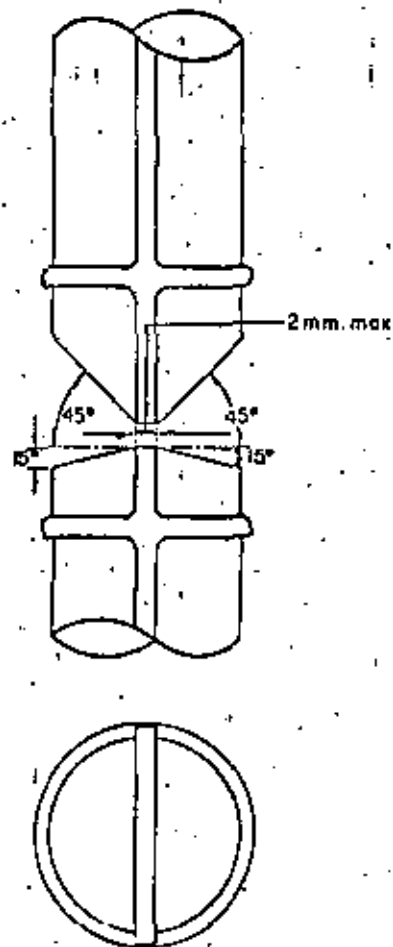
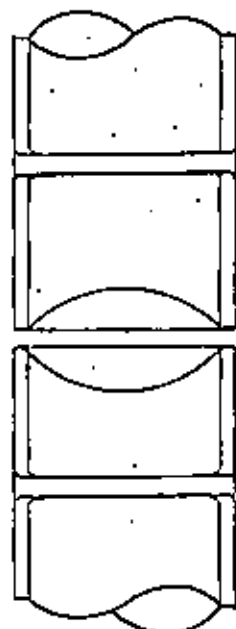
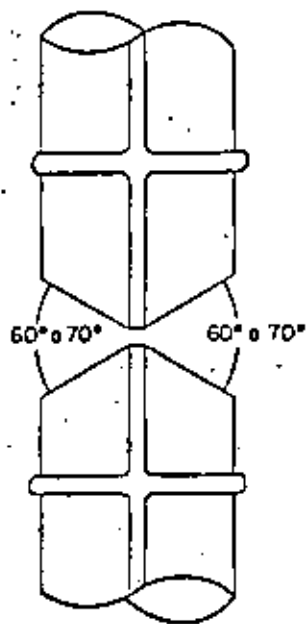


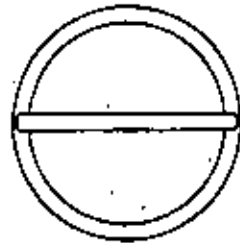
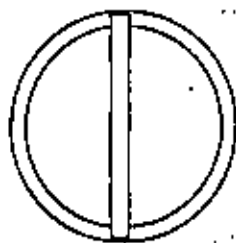
FIGURA 2B
Doble bisel

Únicamente se usará la alternativa mostrada en la figura 2A, cuando las condiciones de trabajo impidan usar la señalada en la figura 2B.



DETALLE
A

Detalle A.-Marcando 1 cm. en la varilla, al cortar para sacar las cuñas tenemos los 60° de ángulo de ranura.



PREPARACION EN RANURA DE V DOBLE (X)
FIGURA 3

ranura en V no es recomendable, ya que este tipo de juntas requiere de un soldador muy eficiente y de una técnica especial, con requisitos difíciles de cumplir en el campo.

Las preparaciones en bisel o doble bisel se usan únicamente para uniones en las cuales se tiene que soldar con varilla en posición vertical (Figuras 2A y 2B); siempre que sea posible es preferible emplear la de doble bisel.

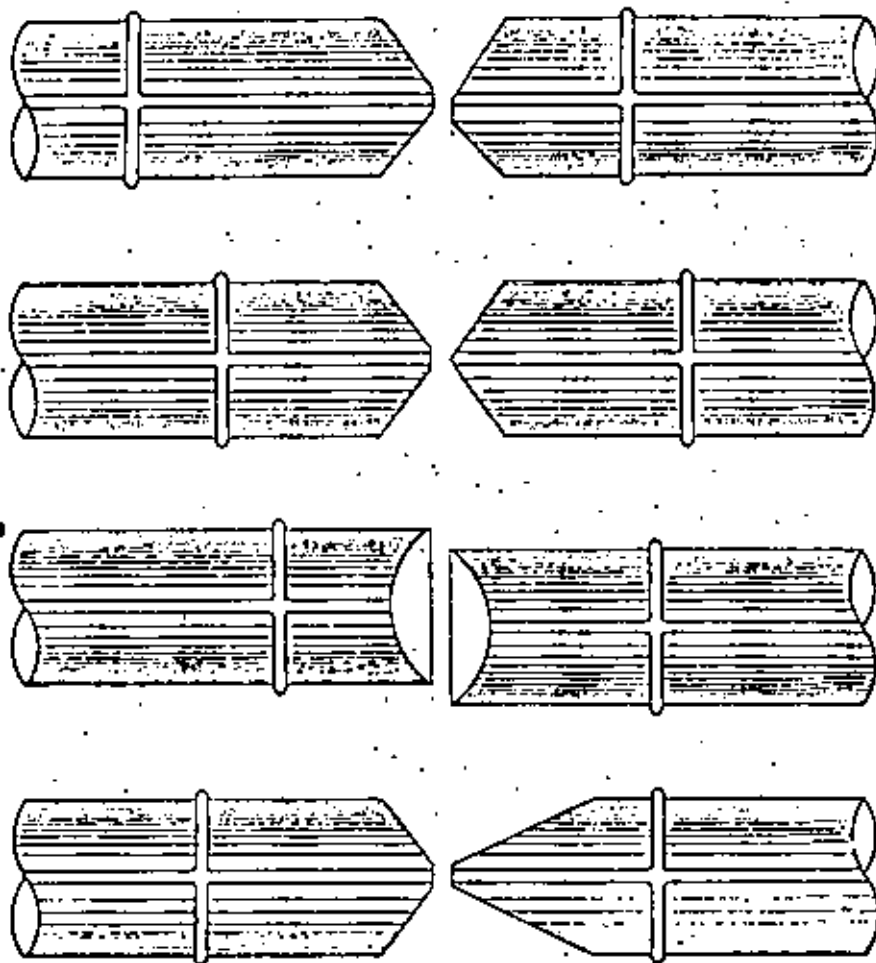
En la preparación de bisel sencillo, es indispensable poner un cordón de soldadura en la orilla de la ranura por la cara exterior (cuando no se utilice placa de respaldo), esmerilando previamente según el procedimiento indicado para la preparación en ranura de V doble ó X. No debe aceptarse ninguna junta que no cumpla con este requisito.

En la preparación en doble bisel se seguirá un esmerilado similar al de la preparación en ranura de V doble ó X.

Siempre que sea posible debe preferirse la preparación en ranura de V doble ó X de la figura 3.

FORMA DE HACER LAS PREPARACIONES

- La preparación se debe hacer, de manera que las costillas longitudinales paralelas al eje de la varilla, coincidan con la cara de la base (hombro de la preparación, figura 1).
- El corte de los biselados se hace por medio de oxí-acetileno o



TIPO DE JUNTAS PROHIBIDAS

FIGURA 4

con sequeta, en varillas laminadas en caliente, pero si las varillas son estiradas en frío, únicamente se permite cortar con sequeta.

c) El ángulo de la ranura será de 60° como mínimo. La cara de la base (hombro) será aproximadamente de 3 mm, no debiendo exceder de dicho valor.

La separación en la base (risa) será de 3 mm como máximo y 1.5 mm como mínimo, dependiendo del diámetro del electrodo y amperaje usado.

d) Antes de soldar se alinearán perfectamente las varillas, de manera que coincidan los ejes de los tramos por unir, siendo muy importante la coincidencia de las caras de la base (hombros), tanto en tamaño como en alineamiento.

En el caso de tener dispareja la junta, se puede arreglar por medio del esmeril manual. En la figura No. 4 se ilustran los tipos de juntas prohibidas.

e) Las superficies por soldar deberán estar limpias y libres de óxido, pintura, cemento y de cualquier otro material extraño.

f) En la junta terminada, el sobremonta no excederá del diámetro del electrodo.

TIPOS DE ELECTRODOS

Los electrodos se pueden clasificar en 4 grandes grupos básicos de acuerdo a sus características:

- a) Solidificación rápida, por ejemplo EXX10 y EXX11.
- b) Relleno rápido.
- c) Relleno y solidificación rápida.
- d) Aceros especiales, por ejemplo EXX15, EXX16, EXX18.

Para soldar varillas se utilizan de preferencia el primero (a) y el último (d) de los grupos.

ELECTRODOS DE SOLIDIFICACION RAPIDA

Comprenden los electrodos de las clases EXX10 y EXX11 de la AWS, estos electrodos son básicamente similares en su aplicación y presentan las características de que el metal en fusión y la escoria se solidifican muy rápidamente. Comparados con los otros electrodos, no son de relleno rápido ni de gran fluidez.

ACEROS ESPECIALES

Para varillas de alta resistencia con características especiales que dificultan el proceso de soldadura, se recomienda el empleo de electrodos de bajo contenido de hidrógeno.

Se recomienda especialmente el empleo de los electrodos de la clase EXX18, ya que el hierro en polvo contenido en su revestimiento produce entre otras ventajas, una velocidad de relleno más alta y mayor facilidad en la ejecución de la junta soldada, lo que no sucede con los otros electrodos de bajo contenido de hidrógeno, de recubrimiento sin hierro en polvo, como son los EXX15 y EXX16.

CUIDADO DE LOS ELECTRODOS

Tomando en cuenta que los electrodos de bajo contenido de hidrógeno, tienen un recubrimiento altamente higroscópico, se recomienda sacar de su empaque sellado, únicamente los necesarios para un trabajo de dos horas.

Los electrodos expuestos a la intemperie por más de dos horas o que por alguna causa se humedezcan, deberán rechazarse.

Por las mismas consideraciones, no deberá permitirse la ejecución de juntas soldadas, durante la lluvia o sobre superficies húmedas.

EQUIPO

- a) Un tipo de máquina para soldar que esté de acuerdo con los medios disponibles en el lugar de trabajo (transformador o generador).
- b) Esmeril manual con piedra de esmeril de 3 mm de espesor.
- c) Piqueta, cincel, cepillo de alambre, martillo, etc.
- d) Careta con filtro protector número 10 y 11, y un juego de cristales protectores de filtros.
- e) Guantes y delantal, curtidos en cromo.

PROCEDIMIENTO PARA SOLDAR

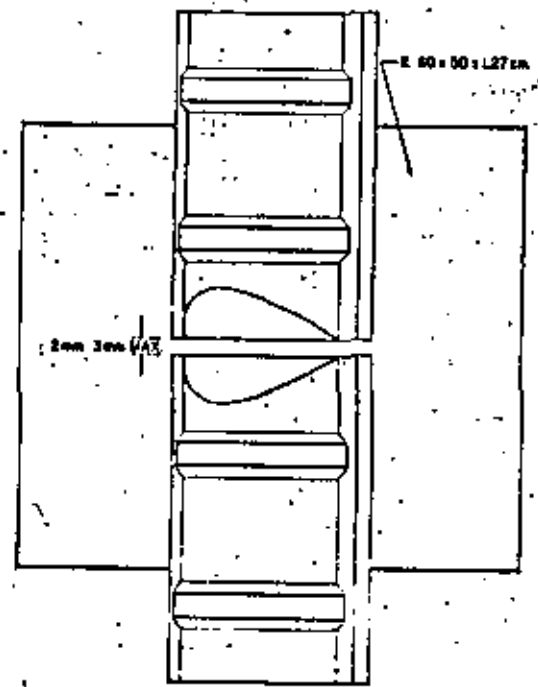
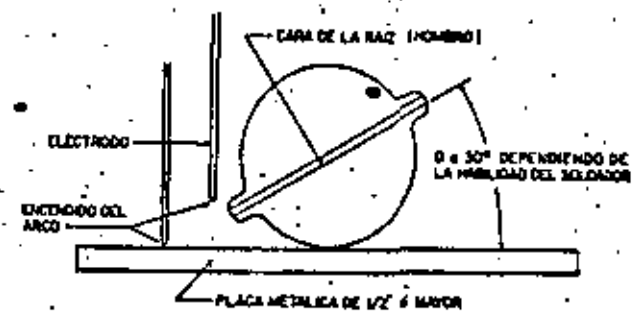
La soldadura se hará en posición plana y únicamente se permitirá soldar en posición horizontal, en el caso de uniones de varillas colocadas verticalmente (figura 2A y 2B), que no puedan ser ejecutadas previamente en posición plana.

La práctica ha demostrado que un gran número de fallas en las juntas soldadas, son originadas en los cordones de penetración (fondeo), los cuales se producen por falta de habilidad de algunos soldadores para encender y apagar el arco, motivo por el cual se describen tres alternativas con las que se puede auxiliar un soldador, dependiendo de su pericia.

En la primera alternativa no se tiene ningún elemento auxiliar para alinear la junta, y es necesario contar con dos ayudantes que sostengan los tramos por unir, mientras se depositan los primeros cordones (véase figura 5).

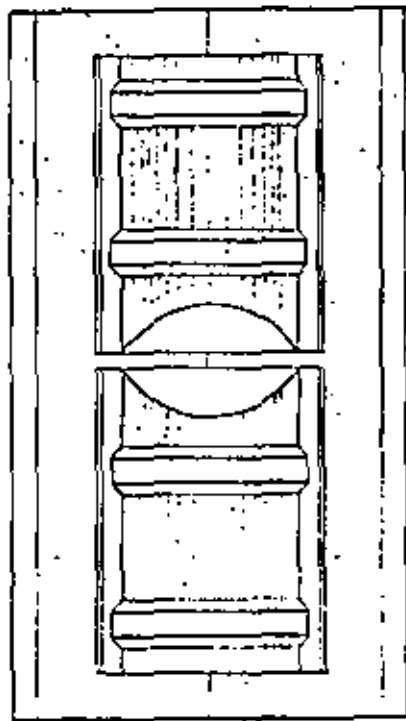
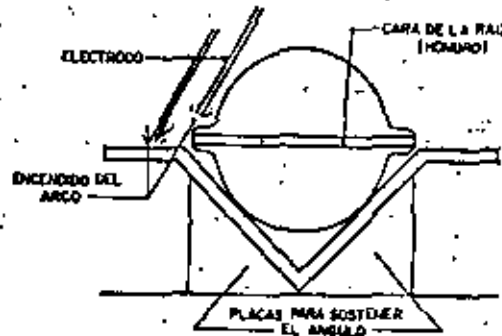
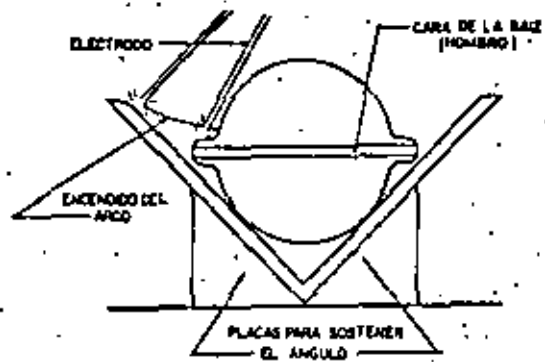
En la segunda alternativa, se dispone de un ángulo para alinear los dos tramos por soldar, al mismo tiempo que se utiliza para encender el arco fuera de la junta sin dañar el material base, ya que el arranque se hace fuera de la varilla (véase figuras 6A y 6B).

La tercera alternativa, se usa cuando el soldador no tiene la pericia suficiente para evitar los defectos que se ocasionan tanto en la iniciación del cordón de penetración (encendido del arco), como en el cráter que se forma al terminar dicho cordón (apagado del arco). Estas placas son útiles para los seis primeros cordones (3 de cada lado) y después se pueden quitar, o bien conservarse para utilizarlas en el encendido del arco exclusivamente, es decir, no se deposita el cordón del punto A al punto B, sino únicamente de C a D (véase figura 7).

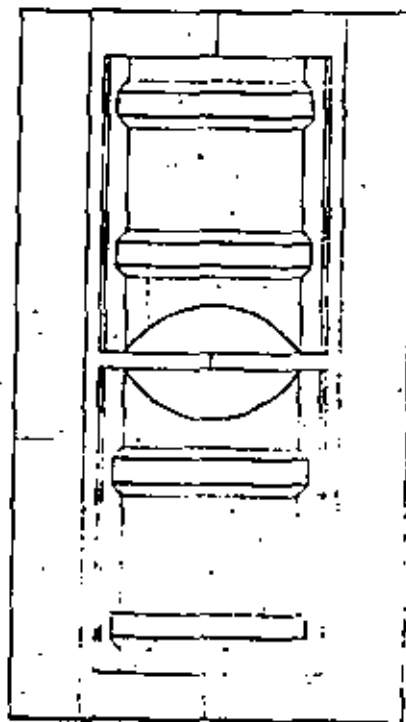


PRIMERA ALTERNATIVA

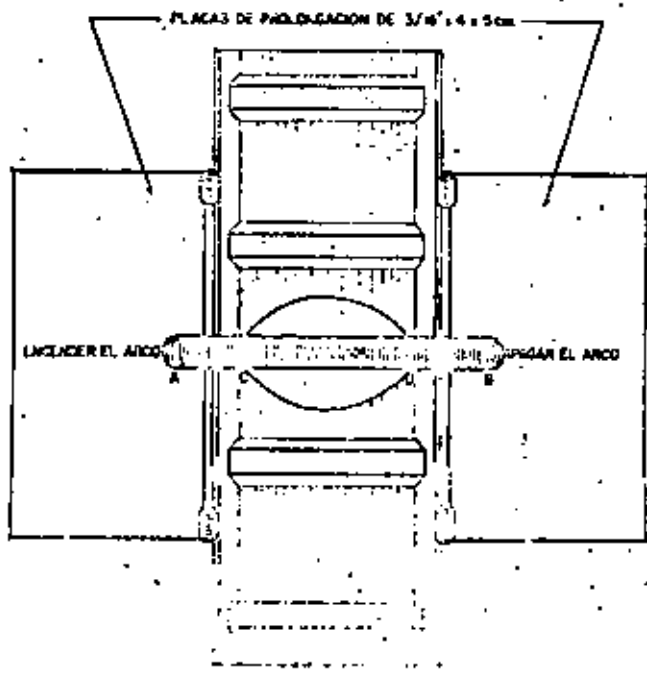
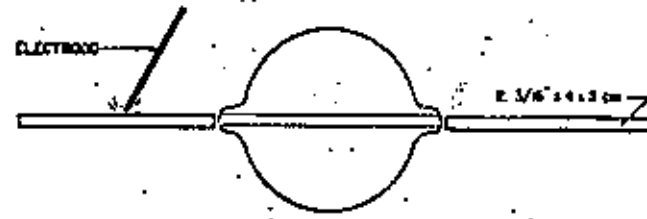
FIGURA NUM 5



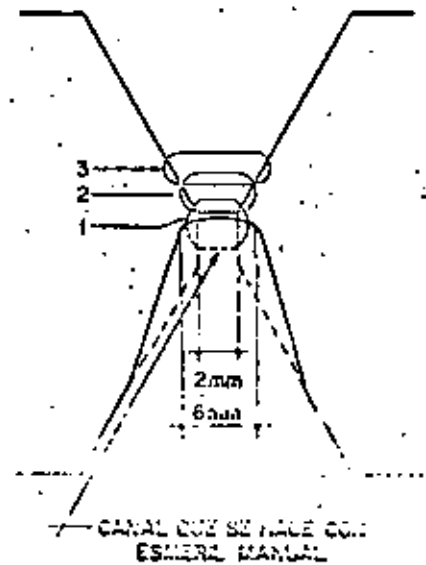
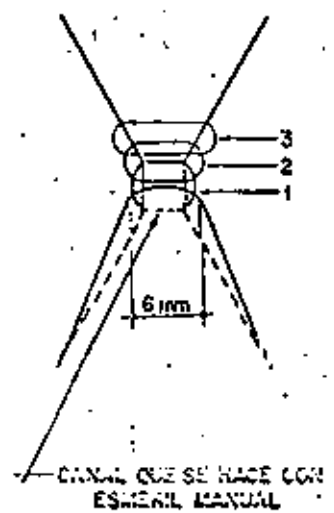
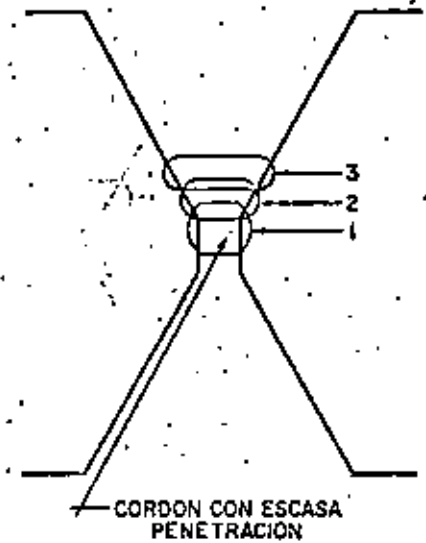
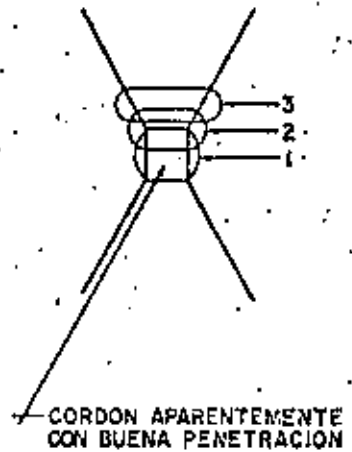
SEGUNDA ALTERNATIVA
FIGURA NUM. 6A



SEGUNDA ALTERNATIVA
FIGURA NUM. 6B



TERCERA ALTERNATIVA
FIGURA NUM. 7



LOS CORDONES 1, 2 y 3 SE HARAN CON ELECTRODO DE $1/8$ " DE DIAMETRO

FIGURA 8

LOS CORDONES 4, 5 y 6 -
SE HARAN CON ELECTRODO
DE 1/8" DE DIAMETRO.

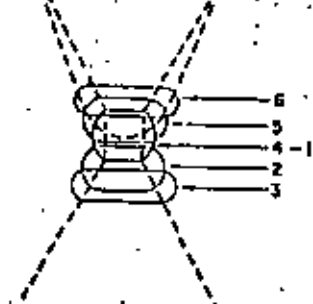


FIGURA 8 A

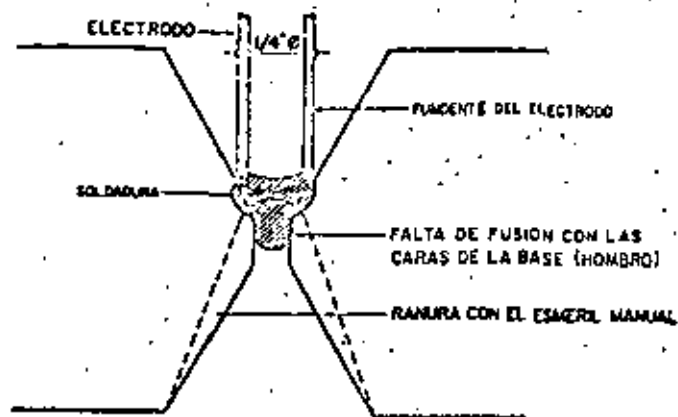


FIGURA 9 A

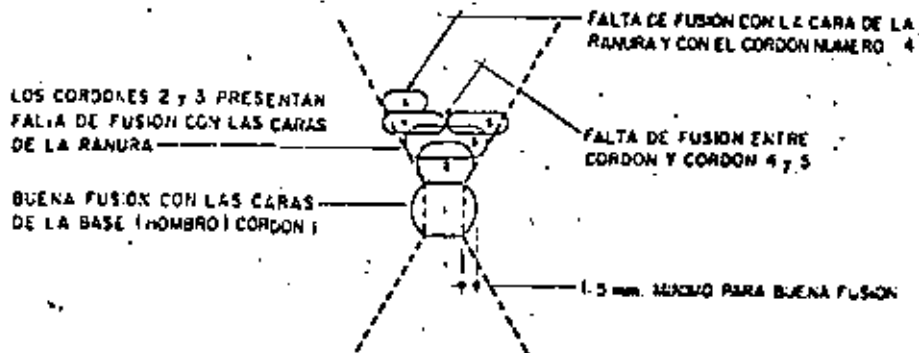


FIGURA 9 B

Esta última alternativa no es aplicable en varillas estiradas en frío, ya que en este tipo de varilla cualquier punto de soldadura o socavación fuera de la región soldada, es sumamente peligroso. Por lo tanto, para el caso de juntas en varillas estiradas en frío, únicamente se aceptan las 2 primeras alternativas y en el caso de que el soldador no tenga la habilidad para evitar los defectos de encendido y apagado del arco, se rá necesario cambiar de soldador.

Se hace notar que para el caso de soldadura de varillas torcidas en frío, deben soldarse simultáneamente grupos de diez varillas; además, deben tomarse precauciones especiales en cuanto a la intensidad de calentamiento y velocidad de enfriamiento de la junta soldada.

Seleccionada una de las tres (3) alternativas, se debe soldar cada cordón en la forma que a continuación se indica:

Con electrodos de la clase EOX10 o EOX18 (dependiendo del tipo y la resistencia de las varillas por soldar) y con diámetro de 1/8", se deposita el cordón de penetración y dos cordones más de relleno, quedando como se ilustra en la figura número 8, en donde se indican los dos casos que se presentan en el cordón de penetración, que puede ser aparentemente buena o escasa. En esa misma figura se puede observar la ranura que se hace con esmeril manual en el lado opuesto.

Una vez terminada la ranura mencionada, que también se ilustra en la figura número 8A, se procede a soldar en posición plana el segundo

cordón de penetración o cordón de fondo, (número 4) y dos más de relleno (números 5 y 6); que se hacen con el mismo electrodo de 1/8" de diámetro. En los cordones números 2, 3, 5 y 6, debe tenerse cuidado de que el soldador aplique el pudelaje adecuado, de manera que se obtenga fusión completa en las caras de la ranura y los cordones ya depositados.

En la figura 9A, se ilustra una falta de fusión con las caras de la base (hombro), casi siempre ocasionada por el uso de un electrodo de diámetro inadecuado. Como pueda verse, este defecto se puede eliminar esmerilando, pero se tiene que hacer una ranura con una profundidad mayor que implica mayor costo, pérdida de tiempo y al soldar se desalinean la varilla.

Se considera que hay fusión completa, cuando el nuevo cordón ha fundido por lo menos 1.5 mm de la cara de la preparación o del cordón anteriormente colocado.

En la figura 9B, se ilustran las diferentes faltas de fusión que se pueden presentar en una junta, las cuales se originan principalmente por tres (3) causas:

- a) Pudelaje inadecuado
- b) Amperaje muy bajo
- c) Máquina soldadora que no trabaje correctamente (gobernador deficiente).

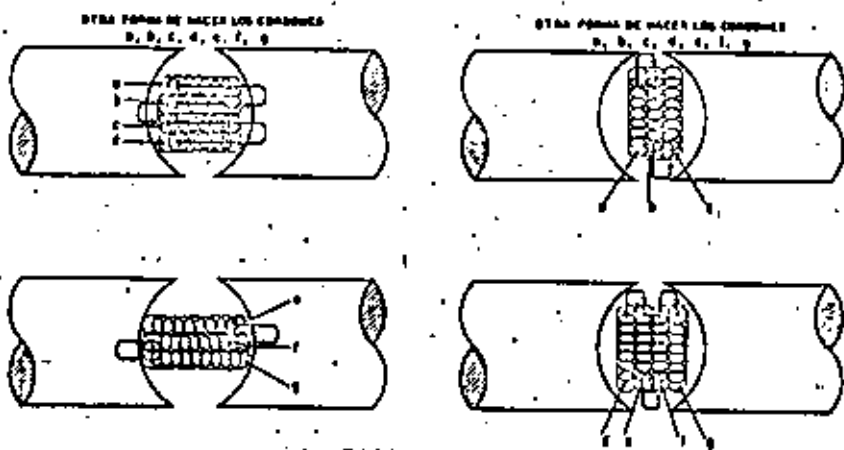


FIGURA 10

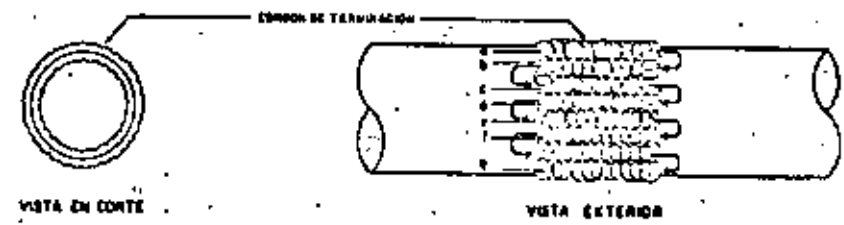


FIGURA 11

En la figura 9B, también se puede observar lo siguiente:

El cordón de penetración número 1, presenta buena fusión de 1.5 mm - por lo menos, con las caras de la base (hombro).

Los cordones números 2 y 3, tienen una falta de fusión con las caras de la ranura.

El defecto que nos muestran los cordones números 4 y 5, es una falta de fusión entre cordones.

Por último, se ilustra el defecto de falta de fusión con la cara de la ranura y con los cordones anteriores, en el cordón número 6.

Para terminar de soldar la junta, se sigue el método de pasadas múltiples (figura 10), usando un electrodo de 1/8" ó 5/32", de preferencia el primero, y de la clase EOX10 ó EOX18 (dependiendo del tipo y la resistencia de las varillas por soldar).

Se hace notar que todos los cordones mencionados en este procedimiento de soldadura, deben depositarse en forma alternada usando simultáneamente grupos de 6 a 10 varillas, dependiendo del clima.

La figura 11 muestra como se deben hacer los cordones llamados de terminación.

JUNTAS CON PREPARACION EN Y

Hay casos especiales en donde se tienen dificultades para soldar con el procedimiento descrito anteriormente y se requiere el empleo de otra técnica.

Un problema muy común en estructuras de edificios, es depositar el cordón del lado de la raíz (cara exterior de la preparación), por ejemplo, en contra-trabos de cimentación donde es muy costoso y poco práctico maniobrar varillas largas, que no se puedan soldar previamente, para colocarlas en sus respectivos lechos. En este caso es necesario soldar en el lugar y entonces puede presentarse el problema al que hacemos referencia.

También en columnas donde la cantidad de varillas colocadas impide depositar cordones por ambos lados de la junta, dado que no es conveniente soldar en posición sobrecabeza, sino plana, se seguirán las siguientes recomendaciones:

- El corte de los biselados debe hacerse de tal manera, que en la raíz, coincida con alguna de las corrugaciones de la varilla. (Figura 12).
- Como respaldo se usará una placa de cobre doblada en "media cana", que además servirá para el buen alineamiento de las varillas. El espesor de esta placa podrá ser de 1/4" a 1/2" para evitar su pronta distorsión. (Figura 13).
- El respaldo obliquo aumentará la separación en la raíz y el ángulo de la ranura, debiendo ser la primera de 4 a 5 mm como máximo y el segundo de 45° a 60°. (Figuras 14A y 14B).
- Se permitirá soldar con electrodos de 5/32" de diámetro para el cordón de penetración y es conveniente seguir soldando los cordones de relleno con el mismo electrodo.

- a) No debe dejarse separación entre la base de la raíz y la placa de respaldo.
- b) La placa de respaldo se requiere únicamente para la mitad de la junta.

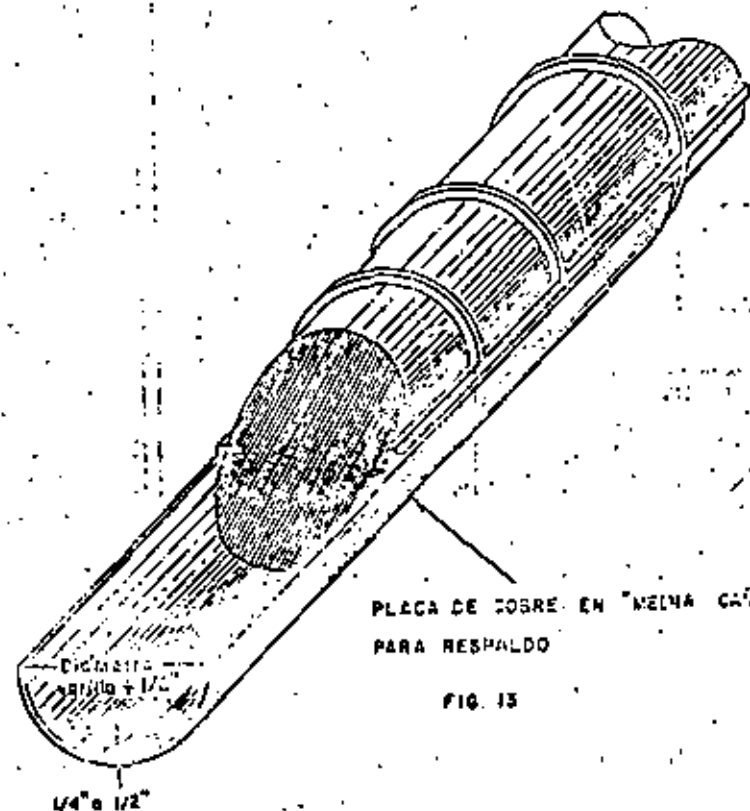
El mayor peligro en este tipo de juntas es una falta de penetración, -- que se puede evitar si no se deja espacio entre la placa de respaldo y la base de la raíz, pues de otra manera los gases tenderán a salir por dicho espacio dejando escoria, con el riesgo de producirse el defecto de falta de penetración.

Además de estas recomendaciones se deben tomar en cuenta las relativas a corte, alineamiento, enfriamiento, etc., dadas con anterioridad.



CORTE COINCIDENTE CON UNA CORRUGACIÓN EN LA RAÍZ

FIG. 12



PLACA DE COBRE EN "MEINA CAL" PARA RESPALDO

FIG. 13

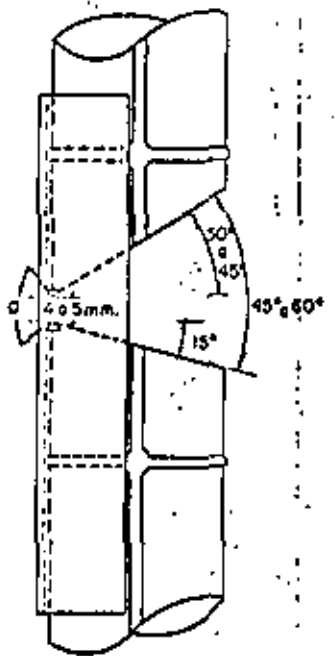
CALIFICACION DE SOLDADORES

Para definir la habilidad de los soldadores, que pretenden emplearse en una obra determinada, deberán enviarse con toda oportunidad al laboratorio, por lo menos 3 juntas soldadas por cada uno de los soldadores que se necesita calificar.

Las juntas que se sueldan para la calificación, deberán hacerse con todas las precauciones indicadas en este instructivo, utilizando el mismo material, electrodos y equipo que se pretenda emplear en la obra. La soldadura se hará en la misma posición que se pretenda ejecutar en la obra.

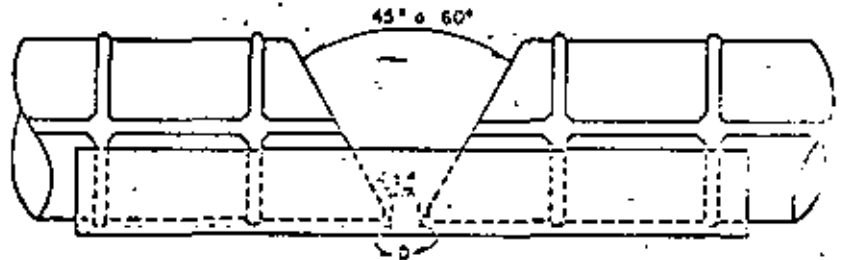
El tipo de pruebas que se requiere hacer en los 3 especímenes, para calificar un soldador, es el siguiente:

- a) Un espécimen para la prueba de tensión, en el que se medirá el por ciento de alargamiento. Esta prueba nos sirve únicamente para verificar la resistencia del electrodo empleado y determinar mediante la medición del por ciento de alargamiento, si la ductilidad de la junta no ha sido alterada en forma peligrosa.
- b) Dos especímenes para la prueba de sanidad. Esta prueba se considera la más importante, ya que nos muestra cualquier tipo de defecto en la junta, por pequeño que éste sea.



POSICIÓN HORIZONTAL LECHOS VERTICALES

FIG. 14 A



POSICIÓN PLANA LECHOS HORIZONTALES

FIG. 14 B

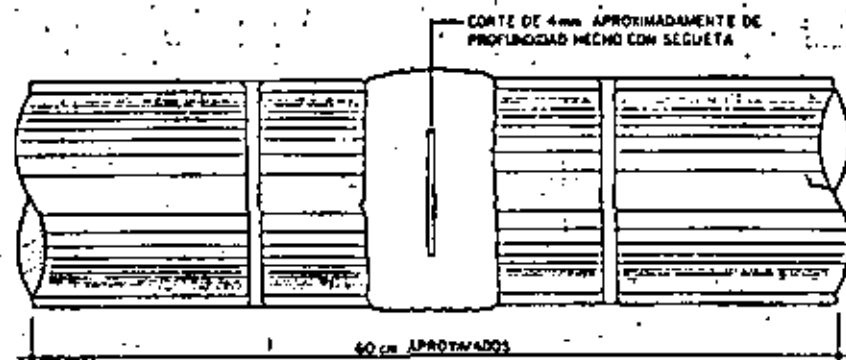
PRUEBA DE SANIDAD EN SOLDADURA DE VARILLAS

La prueba de sanidad en soldadura de varillas, consiste en hacer una muesca con segueta, de 4 mm aproximadamente, según se pueda ver en la figura número 15; esta muesca tiene por objeto iniciar la fractura del espécimen de prueba en la zona soldada.

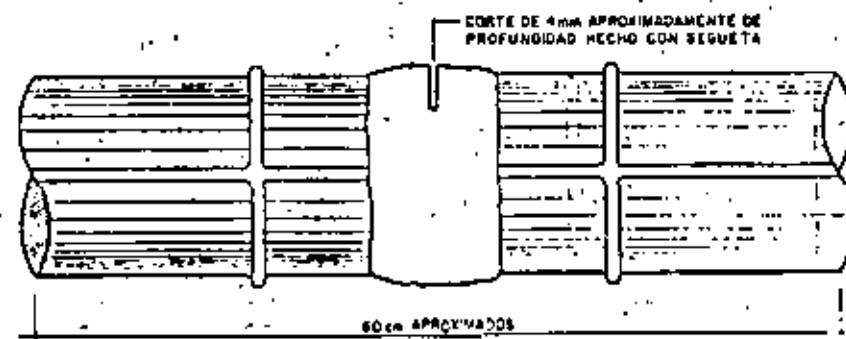
El espécimen se colocará en el dispositivo de doblado, de manera que la muesca practicada en una de las caras de la soldadura, quede en la zona de tensión del doblez. Ver figura 16A.

El espécimen se deberá fracturar al sujetarse a flexión, con carga concentrada al centro. Ver figura 16B.

Para que se consideren aceptables las pruebas de sanidad, se requiere que la sección de falla sea plana, perpendicular al eje de la varilla y carezca de defectos perjudiciales. En el caso de que existan defectos tales como falta de penetración, porosidad, inclusión de escoria, etc., se calificarán éstos, de acuerdo con los requisitos que se indican en el Capítulo C de la Parte Octava.

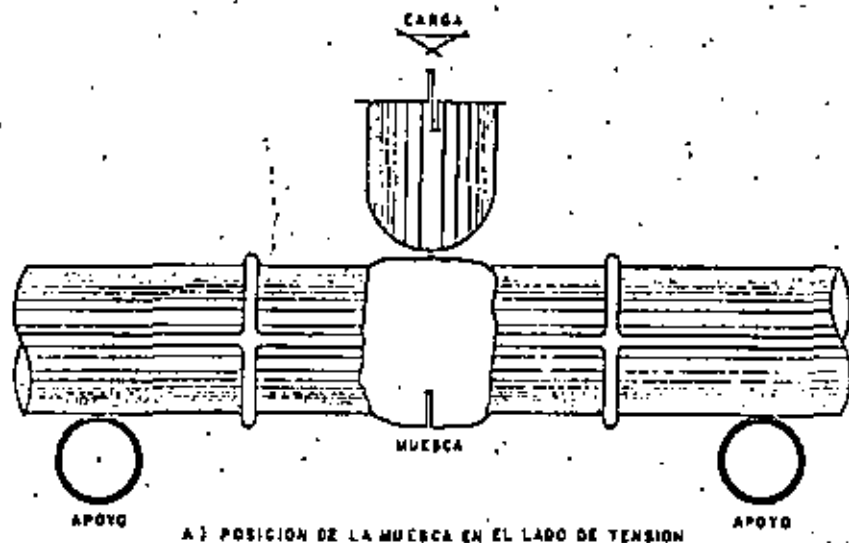


VISTA SUPERIOR

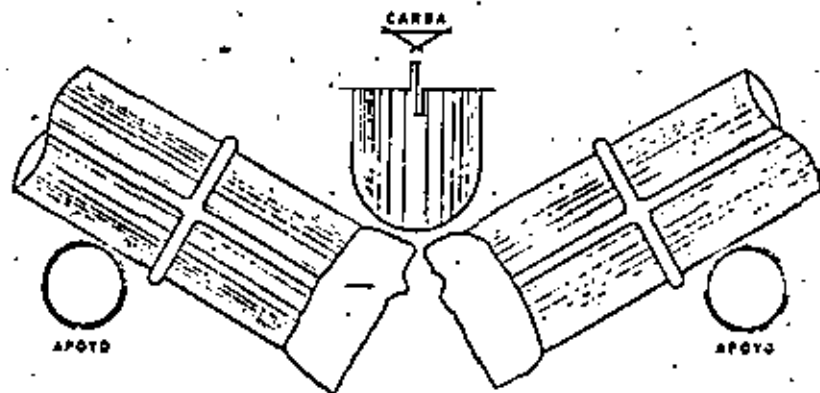


VISTA LATERAL

FIG. 15.-ESPECIMEN PARA PRUEBA DE SANIDAD EN SOLDADURA DE VARILLAS



A) POSICION DE LA MUESCA EN EL LADO DE TENSION



B) RUPURA DE LA VARILLA DESPUES DE LA PRUEBA

El concreto simple tiene una baja resistencia a la tensión; los miembros de concreto que deben resistir cargas de tensión apreciables son reforzados usualmente con varillas de acero ó mallas. En esta construcción compuesta, las cargas de tensión son soportadas por el acero, y el concreto las cargas de compresión. La cantidad de acero para un refuerzo adecuado, varía del 1% - aproximadamente para vigas y losas al 6% para algunas columnas.

Para asegurar agarre justo entre el concreto y las varillas de refuerzo, las varillas son fabricadas con pequeños lomos, dando les una vena elevada ó superficie corrugada. Estas deformaciones en la superficie varían de un fabricante a otro, pero todas deben estar de acuerdo con las normas del ASTM.

Como los coeficientes de expansión térmica son aproximadamente los mismos para el acero y concreto, los cambios de temperatura no causan esfuerzos apreciables entre los dos materiales.

La construcción de concreto reforzado requiere que las varillas sean soldadas extremo con extremo. El Boletín D 12.1 de la American Welding Society, describe las prácticas recomendadas para el soldado del acero de refuerzo.

Las varillas de refuerzo se encuentran en el mercado nacional - del tamaño No. 3 la cual tiene 3/8 de pulgada de diámetro al - No. 12, todas estas varillas son corrugadas. El número de designación de las varillas representa los octavos de pulgada de diámetro.

ACERO PARA VARILLAS DE REFUERZO.-

El acero utilizado para la fabricación de varillas de refuerzo, viene de muchas fuentes diferentes y la única limitación química impuesta por las especificaciones de la ASTM es que el fosforo no debe exceder 0.05%. Cuando el cliente solicite un análisis de cada uno de los componentes debe ser reportado, pero no hay otras restricciones que la del fosforo.

Las especificaciones de la ASTM establece claramente "la soldabilidad del acero no es parte de esta especificación pero puede estar sujeta a un acuerdo entre el fabricante y el usuario", si las varillas van a ser soldadas, es aconsejable tener algún - acuerdo sobre la soldabilidad.

Las especificaciones del ASTM A615-68 especifica el acero hecho de palanquilla por los procesos de coraza-abierta, oxígeno básico ó horno abierto. Mucho del almacenamiento de varillas de refuerzo usado es de alto carbono laminado de riel, así las especificaciones están en términos de materiales de riel. A616-68 especifica que las varillas deben ser roladas de secciones de estándar T de riel. A617-68 especifica que las varillas deben ser roladas de ejes de carras y locomotoras de acero al carbono no dentro de ciertos tamaños. En la tabla siguiente se listan los grados, tamaños y requisitos de tensión de varillas estándar.

Varillas corrugadas de refuerzo

Especificación ASTM	Fuente de Acero	Tamaños	Grado	Límite de Fluencia Kg/cm ²	Resistencia a la tensión Kg/cm ²
A-615-68	Palanquilla	3 a 12	40 60 75	2812 4219 5273	4922 6322 7022
A-616-68	Riel T	3 a 12	50 60	3515 4218	5622 6322
A-617-68	Eje de Acero	3 a 12	40 60	2812 4218	4922 6322

DISEÑO DE JUNTAS

El diseño de la soldadura es grandemente determinada por el tamaño de la barra y, en menor grado por la posición (horizontal o vertical) y por la facilidad de acceso. Las soldaduras a tope son preferidas sobre cualquier otro tipo, ya que la transferencia de esfuerzos a través de la unión es directa y concentrada. Utilizando el electrodo apropiado, las soldaduras a tope pueden desarrollar el 100% de la capacidad de tensión especificado de la varilla.

Para varillas de diámetro pequeño, la soldadura a tope son más tardadas ó difíciles de ejecutar. La tabla 13-17 enlista las recomendaciones de unión para varillas de diferentes tamaños. La 13-18, muestra una unión a tope indirecta para una varilla de menor, usando una placa ó ángulo de espalme.

Para varillas No. 5 a No. 9, el extremo es biselado y soldado a tope con un ángulo como se muestra en la fig. 13-19 ó con una placa, ver fig. 13-20. Otra manera de soldar a tope varillas de refuerzo con respaldo, se muestra en la fig 13-21. Un fleje de respaldo de 1/8" de espesor es primero punteado a la parte inferior de la unión. Después de que una porción de la soldadura es colocada al respaldo, está al rojo caliente y puede ser fácilmente enrollado parcialmente alrededor de la varilla con el martillo para quitar la escoria del soldador. Algunas veces las varillas del No. 5 al No. 9 son soldadas con un solo bisel sin respaldo como se muestra en la fig. 13-22.

Varillas No. 8 y mayores son preparadas ambas con un solo bisel fig. 13-22 ó doble bisel, fig. 13-23. Cuando las varillas están verticales, la varilla inferior es cortada recta y la varilla superior con uno ó dos bisel, dependiendo de la facilidad de acceso de la unión fig. 13-24 y 13-25. Para columnas con mucho refuerzo donde los esfuerzos serán siempre de compresión, la unión con camisa fig. 13-26 es usado algunas veces.

Las varillas soldadas traslapadas fig. 13-27, están sujetas a esfuerzos de flexión cuando se aplica la carga por no estar las varillas en el mismo eje, este tipo de unión, no debe ser usado en varillas de refuerzo de diámetros grandes y en varillas de diámetros pequeños solamente después de ser analizadas cuidadosamente. Una mejor manera es utilizando dos varillas pequeñas, pero más costosa, como se ilustra en la fig. 13-28.

PROCEDIMIENTOS DE SOLDAR

Cuando, placas, ángulos ó varillas de respaldo son usadas, existe siempre una garganta en la raíz de la unión causada por las corrugaciones en las varillas, por esta condición, los soldadores deben adquirir adiestramiento necesario para hacer un trabajo de calidad en las varillas de refuerzo.

Electrodos de arco-metal protegidos deben estar de acuerdo con las especificaciones de la AWS y deben ser del tipo de bajo contenido de hidrógeno (EXX 18) y de resistencia suficiente para coincidir con la de las varillas de refuerzo a soldarse.

Es importante conocer la composición del material a ser soldado antes de empezar. Esta información debe ser proporcionada por el fabricante ó el vendedor del producto, como la composición puede variar ampliamente, es necesario probar muestras de uniones a la falla para confirmar la correcta elección del electrodo y la calidad del soldador antes de empezar el trabajo.

Procedimientos de soldado específicos pueden ser extrapolados de los procedimientos para soldadura con arco-metal protegido ó unión similar con electrodos de contenido bajo de hidrógeno. Generalmente las técnicas son las mismas pero el tamaño del electrodo es más pequeño que para los procedimientos de placa.

La tabla 13-18 enlista las temperaturas de precalentamiento recomendadas y entrepasos para varillas con contenido de carbón y manganeso variables.

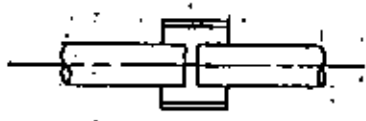
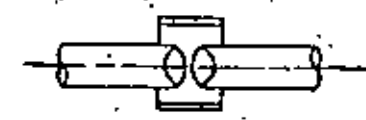
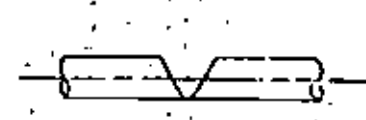
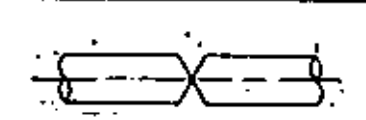

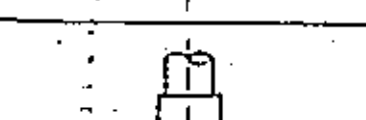
Además del proceso de arco-metal protegido, las varillas pueden ser soldadas también con el proceso de gas arco-metal y el topotelegido núcleo de alambre. El soldado de varillas de refuerzo es hecho casi siempre en el campo, así que cuando se usa cualquier proceso de protección de gas, el soldador debe estar protegido del viento. Los procedimientos típicos de soldado gas arco-metal están listados en la tabla 13-19. Las juntas pueden ser con uno ó dos biselas (use 3/32" de garganta entre las varillas), y el mismo diseño de uniones es usado para la posición horizontal y vertical de las varillas. Las mismas temperaturas de precalentamiento y entre pasos dadas en la tabla 13-18 para electrodos de contenido bajo de hidrógeno, deben ser usados. Para asegurar buena liga al metal base, varillas del No. 14 y 18, deben ser precalentadas no obstante la temperatura ambiente.

TABLA 13-18. TEMPERATURAS DE PRECALENTAMIENTO

Composición (%)		Electrodo		Temperatura de Precalentamiento
Carbón	Manganeso	Bajo Hidrógeno.	Otros que bajo Hid.	°C
a 0.30	a 0.60	no se requiere.	Cualquiera E 60 XX E 70 XX	30° si está bajo 0° no si está arriba 0°
0.31a0.35	a 0.90	E 70 XX	- - - -	38° si está bajo 0° no si está arriba 0°
			E 60 XX ó E 70 XX	38°
0.36a0.50	a 1.30	E 70 XX	no se recomienda	93°
0.41a0.50	a 1.30	E 70 XX	no se recomienda	204°
0.51a0.80	a 1.30	tipos de alta tenelón	no se recomienda	Procedimiento según a calificación y prueba.

TABLA 13-19 PROCEDIMIENTOS DE SOLDADOS DE VARILLAS DE REFUERZO.

Varilla No.	Corriente de soldado AMPER	ARCO VOLTAJE
a 8	120	20
9 - 12	150	22
14 - 18	160	22

Tamaño Varilla	TIPO DE	UNION RECOMENDADA
5 y menor	Extremos en escuadra con placa ó ángulo de respaldo.	
5 a 9	Bisel simple con placa ó ángulo de respaldo.	
5 a 9	Bisel simple sin respaldo.	
8 a 12	Doble Bisel	
8 a 12	Doble bisel posición vertical.	
11 y 12	Camisa, posición vertical, únicamente sujeta a compresión.	

UNCOATED SEVE-WIRE STRESS-RELIEVED STRAND FOR PRESTRESSED CONCRETE

1. GENERALIDADES

1.1 DEFINICIONES.

Torón.- Cualquier tramo de material que está formado por alambres colocados en forma helicoidal sobre un alambre central.

1.2 ALCANCE.

Esta Norma establece los requisitos que deben cumplir los torones de siete alambres sin recubrimiento para uso en concreto presfuerzo.

1.3 USOS.

Los torones a que se refiere esta Norma se usan en construcción de concreto presfuerzo, ya sea pretensionado o postensionado.

2. CLASIFICACION.

El torón para concreto presfuerzo a que se refiere esta Norma, se clasifica en dos grados de acuerdo con su resistencia, basada a su área nominal.

- Grado 176 Con resistencia mínima de 176 kg/mm².
- Grado 190 Con resistencia mínima de 190 kg/mm².

3. ESPECIFICACIONES

3.1 ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO.

3.1.1 Condiciones Generales.

El metal debe ser acero al carbono, de tal calidad, que cuando sea agitado para formar alambre redondo de tamaño apropiado y sometido a un proceso de fabricación para formar el torón, relevado de esfuerzos después de torcerse, debe tener las propiedades y características estipuladas en esta Norma.

El alambre para la fabricación de torones, debe tener un acabado común estirado en frío.

Todos los torones deben ser del tipo de siete alambres, teniendo un alambre central envuelto firmemente por seis alambres exteriores, colocados en forma helicoidal, con un paso uniforme de 12 a 16 veces el diámetro nominal del torón. Cuando se corta el torón, sin poner ligaduras, los alambres que lo forman no deben tender a desenrollarse.

No es permitido que haya juntas o empalmes del torón en ningún tramo terminado, a menos que esto lo permita, específicamente el comprador.

Cuando específicamente se ordene "calidad libre de soldadura", debe proporcionarse un producto libre de soldaduras. Cuando se especifique esta calidad, no se permiten soldaduras o juntas, excepto lo indicado a continuación:

- a) Durante el proceso de estirado de los alambres individuales, se puede permitir hacer juntas soldadas solamente antes o en la medida en que se está efectuando el último tratamiento de patentado.
- b) Durante la fabricación de los torones se pueden hacer juntas soldadas a tope en los alambres individuales, siempre que no haya más de una junta de este tipo en cualquier tramo de 45 m de torón terminado.

Después de terminada la operación de torcido, todos los torones deben someterse a un tratamiento térmico continuo, para relevarlos de esfuerzos y obtener las propiedades mecánicas exigidas para ese material. Los colores que puedan resultar de las operaciones del relevado de esfuerzos deben considerarse como normales en la apariencia de los cables terminados.

3.1.2 Propiedades mecánicas.

3.1.2.1 Carga de ruptura.

Los torones terminados relevados de esfuerzos, deben cumplir con los requisitos de resistencia a la ruptura indicados en la Tabla I.

3.1.2.2 Resistencia de fluencia.

Como se indica en la Tabla II la carga mínima en el límite de fluencia, para todos los torones, determinada por el método de deformación especificada bajo carga, y considerando una deformación del 1.0% no debe ser menor del 85 % de la resistencia de ruptura mínima especificada.

La deformación unitaria bajo carga, debe determinarse con un extensómetro calibrado, cuya sensibilidad no sea menor de 0.0001.

La carga inicial indicada en la Tabla II se debe aplicar al espécimen, y en ese momento, se fija el extensómetro ajustándolo a una lectura de 0.001 cm por cada cm de longitud calibrada. Después, la carga se incrementa hasta que el extensómetro indique una deformación unitaria de 0.01. La carga para esta deformación, se registra y debe cumplir con los requisitos estipulados en la Tabla II.

3.1.2.3. Requisitos de alargamiento.

El alargamiento total del torón bajo carga debe ser como mínimo de 3.5% y se debe medir en una longitud calibrada mínima de 610 mm. El alargamiento se determina por medio de un extensómetro que se coloca sobre el espécimen después de haberle aplicado una carga inicial. La carga inicial debe ser igual al 10% de la resistencia de ruptura mínima requerida, como lo indica en la Tabla II. Cuando se alcanza un alargamiento de 1.0 mm, puede removerse el extensómetro y continuar cargando hasta la

falla. El valor del alargamiento se determina entonces, por el incremento en la longitud entre los puntos, el cual debe adicionarse al valor de 1% determinado con el extensómetro.

Tabla I

REQUISITOS DE RESISTENCIA

Torón Nominal	Diámetro nominal del torón, mm	Resistencia a la ruptura del torón, kg	Área nominal del torón	
			mm ²	in ²
GRADO 170				
1/4	6.3	4090	23.23	0.102
5/16	7.9	6520	37.42	0.293
3/8	9.5	9070	51.61	0.405
7/16	11.1	12250	69.60	0.556
1/2	12.7	16930	92.90	0.719
GRADO 150				
3/8	9.5	10430	54.94	0.437
7/16	11.1	14060	74.19	0.589
1/2	12.7	19720	99.71	0.774

Tabla II

REQUISITOS DE RESISTENCIA Y FLUENCIA

Torón Nominal	Diámetro nominal del cable, mm	Carga inicial en kg	Carga mínima para alargamiento del 1% en kg
GRADO 170			
1/4	6.3	401	3470
5/16	7.9	659	5575
3/8	9.5	907	7704
7/16	11.1	1225	10433
1/2	12.7	1623	13930
GRADO 150			
3/8	9.5	1045	8867
7/16	11.1	1386	11751
1/2	12.7	1829	15511

Los especímenes que se tomen fuera del extensómetro o en las porciones y que, sin embargo, cumplan con los valores mínimos especificados, se deben considerar que satisfacen los requisitos de alargamiento. Si el requisito de alargamiento mínimo no satisface antes de la ruptura, es necesario determinar el valor de alargamiento final.

3.1.2.4 Requisitos dimensionales

La tolerancia en el diámetro nominal para torones del grado 176 es de ± 0.41 mm y para el grado 190 es ± 0.60 , $- 0.15$ mm, medidos en la parte de del torón.

El diámetro del alambre central de cualquier torón debe ser mayor que el diámetro de cualquier alambre exterior de acuerdo con la Tabla III.

Las variaciones en el área de la sección transversal y las variaciones en los esfuerzos, como consecuencia de lo anterior, no deben ser causa de rechazo, siempre que las diferencias en el diámetro de los alambres individuales y el diámetro del torón estén dentro de las tolerancias especificadas.

TABLA III

RELACION ENTRE LOS DIÁMETROS DE LOS ALAMBRES CENTRALES Y LOS EXTERIORES

Grado	Diámetro nominal	Diferencia mínima entre el diámetro del alambre central y el de cualquier alambre exterior
GRADO 176	1/4	0.075
	5/16	0.090
	3/8	0.091
	7/16	0.064
	1/2	0.076
GRADO 190	3/8	0.051
	7/16	0.064
	1/2	0.076

3.1.3 Condiciones de acabado

Los torones deben tener un diámetro uniforme, no presentar defectos por fisuras, y tener un acabado compatible con una buena práctica de fabricación.

No se permite que los torones estén aceitados o engrasados. Una ligera cantidad de aceite que haya causado picaduras visibles a simple vista, no es aceptable.

3.2 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Cada carrete o rollo debe llevar una etiqueta resistente, firmemente adherida, en la que se indique la longitud, número de carrete, tamaño, número de esta Norma y el nombre o marca del fabricante.

3.3 ESPECIFICACIONES DEL ENVASE Y ALMACÉN

A menos que se especifique otra cosa, los torones deben entregarse en carretes o en rollos compactos, que tengan un diámetro de corazón mínimo, de 60 mm.

Las longitudes contenidas en los carretes o en los rollos deben estar de acuerdo con lo convenido en los términos del pedido. Los torones deben protegerse contra perjuicios mecánicos durante el embarque.

4. MUESTREO

Se debe tomar un espécimen de cada carrete de torón terminado. Los especímenes de prueba se deben cortar de la parte exterior de los carretes o en cualquier parte de los extremos de los rollos de torón. Cualquier espécimen en el que se encuentre una junta de alambre, se debe descartar y obtener un nuevo espécimen.

4.1 RECHAZO

En caso que el torón no cumpla con alguno de los requisitos de esta Norma se deben hacer las pruebas adicionales, con muestras tomadas del rollo de carrete o rollo si ocurre una falla en cualquiera de estas. Si no se cumplen las nuevas pruebas, se debe rechazar el carrete.

4.2 INSPECCIÓN

El comprador debe especificar en la orden, al darse efectuar inspección, en tal caso, el fabricante debe dar al inspector representante del comprador, todas las facilidades necesarias, sin cargo alguno, para que realice la inspección del material que se va a proporcionar en conformidad con esta Norma. A menos que se especifique otra cosa, todas las pruebas y la inspección, no deben efectuarse antes del embarque, y realizarse de manera que no interfiera innecesariamente en las operaciones de la planta. Si no hay inspección, puede ser la base de aceptación un certificado del fabricante de que el material ha sido probado y cumple con los requisitos de esta Norma.

5. MÉTODOS DE PRUEBA

Para verificar que el material suministrado cumple con esta Norma, se deben seguir los métodos de prueba indicados en la Norma Oficial Mexicana NOM-1-172, en vigor.

En la prueba de tracción los extremos de los especímenes deben sujeción en las máquinas que se permitan el deslizamiento a voluntad.

Si cualquier muestra se fractura dentro de los períodos o sujetos cerca de la esquina de prueba, los valores resultantes que sean inferiores a los límites especificados de resistencia a la ruptura, resistencia a flexión o alizamiento, deben considerarse nulos y realizar un ensayo otro.

6. APÉNDICE

6.1 DATOS PARA EL PEDIDO

Las órdenes de material bajo esta Norma, deben incluir los siguientes datos, para describirlo adecuadamente:

- a) Número de esta Norma
- b) Marca del material.
- c) Cantidad (kilogramos).
- d) Tipo o diámetro nominal.
- e) Longitud de prueba.
- f) Excepciones a esta Norma.
- g) Certificación de calidad (si se requiere).

6.2 NORMA A CONSULTAR

ENM-B-172-1970. Norma Oficial Mexicana. "Métodos de Prueba Mecánicas para Productos de Acero".

6.3 BIBLIOGRAFÍA

ASTM A 416 60

6.4 PARTICIPANTES

Secretaría de Obras Públicas.
Asociación de Industriales del Frenofreno, A.C.
Hijaletta y Sáenz, S. A.
Alto Hornos de México, S. A.
Fundidora Monterrey, S. A.
Cameca, S. A.

México, D. F., a 13 de Mayo de 1974

EL C. DIRECTOR GENERAL DE NORMAS

[Firma manuscrita]
ING. LUIS LARRABE, ALIZADO.

1.- OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION.

Esta Norma Oficial Mexicana, establece las especificaciones que deben cumplir los Tubos de Concreto Reforzado, para usarse en la conducción de aguas negras, pluviales, desechos industriales y para la construcción de alcantarillados. Se aplica, únicamente, a las características de los tubos de concreto reforzado y no incluye los requisitos de instalación, ni la relación entre la carga de cobertura y la clasificación por resistencia del tubo.

2.- REFERENCIAS.

Esta Norma se complementa con las siguientes, en vigor:

- NOM-B-6 VARILLAS CORRUGADAS Y LISAS DE ACERO, PROCEDENTES DE LINGOTE O PALANQUILLA, PARA REFUERZO DEL CONCRETO.
- NOM-B-13 ALAMBRE DE ACERO PARA USOS GENERALES.
- NOM-B-18 VARILLAS CORRUGADAS DE ACERO, PROCEDENTES DE RIEL PARA REFUERZO DEL CONCRETO.
- NOM-B-32 VARILLAS CORRUGADAS DE ACERO, PROCEDENTES DE EJE, PARA REFUERZO DEL CONCRETO.
- NOM-B-253 ALAMBRE DE ACERO, ESTIRADO EN FRIO, PARA REFUERZO DEL CONCRETO.
- NOM-B-290 MALLA SOLDADA DE ALAMBRE DE ACERO, PARA REFUERZO DEL CONCRETO.
- NOM-B-294 VARILLAS CORRUGADAS DE ACERO, TORCIDAS EN FRIO PROCEDENTES DE LINGOTE O PALANQUILLA, PARA REFUERZO DEL CONCRETO.

- NOM-C-1.- CEMENTO PORTLAND.
- NOM-C-2.- CEMENTO PORTLAND PUZOLANA.
- NOM-C-9.- TUBOS DE CONCRETO SIN REFUERZO.
- NOM-C-81.- MEMBRANAS DE CURADO PARA CONCRETOS HIDRAULICOS.
- NOM-C-83.- METODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS MOLDEADOS DE CONCRETO.
- NOM-C-111.- AGREGADOS PARA CONCRETO.
- NOM-C-116.- TUBOS DE CONCRETO, DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION POR EL METODO DE LOS TRES APOYOS.
- NOM-C-119.- METODO DE PRUEBA DE ABSORCION PARA TUBOS DE CONCRETO.
- NOM-C-159.- ELABORACION Y CURADO EN EL LABORATORIO DE ESPECIMENES DE CONCRETO.
- NOM-C-169.- OBTENCION Y PRUEBA DE CORAZONES Y VIGAS DE CONCRETO ENDURECIDO.
- NOM-C-175.- CEMENTO PORTLAND DE ESCORIA DE ALTO HORNO.

3.- DEFINICION.
Para los fines de esta Norma, se establece la definicion siguiente:

3.1.- Tubo de Concreto Reforzado.
Tubo de concreto que se refuerza con alambre, varilla o malla de acero, y que lleva en uno de sus extremos una abocadura que permite acoplarlo a otro, formando una tuberia, cuya superficie interior sea continua y uniforme.

4.- MATERIALES.
4.1.- Cemento.
El cemento que se utilice en la elaboracion del concreto con que se fabrican los tubos, deben cumplir con los requisitos establecidos en las Normas NOM-C-1, C-2 y C-175, en vigor; segun la clase de cemento que se emplee en su fabricacion.

4.2.- Agregados.
Los agregados para la elaboracion del concreto con que se fabrican estos tubos deben cumplir con lo especificado en la NOM-C-111, en

4.3.- Agua.
El agua que se emplea en la elaboracion del concreto con que se fabrican estos tubos debe ser limpia y pura.

4.4.- Acero de refuerzo.
El acero de refuerzo que se utiliza en la fabricacion de los tubos debe cumplir con las especificaciones que establecen las NOM-B-61-B-13, B-18, B-32, B-253, B-290, y B-294, segun la clase de refuerzo que se emplee.

5.- CLASIFICACION.
Los tubos de concreto reforzado a que se refiere esta Norma se clasifican en base a sus resistencias, en cuatro grados, como se indica en las tablas I, II, III y IV.

6.- ESPECIFICACIONES.
6.1.- Las características que deben cumplir los tubos de concreto reforzado, que comprende esta Norma, aparecen en las tablas como sigue:

Tabla <u>I</u>	-	Grado	1
Tabla <u>II</u>	-	Grado	2
Tabla <u>III</u>	-	Grado	3
Tabla <u>IV</u>	-	Grado	4

6.2.- Los diámetros, espesores de pared, resistencia a la compresion del concreto, la cantidad de refuerzo circunferencial y la resistencia al aplastamiento del tubo, aparecen en las tablas I, II, III, y IV, sujetas a las excepciones y cambios que aparecen en los incisos 6, 3 y 6, 3, 1.

T A B L A I

REQUISITOS DE DISEÑO PARA TUBO DE CONCRETO REFORZADO

GRADO 1

CARGA M PARA PRODUCIR UNA GRIETA DE 0.3 mm. 50 N/mm² (6.5 kgf/mm²)
 CARGA M PARA PRODUCIR LA RUPTURA. 75 N/mm² (10 kgf/mm²)

DIAMETRO INTERIOR		REFUERZO, cm ² /m DE PARED DE TUBO RESISTENCIA DEL CONCRETO, 27.6 MPa (f'c = 280 kgf/cm ²)							
		PARED A				PARED B			
		Espesor de Pared mm	Refuerzo, cm ² /m de Pared de tubo		Refuerzo Elíptico	Espesor de Pared mm	Refuerzo, cm ² /m de Pared de Tubo Circular		Refuerzo Elíptico
Jaula Interior	Jaula Exterior		Jaula Interior	Jaula Exterior					
30	305	46	1.5		51	1.5			
38	381	47	1.5		52	1.5			
45	457	50	1.5		63	1.5		1.5	
60	610	63	2.0		76	1.5		1.5	
76	767	70	3.2		89	3.0		2.5	
91	914	76	3.0	2.1	101	2.5	1.9	2.0	
107	1067	89	3.4	2.5	114	3.2	2.5	3.6	
122	1219	101	4.5	3.4	127	3.8	3.0	4.2	
152	1574	123	6.4	4.2	152	5.3	4.0	6.0	
183	1829	152	8.2	6.4	178	7.4	5.5	8.3	
213	2134	---	---	---	203	9.7	7.2	10.2	
RESISTENCIA DEL CONCRETO 34.5 MPa (f'c = 350 kgf/cm ²)									
213	2134	178	10.8	8.3	12.1				
244	2438	203	11.1	10.0	14.6	7.8	12.1	9.1	11.3
305	3048					7.9			

(a). Para diseños modificados o especiales ver -- 6.3 --

T A B L A II

REQUISITOS DE DISEÑO PARA TUBO DE CONCRETO REFORZADO. GRADO 2

GRADO 2

CARGA M PARA PRODUCIR UNA GRIETA DE 0.3 mm. 70 N/mm² (7.1 kgf/mm²)
 CARGA M PARA PRODUCIR LA RUPTURA, 100 N/mm² (10.2 kgf/mm²)

DIAMETRO INTERIOR		REFUERZO, cm ² /m DE PARED DE TUBO RESISTENCIA DEL CONCRETO, 27.6 MPa (f'c = 280 kgf/cm ²)							
		PARED A				PARED B			
		Espesor de Pared mm	Refuerzo Circular		Refuerzo Elíptico	Espesor de Pared mm	Refuerzo Circular		Refuerzo Elíptico
Jaula Interior	Jaula Exterior		Jaula Interior	Jaula Exterior					
30	305	46	1.5		51	1.5			
38	381	49	1.5		52	1.5			
45	457	51	1.5		63	1.5		1.5	
60	610	63	2.0		76	1.5		1.5	
76	767	70	3.2		89	3.0		2.5	
91	914	76	3.0	2.1	101	2.5	1.9	2.0	
107	1067	89	3.4	2.5	114	3.2	2.5	3.6	
122	1219	101	4.5	3.4	127	3.8	3.0	4.2	
152	1574	123	6.4	4.2	152	5.3	4.0	6.0	
183	1829	152	8.2	6.4	178	7.4	5.5	8.3	
213	2134	---	---	---	203	9.7	7.2	10.2	
RESISTENCIA DEL CONCRETO 34.5 MPa (f'c = 350 kgf/cm ²)									
213	2134	178	10.8	8.3	12.1				
244	2438	203	11.1	10.0	14.6	7.8	12.1	9.1	11.3
305	3048					7.9			
RESISTENCIA DEL CONCRETO 34.5 MPa (f'c = 350 kgf/cm ²)									
213	2134	178	15.2	11.4	16.9	7.1	14.6	11.0	12.1
244	2438	203	14.7	14.8	21.8	7.9	16.1	12.1	17.8
305	3048	---	---	---	---	---	---	---	---

(a). Para diseños modificados o especiales ver -- 6.3 --

TABLA III

REQUISITOS DE DISEÑO PARA TUBO DE CONCRETO REFORZADO
C. N. A. N. O. 3.

Carga H para producir una grieta de 0.3 mm 95.8 N/m² (9.8 kgf/cm²)

Carga H para producir la ruptura 144.0 N/m² (14.7 kgf/cm²)

DIAMETRO INTERIOR		REFUERZO: cm ² /m de pared de tubo.								
		PARED A					PARED B			
		Resistencia del Concreto 34.5 MPa					Resistencia del Concreto 22.6 MPa			
		Nom. cm.	Pant. mm.	Espesor de Pared, mm	Refuerzo Circular		Refuerzo Elíptico	Espesor de Pared, mm.	Refuerzo Circular	
Jaula Interia	Jaula Exterior				Jaula Interia	Jaula Exterior				
30	305	44	3.2	---	---	51	1.5	---	---	
48	331	47	3.4	---	---	52	2.1	---	---	
48	457	51	3.6	---	1.2	63	1.0	---	7.3	
60	610	63	6.1	---	5.7	76	5.7	---	4.9	
76	767	70	8.0	---	7.4	89	7.4	---	5.9	
91	914	*	---	---	---	101	6.3	4.7	7.0	
107	1067	*	---	---	---	114	7.4	5.5	8.3	
122	1219	*	---	---	---	127	8.9	6.8	9.9	
Resistencia del Concreto 34.5 MPa. (350 kgf/cm ²)										
152	1574	*	---	---	---	152	17.5	9.5	14.0	
183	1829	*	---	---	---	178	16.7	12.7	19.6	

(*) Para diseños modificados o especiales ver -- 6.3 --

TABLA IV

REQUISITOS DE DISEÑO PARA TUBO DE CONCRETO REFORZADO

GRADO 4

Carga H para producir una grieta de 0.3 mm. 144.0 N/m² (14.7 kgf/cm²) - 144.0 N/m²

Carga H para producir ruptura: 180 N/m² (18.1 kgf/cm²)

DIAMETRO INTERIOR		REFUERZO: cm ² /m de pared de tubo.								
		PARED A					PARED B			
		Resistencia del Concreto 41.4 MPa (420 kgf/cm ²)								
		Nom. cm.	Pant. mm.	Espesor de Pared mm	Refuerzo Circular		Refuerzo Elíptico	Espesor de Pared mm	Refuerzo Circular	
Jaula Interia	Jaula Exterior				Jaula Interia	Jaula Exterior				
30	305	*	---	---	---	51	2.1	---	---	
38	381	*	---	---	---	57	3.0	---	---	
45	459	*	---	---	---	63	4.0	---	3.4	
60	610	*	---	---	---	76	6.4	---	5.1	
76	767	*	---	---	---	89	8.7	6.6	9.7	
91	914	*	---	---	---	101	10.6	8.0	11.9	
109	1067	*	---	---	---	114	12.7	19.5	14.7	
127	1219	*	---	---	---	127	15.4	11.6	17.1	
152	1524	*	---	---	---	*	---	---	---	
183	1829	*	---	---	---	*	---	---	---	
212	2134	*	---	---	---	*	---	---	---	
244	2430	*	---	---	---	*	---	---	---	
305	3045	*	---	---	---	*	---	---	---	

(*) Para diseños modificados o especiales ver -- 6.3 --

6.3.- Diseños modificados especiales.

Si lo acepta el comprador, el fabricante puede solicitar su aprobación de diseños modificados que difieran de los que aparecen en las tablas o diseños especiales, para los tamaños y cargas fuera de lo que se muestra en las tablas, o diseños especiales para los tamaños de los tubos que varíen su cantidad de refuerzo de las que aparecen en las tablas.

6.3.1.- Tales diseños modificados o especiales deben estar basados en cálculos racionales o empíricos para la resistencia última y comportamiento al agrietamiento del tubo y deben dar a conocer al comprador cualquier diferencia de lo indicado en las tablas.

Las descripciones de los diseños modificados especiales deben incluir el espesor de la pared, la resistencia del concreto y el área, tipo, colocación, número de capas y resistencia del acero de refuerzo.

6.3.2.- El fabricante debe informar al comprador mediante pruebas, de que el diseño modificado o especial es adecuado; tales pruebas debidamente certificadas, deben indicar que el tubo ha sido sometido a la prueba de los tres apoyos y cumple con los requisitos de resistencia, o bien, si tales pruebas de los tres apoyos no se pueden efectuar, se requiere que el fabricante verifique pruebas sobre tamaños y grados de tubos seleccionados por el comprador para demostrar lo correcto y adecuado del diseño propuesto.

6.3.3.- Tales tubos deben cumplir todas las pruebas y los requisitos de funcionamiento especificado por el comprador de acuerdo con el inciso 5.-CLASIFICACION.

6.4.- Colocación del refuerzo.

6.4.1.- Cuando se usa un solo refuerzo circular, debe colocarse de 35 a 50 por ciento del espesor de la pared a partir de la superficie interna del tubo, excepto aquel que es para espesor de pared menor de 63 mm, entonces el recubrimiento de concreto sobre el refuerzo circunferencial en la pared del tubo, debe ser de 19 mm. En los tubos que tienen dos refuerzos circulares, cada uno debe estar colocado de tal modo que el recubrimiento de concreto sobre el refuerzo circunferencial en la pared del tubo debe ser de 25 mm. En los tubos que tengan refuerzo elíptico, con espesor de pared de 6 cm, o más, el refuerzo, en la pared del tubo, debe colocarse de tal modo, que el recubrimiento de concreto sobre el refuerzo a lo largo del diámetro vertical sea de 25 mm, a partir de la superficie interna del tubo y el recubrimiento del concreto sobre el refuerzo circunferencial a lo largo del diámetro horizontal del tubo, debe ser de 25 mm, a partir de la superficie interna del tubo. En todos los tubos de diámetro de 914 mm o más, la campana o la espiga de la unión debe contener el refuerzo circunferencial. Para tubos con jaula doble, el refuerzo circunferencial debe ser, como mínimo, igual en área a la de la jaula externa para la campana o el refuerzo de la jaula interna para la espiga. Para los tubos de jaula simple, el refuerzo debe ser, al menos igual en área que el de la jaula, tanto para la campana como para la espiga; la localización del refuerzo debe sujetarse a las variaciones en las dimensiones dadas en 7.

6.4.2.- Una línea de refuerzo circunferencial para un área total dada cualquiera, debe estar compuesta de dos capas para tubo de espesor de pared de menos de 175 mm o de tres capas para tubos de espesor de pared de 178 mm o mayores; las capas no deben estar separa-

das por más del espesor de una capa longitudinal más de 6.4 mm. Las capas múltiples deben mantenerse juntas de modo que formen una sola jaula rígida. Otros requisitos tales como: traslapes, soldaduras y las variaciones para la colocación en las paredes del tubo etc., deben ajustarse a este método de fabricación de un solo refuerzo.

6.5.- Refuerzos Longitudinales.

Cada refuerzo circunferencial debe armarse formando una jaula por medio de barras o varillas longitudinales de suficiente longitud que se prolonguen dentro de la pared del tubo para mantener el refuerzo rigidamente en la sección, y en posición correcta y que queden a la vista los extremos del refuerzo longitudinal, así como también los estribos o los espaciadores que se hayan usado para fijar las jaulas durante el colado del concreto; no debe ser causa de rechazo.

6.6.- Traslapes, soldaduras y espaciamentos.

Si los empalmes no van soldados, el refuerzo se debe traslapar no menos de 20 diámetros para varillas corrugadas o alambre corrugado formado en frío y 40 diámetros para barras lisas y alambre estirado en frío. Además, cuando se usan jaulas traslapadas de mallas de alambre soldado y sin soldar, el traslape debe contener un alambre longitudinal. Cuando los empalmes se soldan y no se traslapen o los requisitos mínimos indicados antes, se deben hacer pruebas de extracción de probetas representativas y deben desarrollar cuando menos el 50% de la resistencia especificada para el acero y debe haber un traslape mínimo de 50 mm. Para empalmes soldadura a tope de barras o alambre, permitidos únicamente con jaulas fabricadas helicoidalmente, las pruebas de extracción de probetas representativas deben desarrollar, al menos, 75 % de

la resistencia mínima especificada para el acero. 7-

El espaciamento de centro a centro de los anillos adyacentes del refuerzo circunferencial en una jaula, no debe exceder el espesor de la pared para tubos más grandes, en ningún caso exceder de 150 mm.

La continuidad del acero de refuerzo circunferencial no debe destruirse durante la manufactura del tubo.

6.7.- Juntas.

Las Juntas deben ser de tal diseño y los extremos de las secciones de tubo de concreto así formado, que cuando las secciones se colocan juntas hagan una línea continua de tubería con un interior liso y libre de irregularidades apreciables en una línea de flujo, toda compatible con las variaciones que se dan en la sección 7.

6.8.- Fabricación.

6.8.1.- Mezclado.

Los agregados deben ser de tamaño graduado, proporcionados y mezclados en una mezcladora adecuada con cemento y agua en tal proporción que se obtenga una mezcla de concreto homogéneo, de tal calidad que el tubo cumpla los requisitos de la prueba y diseño de esta Norma, y en ningún caso la proporción de cemento Portland en la mezcla debe ser menor de 335 kg/m³ de concreto.

6.8.2.- Curado.

Los tubos deben sujetarse a cualquier método de curado descrito en 6.8.2.1 a 6.8.2.4, o a otro método o combinación de métodos aprobados por el comprador, que de resultados satisfactorios. El tubo debe curarse por un tiempo suficiente de modo que el concreto desarrolle la resistencia a la compresión especificada a los 28 días o antes.

6.8.2.1.- Curado con vapor.

Los tubos pueden colocarse en una cámara de curado, libre de corrientes

tes de aire y curarse en una atmósfera húmeda mantenida por la inyección de vapor por tal tiempo y a tal temperatura que se requiera, para hacer que el tubo cumpla con los requisitos de resistencia. La cámara de curado debe construirse para que permita la completa circulación del vapor alrededor de todo el tubo.

6.8.2.2.- Curado con agua.

Los tubos de concreto se pueden curar sumergiéndolos en agua y humedeciéndolos por un sistema de tubos perforados, atomizadores, mangueras o por cualquier otro método aprobado que haga que el tubo permanezca húmedo durante el periodo de curado especificado.

6.8.2.3.- El fabricante puede, a su opción, combinar los métodos descritos en 6.8.2.1. a 6.8.2.4, con tal de que se alcance la resistencia a la compresión requerida en el concreto.

6.8.2.4.- Puede aplicarse una membrana de sellado que cumpla con las especificaciones de la NOM-C-81, en vigor, la cual debe quedar intacta hasta que se haya alcanzado el requisito de resistencia. El concreto en el momento de la aplicación debe estar con una tolerancia de 6°C, de la temperatura ambiente. Todas las superficies deben permanecer húmedas antes de la aplicación de la membrana y deben estar mojadas cuando se aplique ésta.

6.8.3.- Agujeros para manejo.

Cuando lo apruebe el comprador, cada tubo debe tener agujeros con el propósito de facilitar el manejo.

6.9.- Requisitos físicos.

6.9.1.- Probados.

El mínimo especificado de tubos requeridos para las pruebas debe ser proporcionado por el fabricante sin cargo alguno y se deben seleccionar al azar por el comprador y deben ser tubos que no hayan sido rechazados bajo esta Norma. La selección debe hacerse en el punto o puntos designados por el comprador cuando se coloca la orden.

6.9.2.- Número y tipo de pruebas requeridas para varios programas de entrega.

6.9.2.1.- Pruebas preliminares para programas de entrega ampliada. El comprador de tubos, cuyas necesidades requieren embarques a intervalos sobre periodos ampliados, tiene derecho a que se efectúen todas las pruebas preliminares a las entregas de tubos, como se requiera por el tipo de base de aceptación especificado por el comprador en el inciso 8, y proporcionar no más de tres tramos de tubo de cada tamaño en que está interesado.

6.9.3.- Pruebas adicionales para programa de entrega ampliada.

Después de las pruebas preliminares citadas en 6.9.2.1, un comprador está autorizado a que se efectúen pruebas adicionales en tal número y en tal momento, cuando lo considere necesario; siempre y cuando que el número total de tubos probados (incluyendo las pruebas preliminares), no debe exceder el 1%, de los tubos entregados.

6.9.4.- Pruebas para órdenes ocasionales.

Un comprador que coloca órdenes ocasionales está autorizado a probar un número de tubos que no exceda 2% de la orden, y que no exceda de cinco piezas de cualquier tamaño; de otro modo, el número de tubos por probarse, deben incluirse en la orden.

6.9.5.- Requisitos para las pruebas de resistencia a la ruptura por carga externa.

6.9.5.1.- La carga para producir una grieta de 0.3 mm, o la carga de ruptura, al determinarse según el método de los tres apoyos como se describe en la NOM-C-116 en vigor, no debe ser menor de la que se prescribe en las tablas de la I a la IV, para cada grado de tubo. Los tubos que solo se han probado por la aparición de las grietas de 0.3 mm, y que cumplen los requisitos de la prueba de carga a esa grieta, se pueden aceptar.

6.9.6.- Repetición de las pruebas de los tubos que no cumplen con los requisitos de la prueba de carga externa. Los tubos se consideran que cumplen con los requisitos de resistencia cuando todas las probetas cumplan con los requisitos de las pruebas. Si alguna de las probetas no cumple con los requisitos de la prueba, al fabricante se le permite repetir las pruebas en dos probetas adicionales por cada una que falle, y el tubo es aceptable únicamente cuando todas las probetas en la repetición de la prueba cumplan con los requisitos de resistencia.

6.10.- Requisitos para las pruebas de concreto:

6.10.1.- Prueba de compresión.

La prueba de compresión para determinar la resistencia del concreto según diseño, puede hacerse ya sea, en cilindros de concreto variado o bien, en cilindros compactados y curados del mismo modo que los tubos, o en corazones extraídos de las paredes del tubo. Si la prueba es con cilindros debe hacerse de acuerdo con el método que aparece en la NOM-C-83, en vigor. El promedio de las resistencias a la compresión de todos los cilindros probados, debe ser igual o mayor que la resistencia de diseño. No más del 10 %, de los cilindros probados deben quedar abajo de la resistencia de diseño.

En ningún caso cualquier cilindro probado debe quedar abajo del 80% de la resistencia de diseño. Si se extraen corazones de las paredes del tubo y se prueban, deben cortarse y probarse de acuerdo con los requisitos del método de prueba que aparece en la NOM-C-169. La resistencia a la compresión de cada corazón probado, debe ser igual o mayor que la resistencia de diseño del concreto.

Si un corazón no cumple con la resistencia requerida, puede probarse otro corazón obtenido del mismo tubo. Si este corazón no cumple la resistencia requerida, este tubo debe rechazarse. Pueden hacerse pruebas adicionales en otro tubo para determinar la aceptabilidad del lote.

Cuando los corazones cortados de una sección de tubo sucesivamente cumplen con los requisitos de la prueba de resistencia, los agujeros de los corazones pueden taponarse y sellarse por el fabricante de tal modo que la sección del tubo debe cumplir con todos los requisitos de esta Norma. Las secciones de tubo ya reparadas pueden considerarse satisfactoriamente para su utilización.

6.10.2.- Requisitos para la prueba de absorción del concreto:

La absorción de una muestra tomada de la pared de un tubo, determinada de acuerdo con la NOM-C-119, en vigor, no debe exceder del 9% de la masa seca. Cada muestra debe tener una masa mínima de 100 g, debe estar libre de grietas visibles y debe representar el espesor completo de la pared del tubo. Cuando la muestra inicial falla en la prueba de absorción por no estar de conformidad con esta Norma, debe repetirse en otra muestra tomada del mismo tubo y los resultados de esta repetición deben sustituir los resultados de la prueba inicial.

6.10.3.- Repetición de las pruebas de tubos que no cumplen los requisitos de la prueba del concreto.

Cuando no más del 20 % de las probetas no cumplen con los requisitos de esta Norma, el fabricante puede seleccionar tubos de su fabricación para sustituir los que hayan eliminado y debe marcar aquellos que no se deben embarcar. Las pruebas que se requieren deben hacerse en tubos tomados de la orden de compra y pueden aceptarse si se cumplen con los requisitos de la prueba.

6.11.- Equipo de prueba.

Cada fabricante que suministra tubos bajo esta Norma, debe proporcionar todas las instalaciones y personal necesario para verificar las pruebas descritas en la NOM-C-116, en vigor.

7.- TOLERANCIAS.

7.1.- Diámetro interno.

El diámetro interno de los tubos de 316 a 610 mm, no deben variar en más de $\pm 1.5 \%$ del diámetro de diseño. El diámetro interno de los tubos de 690 mm, y mayores, no deben variar del diámetro de diseño en más de $\pm 1 \%$, o ± 9.6 mm, cualquiera de ellos que sea mayor.

7.2.- Espesor de pared.

El espesor de pared no debe ser menor que el que se indica en el diseño en más de 5 %, o de 4.8 mm, lo que sea mayor, un espesor de pared menor que el requerido en el diseño no debe ser causa de rechazo. Los tubos que tengan variaciones localizadas en el espesor de pared que excedan lo especificado arriba, debe aceptarse si se cumple con las resistencias en la prueba de tres apoyos y el recubrimiento mínimo del acero que se requiere.

7.3.- Longitud de asentamiento.

Las variaciones de la longitud de asentamiento (ver L en la figura 1 del método NOM-C-116), entre los dos lados del tubo no debe ser en más de 0.01 mm/mm del diámetro, con un máximo de 16 mm, para cualquier longitud del tubo, excepto cuando éste tenga cortes oblicuos para colocarse en curvas y sea especificado por el comprador.

7.4.- Largo del tubo.

La disminución del largo de una sección de tubo, no debe ser mayor de 0.01 mm/mm, con un máximo de 13 mm, en cualquier largo.

7.5.- Posición del área de refuerzo.

7.5.1.- Posición.

La mayor variación en la posición del refuerzo debe ser $\pm 10 \%$, del espesor de pared o ± 13 mm, cualquiera de estos que sea mayor. Los tubos que tengan variaciones en la posición del refuerzo que excedan las especificaciones anteriormente indicadas, deben aceptarse sólo si la resistencia en la prueba de los tres apoyos se obtiene en un tubo. En ningún caso, sin embargo, el recubrimiento sobre el refuerzo circunferencial debe ser menor que 13 mm al medirse desde la superficie interna de la pared, o desde la externa. Las especificaciones anteriores o requisitos del recubrimiento no se aplican cuando la coincidencia de superficies de la junta.

7.5.2.- Área de refuerzo.

El refuerzo debe considerarse que cumple con los requisitos del diseño, si el área calculada en base del área nominal del alambre o barras usadas que iguale o exceda los requerimientos de 6. El área real del refuerzo usado puede variar del área nominal de acuerdo a las variaciones permitidas de los requisitos normales del refuerzo. Cuando el refuerzo de las jaulas internas pueden va-

riar del límite inferior en 85 %, del área de diseño de la jaula elíptica y el área de diseño de la jaula externa puede variar del límite inferior en 64 %, del área de diseño de la jaula elíptica siempre y cuando el área total de diseño de la jaula interna más el área de la jaula externa no varíe entre el límite inferior de 153 %, del área elíptica de diseño.

7.6.- Manufactura.

7.6.1.- Los tubos deben estar substancialmente libres de fracturas y esperezas superficiales. Los extremos del tubo deben ser normales a las paredes y el eje del tubo dentro de los límites de variación que se dan en 11.3 y 11.4.

7.7.- Reparaciones.

7.7.1.- Los tubos pueden repararse si es necesario, debido a imperfecciones ocasionales en su manufactura o daño accidental durante su manejo y pueden aceptarse si en opinión del comprador las reparaciones son adecuadas y acabadas apropiadamente y curadas, y el tubo reparado cumple con los requisitos de esta Norma.

7.7.2.- Inspección.

La calidad de los materiales, el proceso de manufactura y los tubos terminados pueden sujetarse a una inspección y aprobación por un representante del comprador.

8.- BASES DE ACEPTACIÓN.

8.1.- A menos que se acuerde otra cosa por el comprador a la hora de o antes de colocar el orden, se permiten dos bases de aceptación separadas y alternativas de acuerdo con lo siguiente:

8.1.1.- Aceptación en base a las pruebas de carga soportada en la planta; pruebas de los materiales e inspección de los tubos fabri-

cados por defectos e imperfecciones visuales. La aceptación de los tubos de todos los diámetros y grados producidos de acuerdo con 6.1 y 6.2, determinarse por los resultados de las pruebas de carga de tres apoyos tanto para la carga para producir una grieta de nivel 0.3 mm, o a la opción del comprador, la carga que produce la grieta de nivel 0.3 mm, y la resistencia última del tubo y por tales pruebas de los materiales que se requieren en 4.1, 4.2 y 4.4, y por pruebas de absorción en muestras seleccionadas del concreto de paredes del tubo, y por inspección visual del tubo ya acabado para determinar su cumplimiento con el diseño aceptado y la ausencia de defectos.

8.1.2.- Aceptación en base de pruebas de los materiales e inspección de los tubos fabricados por defectos e imperfecciones. La aceptabilidad del tubo en todos los diámetros y grados producidos de acuerdo con 6.3 o 6.4, debe determinarse por los resultados de las pruebas de los materiales como se requiere en 4.1, 4.2 y 4.4, con pruebas de compresión de corazones de concreto, de cilindros de concreto, por pruebas de absorción en muestras seleccionadas de las paredes del tubo, y por inspección del tubo terminado, incluyendo cantidad y colocación del refuerzo para determinar su cumplimiento con el diseño aceptado y la ausencia de defectos.

8.1.3.- El comprador puede seleccionar y aplicar una de las dos bases de aceptación antes citadas (8.1.1 y 8.1.2).

8.2.- Edad de aceptación.

Los tubos se consideran listos para aceptarse, cuando estén conformes con los requisitos, por las pruebas especificadas.

9.- RECHAZO.

9.1.- Los tubos pueden estar sujetos a rechazo de acuerdo con la

cantidad de incumplimiento a cualquiera de los requisitos de esta Norma.

9.2.- En tramos individuales de tubos pueden estar sujetos a rechazo debido a cualquiera de lo siguiente:

9.2.1.- Fracturas o grietas que pasen a través de la pared, excepto una simple grieta en el extremo que no exceda de la profundidad de la junta.

9.2.2.- Defectos que indiquen proporcionamiento, mezclado y nidos imperfectos.

9.2.3.- Defectos superficiales indicando textura abierta o de panel.

9.2.4.- Extremos dañados o quebrados, cuando dicho daño impide hacer una junta satisfactoria.

9.2.5.- Cualquier grieta continua que tenga un ancho de superficie de 0.3 mm o más y que exceda en largo más de 310 mm, o más, sin tener en cuenta su posición en la pared del tubo.

10.- MARCADO.

10.1.- La información que sigue debe marcarse claramente en cada tramo de tubo.

10.1.1.- El grado de tubo y la designación de esta Norma.

10.1.2.- La fecha de fabricación.

10.1.3.- El nombre o marca registrada del fabricante.

10.1.4.- La identificación de la planta.

10.1.5.- La leyenda "Hecho en México".

10.2.- Un extremo de cada tramo de tubo con refuerzo elíptico o cuadrangular debe marcarse claramente durante el proceso de fabricación o inmediatamente después sobre la parte interna y la externa de paredes opuestas a lo largo del eje menor del refuerzo elíptico a lo largo del eje vertical del refuerzo cuadrangular.

10.3.- Las marcas deben estar indentadas sobre el tramo de tubo o pintadas con pintura resistente al agua.

11.- BIBLIOGRAFIA.

ANSI/ASTM C-76-78. STANDARD SPECIFICATION FOR REINFORCED CONCRETE CULVERT, STORM DRAIN, AND SEWER PIPE.

Handwritten signature: Luis Bolívar P. SAHOP

Handwritten signature: Mónica C. N. T.

LAB/1ag

"ALAMBRE SIN RECUBRIMIENTO, RELLEVADO DE ESFUERZOS, PARA USARSE EN CONCRETO PRESFORZADO".

(Esta Norma cancela DGN-B-293-1968).

B-293-1974

WIRE RELIEVED OF STRENGTH, WITHOUT COVERING TO BE USED IN REINFORCED CONCRETE

1. GENERALIDADES

1.1 ALCANCE.

Esta Norma establece los requisitos que debe cumplir, el alambre redondo, de acero de alto carbono, sin recubrimiento y relevado de esfuerzos, para usos en concreto presforzado. Aunque esta Norma solo especifica los requisitos completos para tres diámetros de alambre, puede, por acuerdo previo entre fabricante y comprador, aplicarse a otros diámetros, siempre y cuando se fijen los requisitos de tensión y doblado respectivos.

1.2 USOS.

El alambre a que se refiere esta Norma, se utiliza comunmente en la construcción de elementos de concreto presforzado.

2. ESPECIFICACIONES.

2.1 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO.

2.1.1 Requisitos generales.

El acero para la fabricación del alambre cubierto por esta Norma, debe fabricarse por cualquiera de los siguientes procesos: horno de hogar abierto, horno eléctrico o básico al oxígeno.

Se debe hacer un descarte suficiente de cada lingote para asegurar que el material se encuentre libre de rechupé y segregaciones indebidas.

El alambre debe estirarse en frío a su tamaño final y, después someterse a un tratamiento térmico continuo, para eliminar los esfuerzos internos y obtener las propiedades mecánicas establecidas.

2.1.2 Requisitos de tensión.

El alambre debe cumplir con los requisitos indicados en las Tablas I y II.

2.1.3 Requisitos de doblado.

El alambre debe resistir, sin agrietarse ni romperse, dos pruebas de doblado, en planos perpendiculares entre sí. Cada prueba consiste de cinco dobleces alternados a noventa grados (90°) sobre un mandril cilíndrico cuyo diámetro se indica en la Tabla III. Se considera co-

mo un doblez, cada acción en que el alambre inicialmente recto, forme un ángulo de 90° y vuelva a su posición original.

Tabla I REQUISITOS DE TENSION

Diámetro, en mm	Límite de fluencia, mínima en kg/cm ²	Resistencia a la tensión mínima en kg/cm ²
2.00	176	220
5.00	180	175
7.50	132	165
6.00		160

Tabla II REQUISITOS DE DEFORMACION

Diámetro, en mm	Aplazamiento mínimo, después de la ruptura	Longitud estirada del espécimen para ensayo en cm
2.00	4.00	20
5.00	3.50	100
7.00	3.50	250

Tabla III REQUISITOS DE DOBLADO

Diámetro, en mm	Número de dobleces que debe soportar por plus	Diámetro del mandril, en mm
2.00	5	10.0
5.00	5	40.0
7.00	5	40.0

2.1.4 Requisitos químicos

La composición química del acero determinada en el análisis de colada (cuchara) debe cumplir con los requisitos indicados en la Tabla IV.

2.1.4.1 Debido a las diferencias entre los procesos de fabricación y el uso de los alambres de alambre, es necesario la selección a partir del fabricante, de una composición química apropiada para cada uso. La composición química seleccionada debe quedar dentro de los límites señalados en la Tabla IV.

2.1.4.2 A solicitud del comprador, el fabricante debe proporcionar un reporte del análisis de cada colada, mostrando los porcentajes de los elementos mencionados en la Tabla IV.

2.1.6.1 El alambre puede hacer un análisis de comprobación con muestras tomadas del alambre terminado que representa el material en cada colada. Los sustratos para el análisis de carbono por titrimiento del alambre a regular, de carbono que debe ser representativo de toda la sección transversal del alambre, antes del maquinado, la superficie debe ser pulida para quitar cualquier óxido adherido. Todos los análisis individuales no deben pasar de los límites especificados en 2.1.6, en cada de las sustancias indicadas en la tabla V.

Tabla IV

ESPECIFICACIONES QUÍMICAS

ELEMENTO	COMPOSICIÓN %
Carbono	0.72 a 0.93
Fósforo	0.40 a 1.10
Ázufre	0.000 máximo
Acidez	0.075 máximo
Silicio	0.10 a 0.35

Tabla V

TOLERANCIAS EN LAS DIMENSIONES Y PESO

ELEMENTOS	Tolerancias en las dimensiones y peso
	Tolerancia en el límite superior y peso - del límite inferior en %
Carbono	0.04
Fósforo	0.06
Ázufre	0.000
Acidez	0.008
Silicio	0.02

2.1.5 Tolerancias en las dimensiones

Las dimensiones del alambre no deben variar, más de ± 0.05 mm del diámetro nominal especificado. La diferencia entre los diámetros máximo y mínimo, medidos en cualquier sección transversal dada, no debe ser mayor de 0.05 mm.

2.1.6 Acabado

2.1.6.1 Curvatura

El alambre debe ser auto-desarrollable. Cuando una muestra de alambre de 5 o 7 mm de diámetro y en 5 m de longitud se coloca libremente sobre una superficie plana, la flecha que se forme no debe ser mayor de 20 mm.

2.1.6.2 Anclaje de botón

El alambre que vaya a usarse en anclaje de tipo botón, debe ser de calidad conveniente para permitir la sujeción, en frío, de botones de anclaje. El empalmado longitudinal no se considera como una sujeción para sujeción del material, si el anclaje de botón es capaz de proporcionar la resistencia total del alambre. El empalmado transversal puede ser causa de rechazo.

2.1.6.3 El alambre terminado no debe llevar soldaduras o juntas. Se debe eliminar todas las soldaduras o uniones que se hubieran efectuado para facilitar el proceso de fabricación. El alambre no debe tener "caca".

2.1.6.4 El alambre no debe estar acilado ni oxidado. Una ligera oxidación natural que surge no se permite en forma de picaduras visibles a simple vista, no debe ser motivo de rechazo del material. Las coladuras no totales que pueden resultar de las operaciones del tratamiento térmico, se deben considerar como normales respecto a la apariencia del alambre terminado.

2.2 ESPECIFICACIONES DEL PAQUETE

Sobre una etiqueta firmemente atada a cada rollo de alambre, se debe anotar claramente el diámetro del alambre, número de esta colada, número de la colada de que proviene, nombre o marca del fabricante y peso del rollo.

2.3 ESPECIFICACIONES DE USUARIO

El alambre de diámetros de 5 ó 7 mm no debe proporcionar en rollos ligeros atados, que tengan un diámetro mínimo interior de 122 mm. Cada rollo debe estar firmemente por un extremo continuo. El alambre de 2 mm debe suministrarse firmemente atado, pero el diámetro mínimo interior debe ser el normal del mismo paso del proceso de estirado (50 a 65 en de diámetro).

3. NUESTRO

3.1 LOGO

El término "foto" comprende los rollos de alambre del mismo diámetro nominal, contenidos en un empaque o pedido individual.

3.2 ANÁLISIS DE COLADA

El fabricante del acero debe hacer un análisis de colada (cuclera) de cada colada de acero destinada a la fabricación de alambre; dicho análisis debe cumplir con los requisitos especificados en 2.1.4.

3.3 ANÁLISIS DE COMERCIALIZACIÓN Y REQUISITOS BÁSICOS

A menos que se especifique de otra manera, entre fabricante y comprador, se debe hacer un análisis de cada 1000 kg de alambre producido en un lote para verificar que se cumple con los requisitos especificados en 2.1.2, 2.1.5, 2.1.6.1 y 2.1.6.2.

3.4 INSPECCION

El fabricante debe dar al inspector representante del consumidor, toda la información razonable, sin costo alguno, para que realice la inspección del material que se va a proporcionar de acuerdo con esta Norma. Todas las pruebas y la inspección, deben realizarse en la planta del fabricante antes de efectuar el embarque y llevarse a cabo de manera que no interfieran innecesariamente con los trabajos normales de la planta.

3.5 CRITERIO DE ACEPTACION

Todo el material que no cumple con los requisitos especificados en esta Norma, debe rechazarse. A menos que se especifique en otra Norma, cualquier rechazo, después de pruebas hechas de acuerdo con estas especificaciones se debe comunicar al fabricante dentro de un plazo de quince días contados a partir de la fecha de entrega.

4. METODOS DE PRUEBA

Los métodos de prueba para verificar que el material cumple con lo especificado en esta Norma, deben ser los indicados en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-172-1970, NOM-101 y NOM-2310 en vigor.

4.1 El límite de fluencia debe determinarse por el método de extensión bajo carga, o por el método de deformación permanente en frío, como (falla), de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-172, en vigor. En caso de usar el método de extensión bajo carga, se debe utilizar un valor de 1.0 % de deformación. Si se usa el método de deformación permanente en frío (falla), se debe usar el valor de 0.2 % para trazar la línea paralela, de acuerdo con la Norma citada.

5. APENDICE

5.1 DATOS PARA EL PEDIDO

Los órdenes de material bajo esta Norma, deben incluir los siguientes datos para describir adecuadamente el material:

- a) Número de esta Norma.
- b) Cantidad (kilogramos).
- c) Marca del material.
- d) Diámetro nominal en mm.
- e) Longitud.
- f) Modificas de cubierta (si se desea).
- g) Requisitos especiales.
- h) Certificado de pruebas (si se requiere).

NORMAS A CONSULTAR

- NOM-172-1970 Norma Oficial Mexicana. "Análisis Químico para Determinar la Composición de Aceros y Aleaciones".
- NOM-172-1970 Norma Oficial Mexicana. "Pruebas Mecánicas para Productos de Acero".

NOM-2310-1970 Norma Oficial Mexicana. "Pruebas a la Tensión para Materiales Metálicos".

5.3 PARTICIPANTES

ASTM A-221-65

5.4 PARTICIPANTES

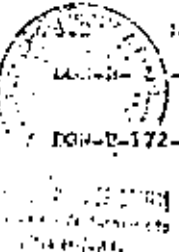
- Secretaría de Obras Públicas.
- Asociación de Industriales del Prosurco, A.C.
- Comisa. S. A.
- Fundidora Monterrey, S. A.
- Alcoa Norma de México, S. A.
- Hojalata y Lámina, S. A.
- Pritch, S. A.
- Freyssinet, S. A.

México, D. F., a 13 AGO, 1974

EL C. DIRECTOR GENERAL DE NORMAS.

[Firma]
ING. CELIA LANDOLINA MATEO.

SIP/rca.



NUMEROS DE DESIGNACION, PESOS Y DIMENSIONES NOMINALES Y REQUISITOS DE CORRUGACION PARA LAS VARILLAS (a)

TABLA I

B 6 1974

Numero de designacion (a)	Peso y dimensiones nominales (a)			Requisitos de corrugación				
	Peso en kg/m	Diámetro en mm	Área de la sección transversal en mm ²	Espesor mínimo en mm	Alfondo mínimo en mm	Distancia máxima entre espesores en mm	Distancia máxima entre promedios en mm	Distancia máxima entre promedios en mm
1	0.213	6.4	32	20.0	4.5	0.2	2.5	2.5
2.5	0.344	7.9	49	24.8	5.6	0.3	3.1	3.1
3	0.500	9.5	71	29.8	6.7	0.4	3.7	3.7
4	0.674	12.7	127	39.9	8.9	0.5	5.0	5.0
5	1.532	15.9	198	50.0	11.1	0.7	6.3	6.3
6	2.235	19.0	285	60.0	13.3	1.0	7.5	7.5
7	3.042	22.2	388	69.7	15.5	1.1	8.7	8.7
8	3.973	25.4	507	79.8	17.8	1.3	10.0	10.0
9	5.033	28.6	642	89.8	20.0	1.4	11.2	11.2
10	6.225	31.8	794	99.9	22.3	1.6	12.5	12.5
11	7.503	34.9	957	109.8	24.4	1.7	13.7	13.7
12	8.938	38.1	1140	119.7	26.7	1.9	15.0	15.0

(a) El diámetro nominal de una varilla corrugada es equivalente al diámetro de una varilla lisa que tenga el mismo peso nominal que la varilla corrugada.

(b) El alfondo de la varilla corrugada de las varillas corrugadas corresponde al número de onzas de pulgada de su diámetro nominal.

"BILLET AND PLAIN STEEL BARS, FROM INGOTS OR SQUARE BARS FOR CONCRETE REINFORCEMENT".

1. GENERALIDADES.

1.1. DEFINICIONES.

1.1.1. Varilla corrugada

Se entiende por varilla corrugada una barra de acero que ha sido especialmente fabricada para usarse como refuerzo de concreto. La superficie de la varilla está provista de rebordes o salientes llamados "corrugaciones", los cuales impiden el movimiento relativo longitudinal entre la varilla y el concreto que la rodea.

1.1.2. Varilla lisa

Es una varilla de acero desprovista de rebordes o salientes, o que teniéndolos, no cumple con los requisitos, en cuyo caso su aceptación está sujeta a acuerdo entre fabricante y consumidor como varilla lisa.

1.2. ALCANCE

Esta Norma establece los requisitos que deben cumplir las varillas corrugadas y lisas, de acero, para refuerzo de concreto, procedente de lingote o palanquilla.

Los cambios y las dimensiones nominales de las varillas corrugadas así como sus números de designación, se indican en la Tabla I.

Las varillas lisas con diámetro hasta de 31.8 mm en trozos cortados o en rollos, cuando se especifican para juntas de traslapo, espigas, los y estribos o apoyos, deben fabricarse bajo esta Norma en el grado 30 y 42. Para la prueba de doblado en varillas lisas, se deben aplicar los requisitos establecidos para el calibre más cercano menor de la varilla corrugada.

Los requisitos de corrugación y de marcado para varillas corrugadas no son aplicables a las lisas.

La soldabilidad del acero no forma parte de esta Norma.

2. CLASIFICACION

Las varillas cubiertas por esta Norma se clasifican en tres grados de acuerdo con su límite de fluencia mínima 30, 42 y 52 kg/mm², y se designan respectivamente como de grado 30, 42 y 52.

3. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO.

3.1. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO.

Dirección General de Normas Av. Cuauhtémoc 50, México 7, D.F.

3.1.1. Material

El acero para la fabricación de varillas debe obtenerse por uno o más de los siguientes procesos: horno de hogar abierto, básico al oxígeno u horno eléctrico.

Las varillas deben laminarse de lingotas o palanquillas procedentes de coladas identificadas.

3.1.2. Químicas.

3.1.2.1. Composición química

El acero debe cumplir con el siguiente requisito:

Fósforo máximo..... 0.05%.

3.1.2.2. Análisis de colada

El fabricante del acero debe efectuar un análisis de colada para determinar los porcentajes de carbono, manganeso, fósforo y azufre y además, para el Grado 52 de otros elementos que el fabricante considere esenciales para el cumplimiento de las propiedades mecánicas indicadas en esta Norma.

La composición química así determinada debe informarse, si así se requiere, al comprador o a su representante y el porcentaje de fósforo debe cumplir con el requisito especificado en 3.1.2.1.

3.1.2.3. Análisis de comprobación

El comprador pueda efectuar un análisis de comprobación para determinar el contenido de fósforo especificado en el inciso 3.1.2.1, dicho contenido no debe exceder en más de 25% de lo especificado.

3.1.3. Mecánicas.

3.1.3.1. Propiedades a la tensión

El material debe cumplir con los requisitos de tensión indicados en la Tabla No. II.

3.1.3.2. Requisitos de doblado

Las probetas en la prueba de doblado, deben doblarse a la temperatura ambiente, pero en ningún caso a menos de 10°C, alrededor de un eje fijo, sin agrietarse en la parte exterior de la zona doblada. Los requisitos que deben cumplirse para el ángulo de doblado y los tamaños de mandril, se indican en la Tabla No. III.

3.1.4. Dimensionales.

3.1.4.1. Requisitos para las corrugaciones

Las corrugaciones deben estar espaciadas a lo largo de la varilla a distancias esencialmente uniformes. Las corrugaciones sobre los lados opuestos de las varillas deben ser similares en tamaño y forma.

Las corrugaciones deben estar colocadas con respecto al eje de la varilla de manera que formen un ángulo no menor de 45°. Cuando el eje

de las corrugaciones forme un ángulo con el eje de la varilla entre 45° y 70°, las corrugaciones deben alternarse en su dirección, es decir, las corrugaciones de un lado deben estar en dirección contraria a la dirección que tiene en el lado opuesto. Cuando el eje de las corrugaciones forme un ángulo mayor de 70°, no se requiere este cambio de dirección.

T A B L A II

REQUISITOS DE TENSION

	Grado 30	Grado 42	Grado 52
Resistencia a la tensión, mínima, en kgf/mm^2 (MPa)	50(490)	63(617)	70(686)
Límite de fluencia, mínimo, en kgf/mm^2 (MPa)	30(294)	42(412)	52(510)
Alargamiento en 203.2 mm, mínimo, en %			
Varilla Número:			
2, 2.5 y 3	11	9	8
4, 5 y 6	12	9	8
7	11	8	7
8	10	8	7
9	9	7	7
10	8	7	7
11 y 12	7	7	5
Alargamiento en 50.8 mm, mínimo, en %			
Varilla Número:			
11 y 12	--	9	6

T A B L A III

REQUISITOS DE DOBLADO

Designación	Diámetro del mandril para doblado		
	Grado 30	Grado 42	Grado 52
2, 2.5, 3, 4 y 5	d = 4t	d = 4t	d = 4t
6	d = 5t	d = 5t	d = 5t
7 y 8	d = 5t	d = 6t	d = 6t
9, 10, 11 y 12	d = 5t	d = 8t	d = 8t

NOTA: d = Diámetro del mandril

t = Diámetro de la probeta.

El espaciamiento promedio o la distancia entre corrugaciones sobre cada lado de la varilla no debe exceder de siete décimos del diámetro nominal de la misma.

La longitud total de las corrugaciones debe ser tal, que el espacio nientro entre los extremos de las mismas sobre lados opuestos de la varilla no sea mayor de 12,5% del perímetro nominal de la misma. Cuando los extremos terminen en una costilla longitudinal, el ancho de ésta debe considerarse como tal espaciamiento.

Cuando existan más de dos costillas, el ancho total de todas las costillas longitudinales no debe exceder del 25% del perímetro nominal de la varilla. El perímetro nominal de la varilla debe ser 3,14 veces el diámetro nominal.

El espaciamiento, altura y separación de las corrugaciones deben cumplir con los requisitos indicados en la Tabla No.1.

3.1.4.2. Peso

Las tolerancias en peso no debe exceder los límites indicados en la Tabla IV.

T A B L A IV

TOLERANCIAS EN PESO (a, b)

Diámetro de las varillas en mm	Lote (c), en menos por ciento	Varillas individuales, en menos, por ciento
TODOS	3.5	6

a) Para la aplicación de esta Tabla, deben usarse los pesos nominales indicados en la Tabla I.

b) Las varillas de refuerzo se califican en base a su peso nominal. En ningún caso el sobrepeso de cualquier lote o varilla debe ser causa de rechazo, a menos que por acuerdo previo entre fabricante y consumidor se fije un porcentaje determinado.

c) El término "lote", se refiere a todas las varillas del mismo peso unitario nominal que corresponden a una orden de embarque.

3.1.5. Acabado

Las varillas deben estar libres de defectos perjudiciales y tener un acabado compatible con una buena práctica de fabricación.

3.2. ESPECIFICACIONES DEL MERCADO

Las varillas deben separarse adecuadamente y etiquetarse con el número de identificación de colada o de prueba.

Cada fabricante debe identificar los símbolos de su sistema de peso.

Las varillas corrugadas de acuerdo con esta Norma, deben identificarse con números, letras y/o símbolos realizados que signifiquen procedencia de palanquilla, marca del fabricante, número correspondiente a la designación de la varilla según Tabla I, y una clave que indique la correspondencia con esta Norma.

4. MUESTREO.

4.1. ANALISIS QUIMICO.

4.1.1. Análisis de colada

El fabricante debe efectuar un análisis de cada colada de acero proveniente de horno de hogar abierto, básica al oxígeno u horno eléctrico. Este análisis debe efectuarse en lingotes de prueba tomados durante el vaciado de la colada.

4.1.2. Análisis de producto

El comprador puede efectuar este análisis en varillas terminadas que representen cada colada de acero proveniente de horno de hogar abierto, básico al oxígeno u horno eléctrico.

4.2. PRUEBAS MECANICAS.

4.2.1. Tensión y doblado

Para las varillas de todos los tamaños, deben efectuarse una prueba de tensión y una de doblado para el diámetro más grande laminado de cada colada. Sin embargo si el material de una colada difiere en tres o más números de designación, debe efectuarse una prueba de tensión y una de doblado de las varillas de mayor y menor número de designación.

Si cualquier probeta tiene defectos puede descartarse y sustituirse por otra del mismo tamaño nominal y de la misma colada.

Si el porcentaje de alargamiento de cualquier probeta es menor que el especificado en el inciso 3.1.3.1., o cualquier parte de la fractura se presenta fuera del tercio medio de la longitud calibrada, como se indica por las marcas de la probeta antes de la prueba, se permite repetir ésta.

4.3. DIMENSIONALES.

4.3.1. Para requisitos de corrugaciones

Para que las determinaciones de las características dimensionales de las muestras sean representativas, las mediciones deben efectuarse en puntos seleccionados sobre una varilla por cada diez toneladas o fracción, contenidas en un lote.

Para rechazar un lote por altura insuficiente en las corrugaciones, el grado insuficiente de las corrugaciones, o espaciamiento excesivo en las corrugaciones, debe demostrarse claramente por determinaciones en el lote, que no se cumple con los requisitos mínimos especificados en el inciso 3.1.4.1.

No debe efectuarse ningún rechazo, sobre la base de mediciones efectuadas en menos de diez corrugaciones sucesivas sobre cada colada.

varilla bajo prueba.

4.4. INSPECCION

Por acuerdo previo entre comprador y fabricante, y cuando así se especifica en el contrato, pedido u orden de compra, el inspector que representa al comprador debe tener libro abierto en cualquier tiempo, mientras se procesa el material objeto del contrato, a todas las partes de la fábrica relacionadas con la fabricación del material ordenado. El fabricante debe proporcionar al inspector sin cargo alguno, todas las facilidades razonables para satisfacerlo de que el material se suministra de acuerdo con esta Norma. A menos que se especifique otra cosa, todas las pruebas e inspección (excepto el análisis de comprobación), deben efectuarse en la fábrica antes del embarque, y llevarse a cabo de manera tal que no interfieran con el trabajo de la planta.

4.5. CRITERIO DE ACEPTACION

A menos que se especifique de otra manera, cualquier rechazo basado en pruebas efectuadas de acuerdo con el inciso 3.1.2.3., debe reportarse al fabricante, dentro de los cinco días hábiles siguientes al recibo de las muestras por el comprador.

El material que muestre defectos perjudiciales posteriores a su aceptación en la fábrica, debe rechazarse y notificarse dicho rechazo al fabricante.

Las muestras analizadas de acuerdo con el inciso 3.1.2.3., y que representen material rechazado deben conservarse durante dos semanas a partir de la fecha en que se notifique al fabricante el rechazo. En caso de desacuerdo con los resultados de las pruebas, el fabricante puede apelar dentro de ese lapso.

5. METODOS DE PRUEBA.

5.1. COMPOSICION QUIMICA

Para verificar los requisitos químicos especificados, se deben seguir los métodos indicados en la Norma Oficial Mexicana DGN-R-1 en vigor.

5.2. REQUISITOS MECANICOS.

5.2.1. Probetas

Las probetas para la prueba de tensión, deben ser de la sección completa del material, excepto para los tamaños uno y dos en los grados 42 y 52 que pueden ser, a opción del fabricante, de sección reducida como se indica a continuación.

- a) Puede usarse la probeta de 12.70 mm de diámetro con una longitud calibrada de 50.8 mm, tal como se indica en la Norma Oficial Mexicana DGN-R-172 en vigor. (Figura 4) La probeta debe obtenerse de acuerdo con lo especificado en la misma Norma.
- b) Las probetas pueden maquinarse a un diámetro reducido de 19 mm o mayor para una longitud calibrada de 203.2 mm.

Las determinaciones de los esfuerzos máximos de las probetas de sección completa deben basarse en las áreas de las secciones transversales nominales indicadas en la Tabla 1. Para probetas maquinadas la resistencia de fluencia y la resistencia a la tensión, debe corregirse por la relación del peso real de la barra a su peso nominal.

Las probetas de doblado deben ser de sección completa en su estado de laminación.

El límite de fluencia o resistencia de fluencia se debe determinar por cualquiera de los siguientes métodos:

5.2.2. Límite de fluencia

Para los grados 30 y 42, el límite de fluencia debe determinarse por el método de la caja de la viga o deflexión de la aguja indicadora de la máquina de prueba.

Para los tres grados cuando el acero no tenga un límite de fluencia definido, se debe determinar la resistencia de fluencia por cualquiera de los siguientes métodos:

a) Alargamiento bajo carga usando divisores con una longitud calibrada de 203.2 mm. El alargamiento bajo carga debe ser de 1 mm para el grado 30 y 42 y de 1.2 mm para el grado 52 y debe determinarse en una probeta con longitud calibrada de 203.2 mm. La carga de fluencia debe reportarse cuando la longitud calibrada bajo carga llega a ser 204.2 mm ó 204.4 mm respectivamente.

b) Alargamiento bajo carga por el método del diagrama autográfico o mediante un extensómetro, de acuerdo a lo indicado en la Norma Oficial Mexicana DGN-R-172 en vigor. Sin embargo el alargamiento bajo carga deb ser de 0.5% para el grado 30 y 42 y de 0.6% para el grado 52.

5.2.3. Doblado

La prueba de doblado debe efectuarse sobre probetas de suficiente longitud para asegurar un doblado libre y el dispositivo para la prueba debe cumplir con lo siguiente:

- a) Una aplicación continua y uniforme de la fuerza durante toda la operación de doblado.
- b) Movimiento sin restricción de la probeta en los puntos de contacto con el dispositivo de doblado, alrededor de un mandril con rotación libre.
- c) La probeta debe estar en contacto con el mandril durante toda la operación de doblado.

Pueden usarse otros métodos para la prueba de doblado, pero tales métodos no constituyen una base para el rechazo.

5.3. MEDICIONES DE LAS CORRUGACIONES

5.3.1. Medición de las corrugaciones

El espesamiento promedio de las corrugaciones de un vástago, debe determinarse, dividiendo una longitud medida en la probeta entre el número de corrugaciones individuales. Fracciones de corruga-

ción en cualquier lado de la probeta.

5.3.1.2. La uniformidad de la separación entre las corrugaciones transversales de un lado de las varillas, debe considerarse en corrugaciones de la misma dirección. En el caso de varillas con corrugaciones transversales en dos direcciones en el mismo lado de la varilla, el espaciamiento promedio a la distancia entre corrugaciones transversales, debe calcularse dividiendo una longitud medida en la probeta, entre el número de corrugaciones que existan en ese lado de la probeta y en esa longitud, independiente de su dirección.

5.3.1.3. La longitud medida en la probeta debe considerarse como la distancia desde un punto sobre una corrugación a otro punto correspondiente a otra corrugación en el mismo lado de la varilla.

5.3.1.4. La medición del espaciamiento debe efectuarse sobre una zona de la varilla que no contenga marcas, símbolos, letras o números.

5.3.1.5. La altura promedio de las corrugaciones debe determinarse a partir de mediciones realizadas en no menos de dos corrugaciones típicas, las determinaciones deben basarse en tres mediciones por corrugación, una en el centro de la longitud total y las otras dos en puntos a la cuarta parte de la longitud total.

6. APENDICE.

6.1. DATOS PARA EL PEDIDO

Para pedidos de material de acuerdo con esta Norma, deben indicarse los siguientes datos para describirlo adecuadamente:

- a) Número de esta Norma.
- b) Nombre del material.
- c) Grado.
- d) Cantidad (kilogramos).
- e) Dimensiones (tamaño nominal).
- f) Excepciones a esta Norma.
- g) Certificados de calidad o pruebas (si se requieren).

6.2. NORMAS A CONSULTAR:

- DIN-B-1-1970 "Métodos de Análisis químico para determinar la composición de aceros y fundiciones".
- DIN-B-172-1970 "Métodos de Prueba mecánicos para Productos de Acero".
- DIN-B-430-1969 "Métodos de prueba para determinar el peso unitario y el área transversal de las varillas lisas y corrugadas para refuerzo de concreto".

6.3. ANTECEDENTES

ASIN A 025 22.

6.4. PARTICIPANTES:

- Alto Horno de México, S.A.
- Colegio de Ingenieros Civiles de México.
- Departamento de la Industria Militar.
- Fundidora Monterrey, S.A.
- Fundidora y Laminadora, S.A.
- Hylsa de México, S.A.
- Instituto Mexicano del Seguro Social.
- Instituto Mexicano del Petróleo.
- Secretaría de Obras Públicas.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos.
- Siderúrgica Lázaro Cárdenas-Las Truchas, S.A.

México, D.F., a 7 OCT. 1974

EL C. DIRECTOR GENERAL DE NORMAS

Cesar Lauranaga Elizondo
ING. CESAR LAURANAGA ELIZONDO.

10/28/74

PRUEBA DE VARILLAS DE REFUERZO

Recomendación:

Fecha de ensayo:

Operador:

No. de Registro:

Fecha de prueba:

Marcas:

número efectivo	(mm)				
tipo varilla	(#)				
ángulo varilla	(mm)				
espesor (metro lineal)	(kg/cm)				
área calculada - con 0.785 -	(cm ²)				
carga límite de fluencia	(kg)				
límite de fluencia	(kg/cm ²)				
carga máxima de ruptura	(kg)				
resistencia a la tracción	(kg/cm ²)				
alargamiento en 20 cm	(%)				
	(%)				
Clasificación - Grado.					
Acabado.					
#1 - Diámetro.					
Separación espacia.					
Ángulo.					
Acabado.					
Corrugado.					
Separación del corrugado.					
Altura del corrugado.					
Ancho nervio longitudinal.					
Norma Microscópica.					



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

**CURSO: "INTRODUCTORIO DE FORMACION DE RESIDENTES
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EXPERIMENTAL"**

**ADITIVOS PARA CONCRETO.- DETERMINACION DE
LA RETENCION DE AGUA POR MEDIO DE COMPUES
TOS LIQUIDOS QUE FORMAN MEMBRANA PARA EL
CURADO DE CONCRETO.**

NOVIEMBRE, 1981.

ANTEPROYECTO DE NORMA MEXICANA

ADITIVOS PARA CONCRETO.-DETERMINACION DE LA RETENCION DE AGUA POR MEDIO DE COMPUESTOS LIQUIDOS QUE FORMAN MEMBRANA PARA EL CURADO DEL CONCRETO.

CONCRETE ADDITIVES.-WATER RETENTION BY MEANS OF LIQUID COMPOUNDS THAT FORM MEMBRANES FOR CONCRETE CURING.

NOM-C- 80.

1.- OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION.

Esta Norma Oficial Mexicana, establece el procedimiento para determinar la eficiencia de compuestos líquidos que forman membrana para el curado del concreto, midiendo su habilidad para prevenir la pérdida de humedad durante el periodo de endurecimiento inicial.

2.- REFERENCIAS.

Esta Norma se complementa con las Normas Oficiales Mexicanas siguientes:

NOM-C-1 CEMENTO PORTLAND.

NOM-C-45 MUESTREO DE ADITIVOS PARA CONCRETO.

NOM-C-61 DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CEMENTOS HIDRAULICOS.

NOM-C-81 COMPUESTOS LIQUIDOS QUE FORMAN MEMBRANA PARA EL CURADO DE CONCRETO.

3.- MUESTREO.

Este debe efectuarse de acuerdo con la Norma NOM-C-45 "Muestreo de Aditivos para Concreto".

4.- MATERIALES.

4.1.- Cemento Portland tipo I o II que cumple con los requisitos de la Norma NOM-C-1 "Cemento Portland".

4.2.- Arena tipo graduada.

Que cumple con los requisitos de la NOM-C-61 "Determinación de la Resistencia a la Compresión de Cementos Hidráulicos", inciso 4.1.

5.- APARATOS Y EQUIPO.

5.1.- Moldes.

Los moldes deben ser impermeables; de metal, vidrio, hule macizo o plástico. Deben ser rígidos para evitar su distorsión y deben limpiarse cuidadosamente cada vez que se usen (Nota 1). Los moldes deben medir 150 x 300 mm \pm 6 mm en la parte superior, 145 x 295 mm \pm 6 mm en la parte inferior, y 50 \pm 3 mm de altura. Deben tener un borde plano alrededor de toda la parte superior, de 6 mm de ancho, aproximadamente.

5.2.- Gabinete de curado.

Un gabinete para curar los especímenes a una temperatura de 31 \pm 1 K (38 \pm 1°C), y una humedad relativa de 32 \pm 2 por ciento.

5.3.- Balanza.

La balanza que se usa para pesar el molde y su contenido debe tener una capacidad de 10 kg o más, sensible a 1 g o menos, y una exactitud de 0.1 por ciento de la carga de prueba en cualquier punto dentro del intervalo usado para la prueba.

5.4.- Equipo aspersor.

Pistola aspersora con conexión de aire fácilmente desmontable. La pistola debe ser de un tamaño tal que, cuando se carga con el compuesto de curado, debe pesar menos de un kilogramo.

5.5.- Aplasador-Enrasador.

Un prisma de madera dura de 75 x 280 x 20 mm.

a 1.- Se debe evitar el uso excesivo de aceite, grasa o cualquier otro material sobre los moldes especialmente a lo largo del borde plano donde se aplica el compuesto de sellado. Se ha encontrado útil el uso de cinta adhesiva sobre el borde superior, para prevenir cualquier contaminación.

6.- PREPARACION DE LA MUESTRA.

6.1.- Proporciónamiento.

La proporción de cemento y arena debe determinarse añadiendo arena seca a una pasta de cemento que tenga una relación agua-cemento de 0.40 en masa, para producir una fluidez de 35 ± 5 . La prueba de fluidez debe hacerse como se describe en el Método de Prueba NOM-C 63 "Determinación de la Resistencia a la Compresión de Cementantes Hidráulicos", inciso 6.4, excepto que deben darse 10 golpes a la mesa de fluidez en 6 segundos, en vez de 25 golpes en 15 segundos.

6.2.- Mezclado.

El mortero se debe mezclar a la temperatura ambiente, de preferencia a 296 ± 2 K (23 ± 2 °C), y a una humedad relativa de 40 a 60 por ciento. La temperatura del mortero en el momento de colocarlo en el molde debe ser de 296 ± 2 K (23 ± 2 °C). El cemento y el agua se colocan en un recipiente no absorbente, y se deja que el cemento absorba el agua durante un minuto. Estos materiales se deben mezclar con una cuchara hasta obtener una pasta uniforme. Se añade la arena a la pasta y se mezcla finalmente amasando y presionando continuamente con las manos durante 2 minutos. Deben usarse guantes de hule durante la operación de mezclado. Puede usarse una máquina adecuada para mezclar el mortero en vez de mezclar a mano.

7.- PROCEDIMIENTO:

7.1.- Moldeado de los especímenes.

Se coloca en el molde una capa de mortero de 25 mm de espesor, y se apisona 50 veces. Se coloca una segunda capa de mortero en cantidad suficiente para sobrellenar ligeramente el molde y se apisona igual que la primera capa. Las irregularidades hechas por el apisonado deben llenarse y la superficie debe nivelarse ligeramente golpeando con la palma de la mano enguantada. El espécimen se debe enrasar apoyándose en la parte superior del molde usando el apisonador-enrasador de madera.

El apisonador-enrasador se debe pasar una sola vez en dirección del eje longitudinal del espécimen usando un movimiento de sierra. La cara de 75 mm del apisonador-enrasador, debe estar en contacto firme con el mortero y con las orillas del molde, de tal forma que el enrasador deje una superficie de prueba uniformemente densa, libre de huecos y grietas.

7.2.- Número de especímenes.

Se deben hacer por lo menos 3 especímenes de prueba para cada material de curado.

7.3.- Almacenamiento de los especímenes.

7.3.1.- Inmediatamente después del moldeado, se pesa el molde y el espécimen con aproximación de 1 g y se colocan en el gabinete de curado, el cual se debe mantener bajo las condiciones establecidas en el inciso 5.2. Los especímenes deben estar nivelados y no estar sujetos a vibración. El espacio entre los especímenes, y entre éstos y las paredes del gabinete de curado, debe ser de 50 a 175 mm. Dentro de estos límites, el espacio debe ser el mismo para todos los especímenes en el gabinete.

F. J. O. N. M.

7.3.2.- El movimiento del aire acondicionado dentro del gabinete debe ser tal que el disolvente del compuesto de curado se evapore rápidamente; durante el primer día se debe renovar el aire.

7.4.- Aplicación del compuesto de curado.

7.4.1.- Se remueven los especímenes del gabinete tan pronto como desaparece el agua superficial y se cepilla ligeramente a la superficie con una brocha de pintor, media suave de 50 mm, empleando suficiente fuerza para remover la nata y el lustre, pero no tan fuerte que pueda escarificarse la superficie del mortero. Si aparece agua superficial al cepillarse, se regresa el espécimen al gabinete y se vuelve a sacar tan pronto desaparezca el agua que salió a la superficie durante la operación de cepillado, volviéndose a cepillar de nuevo.

Se hace un surco en forma de V, de 3 mm de profundidad aproximadamente y no más de 2 mm de ancho, entre la orilla del espécimen del mortero y el molde. Se llena este surco con un sellador adecuado (Nota 2), que no sea afectado por el compuesto de curado bajo prueba.

El compuesto de sellado debe ser efectivo contra la pérdida de humedad entre el límite del espécimen y el molde, y no debe extenderse más de 6 mm sobre la superficie del espécimen.

7.4.2.- El mortero no debe tener agua superficial ni estar seco debajo de la superficie. Se pesa el espécimen y se aplica el compuesto de curado inmediatamente. El compuesto de curado se aplica a la superficie del espécimen en la manera recomendada para el material que se está probando. Si no se especifica el grado de aplicación, el compuesto de curado se aplica a razón de $0.2 \text{ dm}^3/\text{m}^2$. El agente de curado se aplica en atmósfera controlada de laboratorio a cada espécimen en procesos completos e independientes.

Nota 2.- Se ha encontrado satisfactorio el uso de parafina o cere microcristalina que tengan una temperatura de fusión entre 325 y 344 K (52 y 71°C), calentados a consistencia fluida antes de usarse.

7.4.3.- Se rocía uniformemente el compuesto de curado por aspersión sobre la superficie con una pistola de aire, la cual se sostiene verticalmente sobre la superficie del espécimen a la altura requerida para dar una aplicación uniforme y un mínimo de sobreespersión. Se determina la cantidad de material de curado aplicado pesando el molde y el espécimen antes y después de la aplicación del compuesto, con una aproximación de 0.1 g.

7.4.4.- Las operaciones anteriores deben efectuarse rápidamente. Los especímenes se regresan sin retraso al gabinete de curado.

7.5.- Duración de la prueba.

7.5.1.- Se determina la cantidad de agua que se pierde a las 72 horas después de haberse aplicado el compuesto de curado, pesando el espécimen.

7.6.- Corrección por la pérdida en masa del compuesto de curado durante la prueba.

7.6.1.- Se determina la pérdida en masa de la materia volátil del compuesto de curado cubriendo una charola metálica con sus orillas levantadas 3 mm, la cual debe tener un área igual a la parte superior del espécimen de prueba, con la misma cantidad de material de curado que se usó para cubrir el espécimen. Se coloca la charola en el gabinete de curado junto con el espécimen de prueba se pesan ambos seguidamente. Se usa la pérdida en masa del compuesto de curado como una corrección para calcular el material de curado añadido.

B.- CALCULO DE LA PERDIDA EN MASA.

B.1.- Al final del periodo de curado especificado, se pesa el molde y el espécimen y se calcula la pérdida de agua del mortero corregido por el material de curado añadido.

Se registran las siguientes masas y medidas; todas las masas deben estar en gramos:

- a).- Masa del espécimen después de sellar el borde.
- b).- Masa del espécimen y molde después de aplicar el compuesto de curado.
- c).- Masa del compuesto de curado sobre el espécimen.
- d).- Masa de la charola metálica antes de aplicar el compuesto de curado.
- e).- Masa de la charola metálica después de aplicar el compuesto de curado.
- f).- Masa del compuesto de curado aplicado a la charola metálica.
- g).- Masa de la charola metálica después de 72 horas en el gabinete.
- h).- Pérdida en masa de la charola metálica por evaporación de la materia volátil.
- i).- Masa del espécimen y molde después de 72 horas en el gabinete.
- j).- Pérdida en masa del espécimen.
- k).- Pérdida en masa del espécimen corregido por la masa del compuesto de curado añadido y
- l).- Área de la superficie tratada del espécimen, en centímetros cuadrados.

9.- RESULTADOS.

La pérdida en masa de agua a través del compuesto de curado, después de 72 horas de exposición en el gabinete, debe expresarse como la pérdida en gramos por centímetro cuadrado de superficie, calculado como se indica en el Capítulo B, como promedio de 3 o más especímenes. En un lote de 3 o más especímenes, si la diferencia entre los especímenes de mayor y menor pérdida, excede de 0,025 g/cm², la prueba debe repetirse y promediarse los nuevos resultados.

10.- BIBLIOGRAFIA.

~~ASTM C-156-74.- Standard Method of Test for WATER RETENTION BY CONCRETE CURING MATERIALS.~~

109

* Cuestionario para la aprobación o rechazo del Anteproyecto de Norma de "ADITIVOS PARA CONCRETO, -COMPUESTOS LIQUIDOS QUE FORMAN MEMBRANA PARA EL CURADO DE CONCRETO".

- a).- Aprobamos el Proyecto sin observaciones de ninguna clase.
- b).- Aprobamos el Proyecto con las observaciones de forma que anexamos al presente.
- c).- Nos aprobamos el Proyecto, debido a las observaciones de fondo que anexamos al presente y fundamentamos técnicamente.
- d).- Nos abstenemos de opinar por no tener conocimiento ni experiencia.

Fecha

Nombre y Firma

Compañía

*Subrayar lo que corresponda.

NOTA: La fecha límite para recibir observaciones vence el día 17 de Abril próximo.

LRB/1aj'

ANTEPROYECTO DE NORMA MEXICANA

ADITIVOS PARA CONCRETO, -COMPUESTOS LIQUIDOS QUE FORMAN MEMBRANA PARA EL CURADO DE CONCRETO,

· NOM-C-88-1980

{ CANCELA LA DGN-C-03-1970 }

1.- OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION.

Esta Norma Oficial establece las especificaciones para compuestos líquidos que forman membrana y que se aplican sobre superficies de concreto, para retardar la pérdida de agua durante el periodo inicial de endurecimiento; y en el caso de compuestos con pigmentos blancos, para reducir también la elevación de temperatura en el concreto expuesto a la radiación solar. Los compuestos cubiertos por esta especificación son adecuados para usarse como medio de curado posterior del concreto después de removerse las cimbras o después del curado húmedo inicial.

2.- REFERENCIAS.

2.1.- Esta Norma se complementa con las Normas Oficiales Mexicanas siguientes:

NOM-C-45.- "Muestreo de Aditivos para Concreto"

NOM-C- "Método de Prueba para Retención de Agua por Medio de Compuestos Líquidos que forman Membrana para el Curado de Concreto"

NOM-C- "Método de Prueba para la Determinación del Factor de Reflectancia Direccional de Especímenes Opacos por Medio de Reflectometría de Filtro de Banda Ancha"

3.- DEFINICIONES:

3.1.- Curado.

Es el procedimiento por medio del cual se mantiene en el interior

del concreto hidráulico, o en las mezclas a base de cementantes hidráulicos, la cantidad de agua necesaria para el correcto proceso de endurecimiento del mismo.

4.- CLASIFICACION.

4.1.- Esta Norma incluye los siguientes tipos de compuestos:

Tipo 1.- Emulsiones acuosas

Tipo 2.- Emulsiones no acuosas

Tipo 3.- Líquidos resinosos

Estos tipos de compuestos pueden ser transparentes, ligeramente coloreados o blancos.

5.- ESPECIFICACIONES.

Los compuestos que forman membrana, cualquiera que sea su tipo, deben cumplir con los requisitos siguientes:

5.1.- Requisitos Generales.

5.1.1.- Los compuestos transparentes deben ser incoloros. Los compuestos ligeramente coloreados contendrán colorantes que serán distinguibles sobre la superficie del concreto por lo menos 4 horas después de su aplicación, pero serán imperceptibles después de 7 días de haberse aplicado, si se exponen directamente a la luz solar.

Los compuestos blancos deben contener pigmento blanco finamente dividido. Estos presentarán una apariencia blanca uniforme cuando se encuentren aplicados sobre la superficie del concreto con el grado de aplicación especificado (Nota 1).

Nota 1.- El grado de aplicación de que debe ser usado para determinar el cumplimiento en esta especificación, debe estar basado en la recomendación del fabricante. En caso de que este valor no se especifique, el compuesto de curado debe ser aplicado a razón de $5 \text{ m}^2/\text{dm}^3$. Este puede ser el mismo que se use en los trabajos de campo.

5.1.2.- Los compuestos líquidos que forman membrana deben ser de una consistencia tal que puedan ser aplicados rápidamente por aspersion (o con brocha, o rodillo, cuando se requiera) para tener un recubrimiento uniforme a temperaturas superiores de 4°C.

5.1.3.- Los compuestos deben adherirse a la superficie del concreto recientemente colado, y deben formar una película continua cuando se apliquen en la cantidad recomendada (Nota 1). Al secarse el recubrimiento será continuo, flexible, y sin grietas visibles o cavidades, y permanecerá como una película entera por lo menos 7 días después de su aplicación. Los compuestos líquidos que forman membrana no deben tener reacción deletérea con el concreto (Nota 2).

5.1.4.- Estos compuestos deben ser almacenables por lo menos 6 meses sin que sufran deterioro, excepto que los del tipo de emulsión acuosa (Tipo 1), no debe esperarse que resistan la congelación. No deben asentarse excesivamente o formar nata en la superficie y deben ser capaces de homogenizarse por medio de agitación moderada o con aire comprimido.

Nota 2.- Una idea aproximada del efecto del compuesto sobre el concreto, puede obtenerse rayando la superficie del espécimen de mortero (usado para la prueba de retención de agua) con un cuchillo o un desarmador, después de 72 horas de su aplicación, y comparándola con la superficie endurecida, rayada de manera similar a la anterior, de un espécimen semejante que ha sido curado con agua. Cualquier ablandamiento significativo de la superficie tratada con el compuesto de curado, indicada por dicha comparación, debe ser considerada como causa suficiente para el rechazo del compuesto.

Handwritten signatures and initials on the left margin.

5.1.5.- La porción volátil de estos compuestos debe ser un material que no sea tóxico, ni peligrosamente inflamable.

5.2.- Retención de agua, reflectancia y tiempo de secado.

5.2.1.- Retención de agua.

Los compuestos pertenecientes a los Tipos 1 y 2, cuando se prueben de acuerdo al método especificado en esta Norma (véase Inciso 7.1), deben restringir la pérdida de agua a no más de 0.55 kg/m^2 de superficie en 72 horas. Los compuestos pertenecientes al Tipo 3, bajo las mismas condiciones anteriores de prueba, deben restringir la pérdida de agua a no más de 0.35 kg/m^2 .

5.2.2.- Reflectancia.

Los compuestos con pigmento blanco, cualquiera que sea su tipo, cuando se prueben de acuerdo al método especificado en esta Norma (véase Inciso 7.4), deben exhibir una reflectancia a la luz del día, no menos de 60 por ciento de la del óxido de magnesio.

5.2.3.- Tiempo de secado.

Los tres tipos de compuestos, cuando se prueben como se especifica en esta Norma (véase Inciso 7.3), deben secar al tacto en no más de 4 horas.

6.- MUESTREO.

6.1.- El muestreo de estos compuestos se debe hacer conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-C-45 "Muestreo de Aditivos para Concreto"

7.- MÉTODOS DE PRUEBA.

7.1.- Retención de Agua.

Se debe efectuar de acuerdo a la Norma NOM-C-45 "Método de Prueba para Retención de Agua por Medio de Compuestos Líquidos que forman Membrana para el Curado de Concreto"

7.2.- Reflectancia.

Se debe efectuar conforme a la Norma NOM-C-45 "Método de Prueba para la Determinación del Factor de Reflectancia Direccional de Especímenes Opacos por Medio de Reflectometría de Banda Ancha"

7.3.- Tiempo de secado.

Se aplica el compuesto de curado a una charola en la cantidad especificada (Nota 1), y se expone a una corriente de aire a $23 \pm 2^\circ \text{C}$, 50 ± 10 por ciento de humedad relativa, y a una velocidad de 183 m/min , aproximadamente (Nota 3), que corra paralelamente a la superficie de la charola de prueba. Se toca la película con los dedos usando una presión moderada. Se considera que la película está seca, cuando no se deja huella apreciable y la película se siente firme.

8.- MARCADO, ETIQUETADO, ENVASE Y EMBALAJE.

8.1.- Marcado en el envase.

Debe incluir datos que permitan la fácil identificación del producto y las precauciones necesarias para su uso, manejo y almacenamiento, y quedar en un lugar visible del envase.

8.2.- Etiqueta.

Esta debe contener, por lo menos los datos siguientes:

Nombre y/o marca registrada.

Tipo.

La leyenda "Contenido Neto", ya sea en peso o en volumen.

No. de lote de fabricación.

Fabricante.

La Leyenda "Hecho en México"

Nota 3.- Un ventilador de aspas, como el que se usa en el hogar, puede cumplir con este requisito y por tanto ser usado.

8.3.- Envase y Embalaje.

Esto debe ser resistente a la posible acción del producto, además de protegerlo durante su almacenamiento, transporte y manejo.

9.- BIBLIOGRAFIA.

Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete. ASTM C-309-74.

PROCESO PRACTICO QUE SE SIGUE EN EL ESTUDIO DE COMPUESTOS LIQUIDOS PARA FORMAR MEMBRANAS DE CURADO DE CONCRETO HIDRAULICO.

Se toman tres moldes de la forma y dimensiones especificadas en la Norma A.S.T.M. C156. se numeran para su identificación y se engrasan ligeramente. Se pesan 800 g de cemento y se mezclan con 120 cm³ de agua; se adicionan aproximadamente 1700 g de arena de Ottawa (16-100). La cantidad de arena puede variar según el cemento de que se trate para dar la fluidez requerida de 35 ± 5%. Se deberán efectuar pruebas previas con el cemento que vaya a ser empleado para fijar la cantidad de arena.

El mezclado se efectúa como lo indica la Norma A.S.T.M. C 156 Inciso 3.(b).

Los moldes serán llenados en dos capas, compactando cada una de ellas con 50 golpes de pisón. Después de compactar la segunda capa, se enrasa como lo indica la misma Norma A.S.T.M. C 156 en su inciso 4.

Terminando de moldear los especímenes se colocan en el horno nivelados y espaciados como lo indica la Norma A.S.T.M. C 156 en su inciso 6. (a) y 6. (b). El horno se mantendrá a una temperatura de $37.8 \pm 1.1^{\circ}\text{C}$.

Después de tres o cuatro horas, se sacan los especímenes del horno ya que es período de tiempo cuando se pueda hacer que la ranura perimetral en forma de V, quede bien formada, por estar el mortero en el estado plástico adecuado. Inseguida se -

IRB/laj'

regresan los especímenes al horno observándolos periódicamente para ver cuando pierdan el lustre acuoso; en ese momento se retiran del horno para cepillar ligeramente la superficie del molde con un cepillo de cerdas rígidas (puede ser un cepillo de dientes). Si aparece el lustre acuoso después del cepillado, se regresarán los especímenes al horno hasta que la superficie se vea opaca y que al tacto con la yema del dedo no se humedezca ésta. Ver Nota No. 4 de la Norma A.S.T.M. C 156. Enseguida se pesan los especímenes con el molde y el valor se anota en el renglón que dice "PESO INICIAL DEL ESPECIMEN" de la forma de registro.

Una vez terminado el cepillado de la superficie, se quitan las partículas sueltas que quedaron valiéndose de una brocha procurando que quede también completamente limpia la ranura en forma de V.

Enseguida la ranura en forma de V se llena con pegamento líquido que podrá ser el Adhesivo "Pliebond 20" que fabrica Good Year Oxo o cualquier otro similar.

La ranura y el sellado de la misma, es para evitar pérdida de humedad que se pueda presentar entre la junta del espécimen con el molde. Una vez que seca el sellador de la ranura o sean unos 15 o 20 minutos después de colocado, se pesa el espécimen con todo y molde con aproximación al gramo, se anota este

valor en el renglón número "1".

NOTA 1.- Con anterioridad se determinará el peso específico relativo del producto, para poder fijar la cantidad exacta de peso que deberá aplicarse, dependiendo del área que se va a cubrir en cada espécimen, con objeto de que la aplicación sea a razón de un litro por cinco m² como lo especifica la Norma A.S.T.M. C 156, Inciso 7 (b).

Para controlar la cantidad de producto calculada que se iba a aplicar en cada uno de los especímenes, se pesa el producto en el frasco junto con la brocha antes de ser espolvoreada, con una aproximación de 0.1 g y se anota el valor en el renglón No. 3.

Terminado el período de secado del sellador de la ranura se aplica el producto en estudio con la brocha. Para conocer la cantidad de producto aplicada se pesa nuevamente el frasco con el producto y la brocha con aproximación de 0.1 g; se anota el peso en el renglón No. 4 por diferencia se conocerá la cantidad aplicada que deberá ajustarse a la cantidad previamente calculada; el peso de la cantidad del producto aplicado se anota en el renglón No. 5.- La aplicación del producto se hará separadamente para cada uno de los especímenes.

Una vez aplicado el producto en cada espécimen, se pesa con aproximación a 1 g, se registra el peso en el renglón No. 1 y se coloca el espécimen en el horno. Lo mismo se efectuará con los demás especímenes.

Se pesa la placa metálica limpia y se registra su peso en

el renglón No. 6; se le aplica el producto en la misma forma y cantidad que se hizo en los especímenes; enseguida se pesa nuevamente la placa con el producto aplicado y se registra este valor en el renglón No. 7. La cantidad del producto aplicado que se determina por diferencia de pesos, se anota en el renglón No. 8.

Enseguida se coloca la placa en el horno junto con los especímenes donde deberán permanecer durante 72 horas a una temperatura de $37.5^{\circ}\text{C} \pm 1.1$.

Las pesadas de la placa y de los especímenes a las 3 horas como lo indica la Norma no se efectúan por no considerarse necesarias para la finalidad de la prueba.

Trascurridas las 72 horas de permanecer la placa y los especímenes en el horno a la temperatura especificada, se retirarán y se pesan inmediatamente, registrando sus pesos en los renglones Nos. 9 y 11 respectivamente.

CALCULO DE LA PERDIDA DE AGUA.

Se calcula la pérdida de peso del producto aplicado en la placa restando el valor anotado en el renglón No. 9 del valor anotado en el renglón No. 7 y la diferencia se anota en el renglón No. 10.

Se calcula la pérdida de peso de cada uno de los especímenes, restando el valor anotado en el renglón No. 11 del valor anotado en el renglón No. 2 y la diferencia se anota en el renglón No. 12 que corresponde a pérdida de peso. A este valor se le resta la pérdida de peso en la placa anotado en el renglón No. 10; la diferencia se anota en el renglón No. 13.

El área de la superficie donde se aplicó el producto en cada uno de los especímenes se calcula en cm^2 de acuerdo con sus dimensiones y este valor se anota en el renglón No. 14.

El valor de la pérdida de agua en g/cm^2 , que es el resultado final de la prueba, es el cociente que se obtiene de dividir el valor anotado en el renglón No. 13 entre el valor anotado en el renglón No. 14.

El valor de la pérdida de agua en g/cm^2 , que es el resultado final de la prueba, es el cociente que se obtiene de dividir el valor anotado en el renglón No. 13 entre el valor anotado en el renglón No. 14.

PRUEBAS COMPLEMENTARIAS.

En un renglón de Consistencia se anotarán las observaciones como lo indica la Norma A.S.T.M. C309 inciso 4.

En el renglón de Estabilidad de Almacenaje, se anotará lo observado de acuerdo con lo que indica la Norma A.S.T.M. C309 en el inciso No. 5.

El tiempo de secado se medirá efectuando la prueba de acuerdo con lo indicado en la misma Norma en el inciso No. 6.

El color blanco se juzgará a simple vista y se anotará si es blanco permanente, fugaz o débil.

En las observaciones se anotará claramente si el producto representado por la muestra es o no de calidad satisfactoria, indicando el límite de retención de agua permisible para determinar su aceptación o rechazo.

PRUEBA DE RETENCIÓN DE HUMEDAD

Se adjuntan copias de las Normas A.S.T.M. Nos. C309, —

C156, C07 y C109; las notas aclaratorias a las Normas A.S.T.M. Nos. C309 y C156; dos ejemplos de registro de datos y cálculo de la prueba, y una forma para el registro de datos y anotación de resultados.

Ordenencia:
 Producto:
 Fecha recibida:
 Cemento empleado marca: *Tulzeca I*
 Método de aplicación: *con brocha*
 Pérdida de agua: *0.092 g/cm²*

No. de Registro:
 Fabricante:
 Fecha fabricación:
 Preparación del material en peso:
 Cantidad de aplicación: *1 litro/5m²*
 Operador: *E.M.P.* *F.M.H.*

	PRUEBA	REFERENCIAL	COMPARATIVO	NOTAS
PESO INICIAL DEL ESPECIMEN:	5.255	5.277	5.292	
1.- Peso después del sellado de la muestra.	5.255	5.277	5.270	
2.- Peso después de la aplicación del producto.	5.274	5.279	5.279	
3.- Peso de la placa antes de aplicar el producto.	2.22	2.23	2.21	
4.- Peso de la placa después de aplicar el producto.	2.27	2.23	2.15	
5.- Peso del producto aplicado.	?	?	?	
6.- Peso de la placa antes de aplicar el producto.	2.22			
7.- Peso de la placa después de aplicar el producto.	2.27			
8.- Peso del producto aplicado a la placa.	?			
PESO PLACA DESPUÉS DE 3 hrs. EN EL GABINETE.				
9.- Peso de la placa después de 3 hrs. en el gabinete.	4.50.7			
10.- Pérdida de peso en la placa control.				
PESO ESPECIMEN DESPUÉS DE 3 hrs. EN EL GABINETE.				
11.- Peso espécimen después de 3 hrs. en el gabinete.	5.231		5.235	
12.- Pérdida de peso.	13	14	14	
13.- Pérdida de peso corregida por material evaporado.	10.7	10.7	10.7	
14.- Área de la superficie de aplicación (cm ²)	435	435	445	
PÉRDIDA DE AGUA. (g/cm ²)	0.091	0.094	0.091	0.092

PRUEBAS COMPLEMENTARIAS.

Consistencia: *Fácil aplicación no se escribe.* Estabilidad al almacenar: *Preservación de sólido*

Tiempo de secado: *Seca en las 4 horas. Color Blanco.*

OBSERVACIONES: *Por los resultados obtenidos, se considera que la muestra de este producto no es de calidad satisfactoria ya que la pérdida de agua de 0.092 g/cm² es mayor que el máximo especificado de 0.055 g/cm²*

NOTAS ACLARATORIAS AL METODO DE ENSAYE PARA CONOCER LA EFICIENCIA DE LA
RETENCION DE AGUA DE COMPUESTOS LIQUIDOS PARA FORMAR MEMBRANAS EN UN
CURADO DE CONCRETO.

1.- En los otros de la Secretaría no se usan materiales en forma de láminas im-
permeables, únicamente se emplean compuestos líquidos para formar membranas de color
blanco.

2.- El gabinete de curado es un horno con termómetro sensible que pueda con-
trolar la temperatura dentro de los límites fijados, pero no tiene control de la humedad
relativa que se fija de 32 ± 2 por ciento.

3.- Se anexa copia de Norma ASTM C 87. En el párrafo 5 denominado "pro-
cedimiento" se indica el procedimiento que se debe seguir para determinar el flujo del mate-
rial.

4.- Comercialmente esta arena se llama Arena ASTM 109 o Número 10-100.

5.- Como en el método de ensayo no se indican las dimensiones de la verilla,
se decidió emplear el espesor como lo indica el método de ensayo ASTM C 157 en el
Inciso 2 (b).

6.- La circulación de aire es la que se obtiene obstruyendo los ventilos del horno.

7.- En la práctica se ha encontrado más conveniente hacer la ranura en forma
de V, cuando el mortero aun está en estado plástico antes de aplicar el espaldado de la

superficie. La profundidad de la ranura deberá ser de 3 mm y no de 0.6 cm como equivoca-
damente está escrito en la copia de la norma que se adjunta.

8.- En la práctica para efectuar la prueba, se ha encontrado más conveniente
aplicar todos los productos con brocha de cerdas de 2.54 cm (1") con objeto de conocer
con más precisión la cantidad de producto aplicado en el espaldado. En el Inciso (a) de
la Norma ASTM C 155 dice espillo, pero deberá entenderse que significa brocha.

9.- Se acompaña una forma de registro de datos y cálculo de la retención de
agua con un ejemplo de un producto que pasó satisfactoriamente la prueba y con otro
que se debe rechazar porque la pérdida de agua es mayor de 0.655 g/cm².

NOTAS ACLARATORIAS A LAS ESPECIFICACIONES PARA COMPUESTOS LIQUIDOS PARA FORMAR MEMBRANAS DE CURADO PARA CONCRETO. -ASTM C 309.

1.- Las Especificaciones Generales y Técnicas de Construcción de la S. R. II. en el Tomo I inciso 10-7.01.19 indican que los compuestos líquidos para formar membranas de curado para concreto, serán con pigmento blanco. Mediante autorización especial podrá emplearse productos de esta naturaleza de color rojo, pero en ningún caso se empleará color negro por el mal aspecto que deja, ni translúcido por no poderse controlar fácilmente a simple vista la cantidad del producto que se aplica en el concreto.

2.- Por carecer del aparato para medir el porcentaje de reflectancia, se hará únicamente una observación visual para determinar que el color que queda al ser aplicado, el producto efectivamente es blanco.

3.- Muestra.- Además de efectuar el muestreo como se indica en los incisos 9 (a) y 9 (b) de la Norma A.S.T.M. C 309, se deberá tener una o varias muestras del producto como realmente se está aplicando al concreto, directamente de la botellita de aplicación, para conocer si no ha sufrido alteraciones debidas a diluciones que se hacen para tener mayor rendimiento del producto muestreado previamente en el lugar de colocamiento, o porque tenga falta de homogeneidad por no haber sido adecuadamente agitado.

normas ASTM
para cemento
y concreto

Se tradujo y se imprimió con permiso de la American Society for Testing and Materials, 1916 Race Street, Philadelphia 3, Pa. U.S.A.

Método Estándar de Ensayo

(1) PUREZA DE AGREGADOS POR MEDIO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO

Norma ASTM C 28-63

Edición 1958, Revisión 1959, 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 2680, 2681, 2682, 2683, 2684, 2685, 2686, 2687, 2688, 2689, 2690, 2691, 2692, 2693, 2694, 2695, 2696, 2697, 2698, 2699, 2700, 2701, 2702, 2703, 2704, 2705, 2706, 2707, 2708, 2709, 2710, 2711, 2712, 2713, 2714, 2715, 2716, 2717, 2718, 2719, 2720, 2721, 2722, 2723, 2724, 2725, 2726, 2727, 2728, 2729, 2730, 2731, 2732, 2733, 2734, 2735, 2736, 2737, 2738, 2739, 2740, 2741, 2742, 2743, 2744, 2745, 2746, 2747, 2748, 2749, 2750, 2751, 2752, 2753, 2754, 2755, 2756, 2757, 2758, 2759, 2760, 2761, 2762, 2763, 2764, 2765, 2766, 2767, 2768, 2769, 2770, 2771, 2772, 2773, 2774, 2775, 2776, 2777, 2778, 2779, 2780, 2781, 2782, 2783, 2784, 2785, 2786, 2787, 2788, 2789, 2790, 2791, 2792, 2793, 2794, 2795, 2796, 2797, 2798, 2799, 2800, 2801, 2802, 2803, 2804, 2805, 2806, 2807, 2808, 2809, 2810, 2811, 2812, 2813, 2814, 2815, 2816, 2817, 2818, 2819, 2820, 2821, 2822, 2823, 2824, 2825, 2826, 2827, 2828, 2829, 2830, 2831, 2832, 2833, 2834, 2835, 2836, 2837, 2838, 2839, 2840, 2841, 2842, 2843, 2844, 2845, 2846, 2847, 2848, 2849, 2850, 2851, 2852, 2853, 2854, 2855, 2856, 2857, 2858, 2859, 2860, 2861, 2862, 2863, 2864, 2865, 2866, 2867, 2868, 2869, 2870, 2871, 2872, 2873, 2874, 2875, 2876, 2877, 2878, 2879, 2880, 2881, 2882, 2883, 2884, 2885, 2886, 2887, 2888, 2889, 2890, 2891, 2892, 2893, 2894, 2895, 2896, 2897, 2898, 2899, 2900, 2901, 2902, 2903, 2904, 2905, 2906, 2907, 2908, 2909, 2910, 2911, 2912, 2913, 2914, 2915, 2916, 2917, 2918, 2919, 2920, 2921, 2922, 2923, 2924, 2925, 2926, 2927, 2928, 2929, 2930, 2931, 2932, 2933, 2934, 2935, 2936, 2937, 2938, 2939, 2940, 2941, 2942, 2943, 2944, 2945, 2946, 2947, 2948, 2949, 2950, 2951, 2952, 2953, 2954, 2955, 2956, 2957, 2958, 2959, 2960, 2961, 2962, 2963, 2964, 2965, 2966, 2967, 2968, 2969, 2970, 2971, 2972, 2973, 2974, 2975, 2976, 2977, 2978, 2979, 2980, 2981, 2982, 2983, 2984, 2985, 2986, 2987, 2988, 2989, 2990, 2991, 2992, 2993, 2994, 2995, 2996, 2997, 2998, 2999, 3000, 3001, 3002, 3003, 3004, 3005, 3006, 3007, 3008, 3009, 3010, 3011, 3012, 3013, 3014, 3015, 3016, 3017, 3018, 3019, 3020, 3021, 3022, 3023, 3024, 3025, 3026, 3027, 3028, 3029, 3030, 3031, 3032, 3033, 3034, 3035, 3036, 3037, 3038, 3039, 3040, 3041, 3042, 3043, 3044, 3045, 3046, 3047, 3048, 3049, 3050, 3051, 3052, 3053, 3054, 3055, 3056, 3057, 3058, 3059, 3060, 3061, 3062, 3063, 3064, 3065, 3066, 3067, 3068, 3069, 3070, 3071, 3072, 3073, 3074, 3075, 3076, 3077, 3078, 3079, 3080, 3081, 3082, 3083, 3084, 3085, 3086, 3087, 3088, 3089, 3090, 3091, 3092, 3093, 3094, 3095, 3096, 3097, 3098, 3099, 3100, 3101, 3102, 3103, 3104, 3105, 3106, 3107, 3108, 3109, 3110, 3111, 3112, 3113, 3114, 3115, 3116, 3117, 3118, 3119, 3120, 3121, 3122, 3123, 3124, 3125, 3126, 3127, 3128, 3129, 3130, 3131, 3132, 3133, 3134, 3135, 3136, 3137, 3138, 3139, 3140, 3141, 3142, 3143, 3144, 3145, 3146, 3147, 3148, 3149, 3150, 3151, 3152, 3153, 3154, 3155, 3156, 3157, 3158, 3159, 3160, 3161, 3162, 3163, 3164, 3165, 3166, 3167, 3168, 3169, 3170, 3171, 3172, 3173, 3174, 3175, 3176, 3177, 3178, 3179, 3180, 3181, 3182, 3183, 3184, 3185, 3186, 3187, 3188, 3189, 3190, 3191, 3192, 3193, 3194, 3195, 3196, 3197, 3198, 3199, 3200, 3201, 3202, 3203, 3204, 3205, 3206, 3207, 3208, 3209, 3210, 3211, 3212, 3213, 3214, 3215, 3216, 3217, 3218, 3219, 3220, 3221, 3222, 3223, 3224, 3225, 3226, 3227, 3228, 3229, 3230, 3231, 3232, 3233, 3234, 3235, 3236, 3237, 3238, 3239, 3240, 3241, 3242, 3243, 3244, 3245, 3246, 3247, 3248, 3249, 3250, 3251, 3252, 3253, 3254, 3255, 3256, 3257, 3258, 3259, 3260, 3261, 3262, 3263, 3264, 3265, 3266, 3267, 3268, 3269, 3270, 3271, 3272, 3273, 3274, 3275, 3276, 3277, 3278, 3279, 3280, 3281, 3282, 3283, 3284, 3285, 3286, 3287, 3288, 3289, 3290, 3291, 3292, 3293, 3294, 3295, 3296, 3297, 3298, 3299, 3300, 3301, 3302, 3303, 3304, 3305, 3306, 3307, 3308, 3309, 3310, 3311, 3312, 3313, 3314, 3315, 3316, 3317, 3318, 3319, 3320, 3321, 3322, 3323, 3324, 3325, 3326, 3327, 3328, 3329, 3330, 3331, 3332, 3333, 3334, 3335, 3336, 3337, 3338, 3339, 3340, 3341, 3342, 3343, 3344, 3345, 3346, 3347, 3348, 3349, 3350, 3351, 3352, 3353, 3354, 3355, 3356, 3357, 3358, 3359, 3360, 3361, 3362, 3363, 3364, 3365, 3366, 3367, 3368, 3369, 3370, 3371, 3372, 3373, 3374, 3375, 3376, 3377, 3378, 3379, 3380, 3381, 3382, 3383, 3384, 3385, 3386, 3387, 3388, 3389, 3390, 3391, 3392, 3393, 3394, 3395, 3396, 3397, 3398, 3399, 3400, 3401, 3402, 3403, 3404, 3405, 3406, 3407, 3408, 3409, 3410, 3411, 3412, 3413, 3414, 3415, 3416, 3417, 3418, 3419, 3420, 3421, 3422, 3423, 3424, 3425, 3426, 3427, 3428, 3429, 3430, 3431, 3432, 3433, 3434, 3435, 3436, 3437, 3438, 3439, 3440, 3441, 3442, 3443, 3444, 3445, 3446, 3447, 3448, 3449, 3450, 3451, 3452, 3453, 3454, 3455, 3456, 3457, 3458, 3459, 3460, 3461, 3462, 3463, 3464, 3465, 3466, 3467, 3468, 3469, 3470, 3471, 3472, 3473, 3474, 3475, 3476, 3477, 3478, 3479, 3480, 3481, 3482, 3483, 3484, 3485, 3486, 3487, 3488, 3489, 3490, 3491, 3492, 3493, 3494, 3495, 3496, 3497, 3498, 3499, 3500, 3501, 3502, 3503, 3504, 3505, 3506, 3507, 3508, 3509, 3510, 3511, 3512, 3513, 3514, 3515, 3516, 3517, 3518, 3519, 3520, 3521, 3522, 3523, 3524, 3525, 3526, 3527, 3528, 3529, 3530, 3531, 3532, 3533, 3534, 3535, 3536, 3537, 3538, 3539, 3540, 3541, 3542, 3543, 3544, 3545, 3546, 3547, 3548, 3549, 3550, 3551, 3552, 3553, 3554, 3555, 3556, 3557, 3558, 3559, 3560, 3561, 3562, 3563, 3564, 3565, 3566, 3567, 3568, 3569, 3570, 3571, 3572, 3573, 3574, 3575, 3576, 3577, 3578, 3579, 3580, 3581, 3582, 3583, 3584, 3585, 3586, 3587, 3588, 3589, 3590, 3591, 3592, 3593, 3594, 3595, 3596, 3597, 3598, 3599, 3600, 3601, 3602, 3603, 3604, 3605, 3606, 3607, 3608, 3609, 3610, 3611, 3612, 3613, 3614, 3615, 3616, 3617, 3618, 3619, 3620, 3621, 3622, 3623, 3624, 3625, 3626, 3627, 3628, 3629, 3630, 3631, 3632, 3633, 3634, 3635, 3636, 3637, 3638, 3639, 3640, 3641, 3642, 3643, 3644, 3645, 3646, 3647, 3648, 3649, 3650, 3651, 3652, 3653, 3654, 3655, 3656, 3657, 3658, 3659, 3660, 3661, 3662, 3663, 3664, 3665, 3666, 3667, 3668, 3669, 3670, 3671, 3672, 3673, 3674, 3675, 3676, 3677, 3678, 3679, 3680, 3681, 3682, 3683, 3684, 3685, 3686, 3687, 3688, 3689, 3690, 3691, 3692, 3693, 3694, 3695, 3696, 3697, 3698, 3699, 3700, 3701, 3702, 3703, 3704, 3705, 3706, 3707, 3708, 3709, 3710, 3711, 3712, 3713, 3714, 3715, 3716, 3717, 3718, 3719, 3720, 3721, 3722, 3723, 3724, 3725, 3726, 3727, 3728, 3729, 3730, 3731, 3732, 3733, 3734, 3735, 3736, 3737, 3738, 3739, 3740, 3741, 3742, 3743, 3744, 3745, 3746, 3747, 3748, 3749, 3750, 3751, 3752, 3753, 3754, 3755, 3756, 3757, 3758, 3759, 3760, 3761, 3762, 3763, 3764, 3765, 3766, 3767, 3768, 3769, 3770, 3771, 3772, 3773, 3774, 3775, 3776, 3777, 3778, 3779, 3780, 3781, 3782, 3783, 3784, 3785, 3786, 3787, 3788, 3789, 3790, 3791, 3792, 3793, 3794, 3795, 3796, 3797, 3798, 3799, 3800, 3801, 3802, 3803, 3804, 3805, 3806, 3807, 3808, 3809, 3810, 3811, 3812, 3813, 3814, 3815, 3816, 3817, 3818, 3819, 3820, 3821, 3822, 3823, 3824, 3825, 3826, 3827, 3828, 3829, 3830, 3831, 3832, 3833, 3834, 3835, 3836, 3837, 3838, 3839, 3840, 3841, 3842, 3843, 3844, 3845, 3846, 3847, 3848, 3849, 3850, 3851, 3852, 3853, 3854, 3855, 3856, 3857, 3858, 3859, 3860, 3861, 3862, 3863, 3864, 3865, 3866, 3867, 3868, 3869, 3870, 3871, 3872, 3873, 3874, 3875, 3876, 3877, 3878, 3879, 3880, 3881,

causita y en el centro de cada anaqueil del horno, el requisito de evaporación se aplica cuando el líquido está vacío excepto con los vasos de análisis de agua.

Soluciones especiales requeridas

1. (a) **Solución de sulfato de sodio.**—Prepárese una solución saturada de sulfato de sodio, equivalente un eq. USP, o sal del mismo grado en agua a una temperatura comprendida entre 25 y 35° C (77 y 95° F). Añadir suficiente sal (hasta 2), ya sea en forma anhidra (Na₂SO₄) o en forma cristalina (Na₂SO₄·10H₂O), para preparar no solamente la saturación sino también la presencia de exceso de cristales cuando la solución está lista para usarse en los ensayos. Batase bien la mezcla durante la adición de la sal y bájese la solución a intervalos frecuentes hasta que llegue el momento de usarse. Enfriese la solución a una temperatura de 21 ± 1° C (70 ± 2° F) y manténgase a esa temperatura por lo menos durante 45 horas antes de usarse. Antes de cada empleo, tamíese la torta de sal que se pueda haber formado en el recipiente, bájase completamente la solución, y determinese la gravedad específica de la solución. Cuando se use, la solución deberá tener una gravedad específica no menor que 1.255 ni mayor que 1.272. Descárgese la solución si está descolorida o límbrese y verifíquese la gravedad específica.

Nota 1.—Para preparar la solución, con 1 litro de agua se necesitan 25 g de sal anhidra y 22 g de sal cristalina por libra de agua para la saturación a 21° C (70° F). Sin embargo, ya que estas sales no son completamente estables y pueden que se descolore tener exceso de cristales, se recomendará el uso de una cantidad no menor de 22 g de la sal anhidra y 22 g de la sal decolorada por libra de agua.

(b) **Solución de sulfato de magnesio.**—Prepárese una solución saturada de sulfato de magnesio equivalente un eq. USP, o sal del mismo grado en agua a una temperatura comprendida entre 20 y 25° C (67 y 77° F). Añadir una cantidad suficiente de sal (hasta 4), ya sea en la forma anhidra (MgSO₄) o en forma cristalina (MgSO₄·7H₂O) (sal de Epsom) para preparar la saturación y la presencia de exceso de cristales cuando la solución está lista para usarse en los ensayos. Batase bien la mezcla durante la adición de la sal y límbese la solución a intervalos frecuentes hasta que llegue el momento de usarse. Enfriese la solución a una

temperatura de 21 ± 1° C (70 ± 2° F) manténgase a esa temperatura durante un período de por lo menos 48 horas antes de usarse. Antes de cada uso, tamíese la torta de sal que pueda haberse formado en el recipiente, bájase bien la solución, y determinese la gravedad específica de la solución. Cuando se use la solución deberá tener una gravedad específica no menor de 1.255 ni mayor que 1.272. Descárgese la solución si está descolorida o límbrese y verifíquese la gravedad específica.

Nota 2.—Es suficiente emplear para la saturación 25 g de sal anhidra y 22 g de sal cristalina por libra de agua para la saturación a 21° C (70° F). Sin embargo, ya que estas sales no son completamente estables y pueden que se descolore tener exceso de cristales, se recomendará el uso de una cantidad no menor de 22 g por libra de agua.

Muestras

4. (a) **Agregado fino.**—El agregado fino para el ensayo se pasará a través de la malla de 90 mm (3 1/2"). La muestra será de tal tamaño que se obtengan porciones no menores de 100 g de cada uno de los siguientes tamaños, las cuales estarán disponibles en cantidades de 5 por ciento o más, expresadas en términos de los siguientes mallas:

Material que pasa la malla	Material retenido en la malla
No. 20 (900 micras)	No. 60 (250 micras)
No. 30 (600 micras)	No. 50 (300 micras)
No. 6 (3.0 mm)	No. 10 (2.0 mm)
No. 4 (4.75 mm)	No. 8 (2.36 mm)
0.5 mm (1/16")	No. 4 (4.75 mm)

(b) **Agregado grueso.**—El agregado grueso para el ensayo consistirá de un material del cual se hayan eliminado las partículas que puedan pasar por la malla No. 4. Este material se tamíase de acuerdo con el procedimiento indicado para agregados finos. La muestra será de tal tamaño que se obtengan cantidades no menores que las que se indican a continuación para cada uno de los diferentes tamaños, las cuales estarán disponibles en cantidades de 5 por ciento o más:

Tamaño (mallas de agujeros cuadrados)	Gravidad
0.5 mm a No. 4 (1/16" a No. 4)	300 g
0.5 mm a 0.5 mm (1/16" a 3/16")	1000 g
que consista de:	
material entre 0.5 y 0.5 mm (1/16" a 3/16")	33 por ciento
material entre 0.5 y 0.5 mm (3/16" a 1/4")	67 por ciento
0.5 a 1.0 mm (1/16" a 3/16")	1500 g
que consista de:	
material entre 0.5 y 1.0 mm (3/16" a 1/4")	33 por ciento
material entre 0.5 y 1.0 mm (1/4" a 1")	67 por ciento
0.5 a 2.0 mm (1/16" a 3/8")	3000 g
que consista de:	
material entre 0.5 y 2.0 mm (3/8" a 1 1/2")	50 por ciento
material entre 0.5 y 2.0 mm (1 1/2" a 3")	50 por ciento

Tamaños mayores, por cada 25.4 mm (1") de abertura de la malla, cada fracción 3000 g

(c) Si las muestras contienen menos del 5 por ciento de cualquiera de los tamaños especificados en las porciones (a) o (b), esa muestra no se ensayará, pero, con objeto de calcular los resultados del ensayo, se considerará que su pérdida de sulfato de sodio o de sulfato de magnesio es el promedio de la pérdida de los tamaños inmediatamente inferior e inmediatamente superior, o si no se dispone de alguno de estos tamaños, se considerará que tiene la misma pérdida que el tamaño próximo mayor o próximo menor, según el que se tenga disponible. Cuando alguno de los tamaños de ensayo comprendidos entre 0.5 y 0.5 mm (1/16" y 3/16"), 0.5 y 1.0 mm (1/16" y 3/8"), o 0.5 y 2.0 mm (1/16" y 3/8"), expresados en el párrafo (b), no se pueda preparar debido a que se carece de uno de los dos tamaños de agregados indicados para cada muestra, se usará el tamaño disponible para preparar la muestra de ensayo.

Preparación de la muestra de ensayo

5. (a) **Agregado fino.**—Líbese cuidadosamente la muestra de agregado fino en una malla No. 20, límbese a peso constante e

una temperatura de 100° a 120° C (212 a 248° F), y sepárese en los diferentes tamaños por medio de cribado, de la manera siguiente: Límbese una porción limpia de la muestra preparada por medio de un juego de mallas estándar especificadas en la sección 4 (a). De las fracciones obtenidas de esta manera selectivamente muestras de tamaño suficiente para que se criben en 100 g en cada malla después del cribado. (En general, será suficiente una muestra de 100 g.) No se deberán usar agregados finos que se añaden a los alambres de las mallas para preparar las muestras. Ténganse muestras que consistan de 100 g de cada una de las fracciones separadas después del cribado final y colóquense en recipientes separados para el ensayo.

(b) **Agregado grueso.**—Líbese y límbese cuidadosamente la muestra de agregado grueso a peso constante a una temperatura comprendida entre 105 y 110° C (221 y 230° F), y sepárese en tamaños diferentes de acuerdo con la sección 4 (b) por medio de cribado. Téngase la cantidad adecuada de cada fracción de la muestra y colóquense estas fracciones en recipientes separados para el ensayo. En el caso de partículas de agregados retenidos en la malla de 100 mallas (1 1/2"), cuéntese el número de partículas.

Procedimiento

6. (a) **Inmersión de las muestras en la solución.**—Sumérjase las muestras en la solución preparada de sulfato de sodio o de sulfato de magnesio durante un período no menor de 16 horas ni mayor de 48 horas, de tal manera que todas las partículas queden sumergidas hasta una profundidad que no menor de 12.7 mm (1/2") (hasta 4). Cúbrase el recipiente para reducir la evaporación y para prevenir la acción accidental de sustancias extrañas. Cúbrase las muestras sumergidas en la solución a una temperatura de 21 ± 1° C (70 ± 2° F) durante el período de inmersión.

Nota 4.—En el caso de agregados de peso ligero, pueden usarse mallas de 6 milímetros de paso entre cada una de las mallas con objeto de que se sumerjan en la solución.

(b) **Secado de las muestras después de la inmersión.**—Después del período de inmersión, remuévase la muestra de agregado de la solución, téngase a peso constante de 5 min, y colóquese en el horno secador. La temperatura del horno en este instante deberá estar comprendida entre 105 y 110° C (221 y 230° F). Síguese las muestras a la temperatura especificada hasta que el peso sea constante. Durante el período de

La referencia hecha en el texto de sulfato de sodio designado como sulfato de sodio, el cual puede designarse simplemente como sulfato, es el más puro. No debe usarse en forma de sulfato de sodio de otro tipo. La referencia hecha en el texto de sulfato de magnesio designado como sulfato de magnesio, es el más puro. No debe usarse en forma de sulfato de magnesio de otro tipo.

DIRECCION DE PROYECTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EXPERIMENTAL
LABORATORIO DE MATERIALES

PRUEBA DE AGREGADOS POR MEDIO DE
SULFATO DE SODIO ó SULFATO DE MAGNESIO

Tamaño de la malla		Producción de la muestra original	Peso de las fracciones no ensayadas en el ensayo, g	Pérdida que sufre la muestra en la tina después del ensayo (porcentaje total de pérdidas)	Promedio por cada porcentaje de pérdidas corregido
En la que pasa	En la que se retiene				
Ensayo de sanidad en agregados finos					
(149 micras) N° 100					
(297 micras) N° 50	(149 micras) N° 100				
(595 micras) N° 30	(297 micras) N° 50				
(1.19 mm) N° 16	(595 micras) N° 30				
(2.38 mm) N° 8	(1.19 mm) N° 16				
(4.76 mm) N° 4	(2.38 mm) N° 8				
(9.5 mm) 3/8"	(4.76 mm) N° 4				
TOTALES					

Ensayo de sanidad en agregados gruesos					
(63.5 mm) 2 1/2"	(30.1 mm) 1 1/2"				
(30.1 mm) 1 1/2"	(19.0 mm) 3/4"				
(19.0 mm) 3/4"	(9.5 mm) 3/8"				
(9.5 mm) 3/8"	(4.76 mm) N° 4				
TOTALES					

- (6) No es indispensable determinar la velocidad de evaporación.
- (7) El sulfato de sodio puede ser cristalizado o el llamado comercial. No siendo necesario que sea cp, USP "cp" significa químicamente puro USP farmacopea de los E.U.
- (8) Gravedad específica es lo que se designa comunmente como densidad.
- (9) Generalmente no se emplea sulfato de magnesio.
- (10) 5 % del total de la muestra como se indica en la parte II del Manual de Concreto de esta Secretaría en la pág. 174 párrafo 2.23.14.4.
- (11) Después de cada período de inmersión no es indispensable comprobar que se haya logrado el peso constante.
- (12) La forma de comprobar si el agua de lavado ya no tiene sulfatos, se efectúa del modo siguiente: a un poco del agua se le ponen unas gotas de ácido clorhídrico (HCl) y unas gotas de solución de cloruro de bario (BaCl₂). Si no se presenta en turbiamiento se puede considerar concluido el lavado.
- (13) Si no se cuenta con las mallas indicadas úsenso las que se tengan disponibles y que fueron usadas para la preparación de las muestras.

11. 18
12. 6
13. 10

NOTAS EXPLICATIVAS QUE SE CONSIDERAN NECESARIAS PARA LA MEJOR INTERPRETACION DEL METODO ESTANDAR DE ENSAYE PARA SANIDAD DE AGREGADOS POR MEDIO DE SULFATO DE SODIO A. S. T. M. C-88, QUE SE EFECTUARA EN LOS LABORATORIOS DE OBRA DE ESTA SECRETARIA.

- (1) Sanidad de agregados, por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. Sanidad en lugar de pureza.
- (2) Especificación ASTM C-33 de agregados para concreto párrafo 5-1. Fija como límite máximo de pérdida en peso para la arena 10 % cuando se usa sulfato de sodio y 15 % cuando se usa sulfato de magnesio y para la grava 12 % cuando se usa sulfato de sodio y 18 % cuando se usa sulfato de magnesio. Este último indicado en la tabla No. 4 de la misma especificación. Ver pág. 40 inciso d. Vol. I Manual de Concreto S.R.H.
- (3) No será necesario emplear la malla No. 5 y sólo se emplearán los tamices para la arena.
- (4) Podrán ser empleados únicamente los mallas de 19.5 mm (3/8"), 39.0 mm (3/4"), 38.1 mm (1 1/2") y 75 mm (3") a menos que se disponga de todos los demás.
- (5) No se permite con recipientes perforados podrán emplearse botas de lúmina, con las que se llenen las muestras y se llenen de solución, de modo que el volumen de la solución sea por lo menos 5 veces el volumen de la muestra sumergida.

9

ESPECIFICACIONES DE LA SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS PARA
SALICIONES DE JUNTAS EN CEPILLAS REVESTIDAS DE CONCRETO.

Estas especificaciones cubren a todos los selladores para juntas de construcción en concreto que deben ser sometidos a periodo de inyección y secado.

I. COMPOSICION.

- I.1 El sellador debe poseer características elastoméricas y puede estar compuesto de un polímero sintético o mezcla de polímeros modificados con resinas de hidrocarburos saturados.
- I.2 El contenido de sólidos no será inferior al 75% del volumen total del sellador; el restante 25% puede ser cualquier disolvente volátil que no sea tóxico a concentración de 300 mg. o mayor, por metro cúbico de aire y a la temperatura ambiente de 25° C y presión de 760 mm. de mercurio, de acuerdo con los valores TLV (valores límite tolerables) aceptados internacionalmente y publicados igualmente por la "American Conference of Governmental Industrial Hygienists". De requerirse mayores temperaturas para la aplicación del sellador y cuando el calentamiento del mismo, no se realice en sistema cerrado, los valores TLV considerados serán los que correspondan al promedio entre la temperatura ambiente y la temperatura del sellador en el momento de su aplicación.

II. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS.

II.1 Adherencia y Cohesión.

- a. El sellador deberá pasar la prueba de adherencia y cohesión, consistente en un ciclo de extensión al 50% y recuperación, efectuados a la temperatura ambiente de $-2 \pm 2^{\circ}\text{C}$, de acuerdo con el método de prueba descrito en la sección II.1.1(a). La separación o ruptura que se produzca durante la prueba en la masa del sellador o entre el sellador y el bloque de mortero, será considerada como falla del espécimen.
- b. La adherencia y cohesión deberá mantenerse bajo la carga de una columna de 10 m. de altura, consistente en una co-

lución de 50 g. de cloruro de sodio y 50 g. de hidróxido de sodio por cada litro de agua. El sellador deberá soportar esa presión durante 96 hrs. consecutivas, a la temperatura ambiente y estando el sellador con una extensión del 20%. La separación entre el sellador y el bloque de mortero o la ruptura del sellador en su parte intermedia, será considerada como falla de adherencia en el primer caso y - falla de cohesión en el segundo, de acuerdo con el método de prueba II.1.P.(b). Esta prueba será realizada colocando el sellador sobre mortero fresco que haya sido colado entre una a dos horas antes y aún se encuentre en estado plástico. Se esperará posteriormente al endurecimiento del mortero y al curado o secado del sellador antes de probarlo.

II.2 Viscosidad.

La viscosidad máxima del sellador antes de haber secado y tal como se entregó para su aplicación, no deberá exceder de 15 000 000 c.p.n. a la temperatura de 25° C. El método de prueba se describe en la sección II.2.P.

II.3 Penetración.

La penetración máxima en el sellador una vez curado o seco no deberá exceder de 9 mm a la temperatura de 25° C. La prueba se efectúa con un cono de penetración para grana. El peso total del cono y sus aditamentos debe ser de 150 g. y las determinaciones deberán realizarse a la temperatura indicada, y en un lapso de 5 segundos, según se describe en el método de prueba II.3.P.

II.4 Escurrimiento.

No deberá fluir el sellador en el momento de ser colocado en una junta simulada a escala natural, colocada a 45° de inclinación respecto a la horizontal y a una temperatura de $45 \pm 2^\circ$ C mantenida por un período de dos horas. El sellador será colocado de acuerdo con el método e instrucciones dadas por el fabricante. Se considerará como falla, el desplazamiento del cordón de sellado hacia abajo, en una longitud que exceda de 5 mm. para un cordón de sellado de

10 cm de largo. El escurrimiento se medirá en la parte inferior del cordón de sellado.

II.5 Resistencia a la oxidación y al envejecimiento acelerado.

El sellador deberá resistir la prueba de envejecimiento -- acelerado que se describe en el método de prueba II.5.P. - El procedimiento consiste en una modificación de la prueba Hierer-Davis y se efectuará colocando el espécimen dentro de una campana hermética y soactiondolo a una presión de 20 atmósferas de oxígeno y a una temperatura constante de 65° C durante un período de 96 horas. Después de haber sido sometido el espécimen a la prueba de envejecimiento acelerado que se describe en el método II.5.P., se repetirán las pruebas de adherencia y cohesión II.1.P.(a) y (b), así como la de penetración II.3.P. La falla a la repetición de estas pruebas será considerada como falta de resistencia del sellador, al envejecimiento.

NOTAS:

En todas las pruebas se deberán efectuar dos ensayos por conducto, considerando como falla de éste, si en los dos ensayos no pasa la prueba.

Todas las pruebas serán realizadas para cada sellador, aún en caso de falla parcial en el cumplimiento de estas especificaciones.

Estas especificaciones base para la selección de selladores de juntas en canales revestidos de concreto, podrán ser modificadas por la Secretaría de Recursos Hidráulicos, en caso de requerirlo así su aplicación en la práctica.

MÉTODOS DE PRUEBA DE LA SECRETARÍA DE RECURSOS HIDRÁULICOS
PARA SELLADORES DE JUNTAS EN CANALES REVESTIDOS DE CONCRETO.

Estos métodos de prueba serán aplicados para verificar las especificaciones para selladores de tipo elastomérico que deban ser sometidos a períodos de inmersión y secado.

PREPARACION DE ESPECÍMENES

Las pruebas para cada sellador requieren el empleo de bloques con dimensiones de 1 x 5 x 7.5 cm; además bloques de mortero de forma circular, o pastillas, con dimensiones de 5 cm. de diámetro por 3 cm. de espesor, que tendrán una ranura o junta simulada a escala natural idéntica a la junta de continuación en losas de concreto de acuerdo con las especificaciones de esta Secretaría. Cada pastilla estará dividida en dos porciones iguales a lo largo de su diámetro y de la junta simulada, permitiendo que la ranura pueda ser abierta al separar las dos mitades de la pastilla. Se requieren además el empleo de un canalón de mortero, de 15 cm. de longitud y cuya sección transversal es idéntica a la junta de construcción especificada por la Secretaría para canales revestidos de concreto.

•. Preparación de bloques para los especímenes de prueba.

Los bloques serán de mortero de cemento Portland tipo 1, a razón de una parte de cemento por cada dos partes de arena en peso, de acuerdo con las normas y especificaciones de la D.G.H.-C-1 para cemento y ASTM C-33 de agregados para concreto. Se empleará la cantidad de agua que produzca una fluidez de 100 ± 5% de acuerdo con las pruebas para consistencia de morteros de cemento ajustadas en la práctica y métodos de prueba para resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico, según método D.G.H.-C.61. El curado se debe efectuar manteniendo los bloques en su molde, en el cuarto de curado durante 24 horas a la temperatura de 23 ± 1.7° C. y humedad relativa de 90%; desmoldados permanecerán seis días sumergidos en agua a temperatura de 23 ± 1.7° C. Posteriormente a su uso, los bloques se dejarán escurrir antes de adherirlos al sellador; las caras de dimensiones 1x7.5 cm.

###.....

deben quedar en contacto sobre una superficie absorbente durante 10 minutos. Terminado el escurrimiento y secado superficial, puede procederse a la preparación del espécimen.

Preparación de especímenes.

Especimen tipo 1.

Cada espécimen se forma entre dos bloques de mortero de dimensiones 1x2.5 x 7.5 cm. debidamente preparados, según se describe en la sección (a). Una vez escurridos los bloques, se colocan sobre una superficie horizontal, firme y lisa, no adherente ni reactiva, revestida de una película de "teflón" (politetrafluoretileno). Las caras de dimensiones 1x7.5 cm. deberán quedar en contacto con la superficie horizontal, mientras que las caras de dimensiones 5x7.5 cm. deberán estar frente a frente a una distancia de 1.5 cm. y paralelas.

Para tener la separación adecuada, se insertan entre las dos caras, bloques separadores de 1.25 x 1.5 x 5 cm, colocados de tal manera que el hueco en donde se debe depositar el sellador sea de 5 x 5 x 1.5 cm. Los separadores serán revestidos de "teflón". Se deberá preparar para cada espécimen un mínimo de 37.5 cm³ de sellador. Antes de proceder a probar cualquier sellador, se deberá esperar a su completo curado o deberá ser sometido a secado acelerado, según se trate de selladores que endurecen por reacción entre sus componentes, ya sea en frío o al calentarlos, o de selladores que endurecen por simple evaporación de sus disolventes volátiles. To dos los selladores deberán enrasarse una vez colocados en su molde, empleando para ello una espátula de "teflón".

Especimen tipo 2.

Cada espécimen se forma con dos bloques de sección semi-circular y que juntos forman una pastilla de mortero de 5 cm. de diámetro y 3 cm. de espesor, conteniendo a lo largo de su diámetro una ranura o junta simulada. Para mantener unidas las dos secciones semi-circulares que forman la pastilla, se emplearán cinchos elásticos que mantendrán su presión sobre los bloques. Según la prueba de que se trate, los bloques

###.....

semi-circulares podrán estar cerrados o contendrán la separación requerida empleando entre ellos topes o cuñas laterales de mortero que se colocarán dentro de la ranura y a los extremos del cordón de sellado. Estos topes, además de separadores, tienen por objeto evitar el derrame del sellador en los extremos del cordón de sellado.

Secado acelerado.

El secado acelerado de los selladores que contienen disolventes volátiles, se realiza una vez que ha sido colocado el sellador dentro del molde formado por los bloques de mortero correspondientes a cada espécimen. Los separadores laterales y la base no deberán ser quitados del espécimen tipo 1 y en el espécimen tipo 2 se colocarán topes o cuñas revestidos de "teflón" en los extremos de la ranura simulada. Serán colocados los especímenes dentro de la estufa en la cual se procederá a secarlos, manteniendo la temperatura de $85 \pm 2^\circ \text{C}$. por un plazo de 48 horas. Al concluir el secado acelerado se quitarán los separadores de ambos tipos de especímenes, cuando aún esté tibio el sellador. En los especímenes tipo 2, los separadores laterales revestidos de "teflón" deberán ser substituídos por separadores o cuñas laterales de mortero cuyo ancho sea el necesario para causar en el sellador una elongación transversal del 20%. La elongación transversal en el cordón de sellado, se deberán efectuar cuando aún esté tibio el sellador, poco después de haberlo sacado de la estufa. Una vez concluido el secado acelerado, todos los especímenes se dejarán reposar durante 24 horas a la temperatura ambiente. La superficie del sellador deberá ser compactada presionando con la mano, una vez que se haya enfriado el espécimen.

DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS.

P.- Características elastoméricas del sellador.

La característica elastomérica del sellador se identifica con las pruebas de adherencia y cohesión y con las de extensión IX.1.P (a) y (b). La identificación del polímero y moléculas se efectúa mediante espectrofotometría de infrarrojo.

IX.2.P Contenido de sólidos.

En una lámina porta-objeto debidamente tarada, se aplica una capa de 2 mm. de espesor del sellador al que previamente le haya sido determinado su peso específico. De acuerdo con el volumen depositado de sellador, se tolerará una pérdida de 0.2 g. por cada cm³. de sellador después que solo haya sido sometido a secado forzado a temperatura de $85 \pm 2^\circ \text{C}$. durante 48 horas.

La identificación del disolvente contenido en el sellador, a fin de aplicar los valores TLV, se efectuará mediante cromatografía en fase vapor, complementada con espectroscopía de infra-rojo.

XI.1.P

a. Adherencia y Cohesión.

Un espécimen tipo 1, preparado según se describe en la sección correspondiente, deberá ser sometido a una temperatura ambiente mantenida a $-2 \pm 2^\circ \text{C}$. Se colocará el espécimen en una máquina de extensión y se fijarán los extremos del bloque con las mordazas de la misma. La máquina de extensión consiste en un mecanismo capaz de lograr una abertura uniforme entre las mordazas que sostienen al espécimen a un ritmo de 3 mm. por hora logrando así una extensión de 7.5 mm. en dos horas y media, o sea, el 50% de elongación para la masa del sellador que tenga 1.5 cm. de espesor, como sucede en el caso de espécimen tipo 1. Un ejemplo de la máquina para efectuar esta prueba es la fabricada por Soil Test Inc., pero cualquier mecanismo equivalente puede ser empleado bajo la condición de que la velocidad de extensión se lleve a un ritmo uniforme y a una velocidad aproximada de 3 mm. por hora.

Al sujetar los bloques de un espécimen a la máquina de extensión, deberán quitarse los separadores y principiarse la extensión de la manera antes descrita, manteniendo la temperatura de $-2 \pm 2^\circ \text{C}$. durante todo el proceso de extensión. Al llegar al 50% de extensión, o sea 7.5 mm. para el espécimen tipo 1, se quitará este espécimen de la máquina de prueba para ser examinado y ver si hubo alguna rotura, ya sea entre el

sellador y el bloque o dentro de la masa del sellador en su parte intermedia. Cualquier rotura se considera como falla, ya sea de adherencia, si esta se produjo entre el sellador y el bloque, o de cohesión, en caso de que la rotura sea dentro de la masa del sellador.

La recompresión se efectúa enseguida de cada prueba de extensión, colocando el espécimen sobre una superficie plana, de tal manera que un bloque descansa sobre el inferior y presione al sellador contenido entre los dos bloques. Deberán ser colocados los separadores originales entre bloques y se aplicará la presión necesaria para recomprimir el sellador a su dimensión original. La recompresión se realiza a la temperatura ambiente. Los especímenes que hayan pasado esta prueba quedarán en condiciones de ser sometidos a la prueba de envejecimiento acelerado II.5.P. y a la subsecuente repetición de esta misma prueba de adherencia y cohesión.

Adherencia y cohesión bajo carga hidrostática.

La prueba se realizará con un espécimen del tipo 2. El sellador debe haberse depositado en la ranura o junta simulada a escala natural estando el mortero aún en estado plástido y cuando hayan transcurrido entre una o dos horas, después de haberse colado la pastilla. Se deberá esperar un mínimo de 24 horas para que el mortero endurezca y se procederá al secado forzado del sellador o se esperará el tiempo necesario para su completo curado, antes de someterlo a esta prueba.

El espécimen tipo 2 conteniendo al sellador, debe estar sujeto perimetralmente por su cincho elástico que mantendrá unidos a los dos bloques semi-circulares que lo forman. Se introducirán por la parte inferior de la pastilla, en los extremos de la misma, separadores con el espesor necesario, para mantener separadas las caras planas de los bloques en una distancia de 3 mm. Previamente se habrán colocado cuñas laterales en los extremos de la ranura, que actuarán también como separadores que causan una elongación transver

GRU...

sal en el rodón de sellado, del 20% o sean 3 mm. para el cordón de 1.5 cm. de ancho. El espécimen se introducirá en una cámara de presión que se compone de dos partes: la base que tiene un diámetro interior de 5.3 cm. y que tiene un top inferior para impedir el deslizamiento del espécimen y la tapa que tiene dos orificios para la entrada de la solución acuosa que causará la presión. Se debe lograr un sello hermético entre las paredes circulares de la base de la cámara de presión y la pastilla de mortero que contiene al sellador; para este fin deberá emplearse un sellador epóxico totalmente exento de disolventes que pudieran atacar al sellador. Antes de introducir el líquido que causará la presión, se deberá probar la hermeticidad entre la cámara y el espécimen, sin presión alguna, logrado lo cual se colocará la tapa superior y se atornillará; enseguida se colocarán dos mangueras en los coples de la tapa superior; cada manguera deberá tener una longitud superior a 10 m. y deben colocarse verticalmente sobre la cámara de presión; se procederá a introducir por una de las mangueras una solución que contenga 50 g de cloruro de sodio y 50 g. de hidróxido de sodio por cada litro de agua, hasta que la altura de la columna sea de 10 m. \pm 2 cm. sobre el espécimen. La aplicación de la carga será a razón de 2 m. de columna de solución salina y alcalina por hora. Se considera como falla, el vaciado del agua contenida en la cámara de presión, debido a rotura del sellador o por separación entre el mismo y la pastilla de mortero, antes de haber transcurrido 96 horas a partir del momento en que se inicia la colocación de la columna de solución salina y alcalina que causará la presión sobre el sellador. Los especímenes que pasen esta prueba quedarán en condiciones de ser sometidos a la prueba de envejecimiento acelerado II.5.P y a la subsecuente repetición de esta prueba de adherencia y cohesión bajo carga hidrostática.

II.3.P- Viscosidad.

El sellador por probar deberá ser depositado en un vaso de "teñón", con capacidad de 600 cc; se deberá llenar el vaso hasta el ras y se depositará en baño a temperatura constante de 25° C durante un período de 24 horas. Al cabo de es-

GRU...

to período y cuando el sellador tenga una temperatura constante de $25 \pm 2^\circ \text{C}$ en toda su masa, se colocará bajo un viscosímetro Brook-field tipo H.B.T. y se introducirá el vástago hasta la marca de nivel del sellador, que previamente se debe compactar. El vástago empleado será el No. 7 y deberá girar a 0.5 r.p.m. Las lecturas deberán ser tomadas en el mismo lugar, al centro de la carátula del viscosímetro y se tomará como verdadera la lectura mínima. La viscosidad máxima del sellador medida en las condiciones descritas, no deberá exceder de 15 000 000 c.p.s.

II.3.P Penetración.

Se colocará el sellador en un recipiente de mortero cuyas dimensiones interiores sean de 4 x 2 cm. por 1.5 cm. de profundidad y deberá procederse a un secado acelerado. Será colocado el recipiente conteniendo al sellador bajo un cono de penetración para pruebas de penetración en grasa y que cumpla con la especificación ASTM-D-217. El cono debe pesar $150 \pm 0.1 \text{ g}$. La superficie expuesta del sellador deberá quedar perpendicular al cono y previamente se oprimirá, cortando con una navaja la corteza superficial formada durante el secado del sellador y compactando el remanente sellador. El cono no deberá penetrar más de 9 mm. en la masa del sellador, en un lapso de 5 segundos y a la temperatura de $25 \pm 1^\circ \text{C}$. Se harán tres penetraciones en la masa del sellador, espaciadas una de otra no menos de 1 cm., así como de las orillas del recipiente, compactando la superficie del sellador después de cada penetración. El promedio obtenido de las tres penetraciones será tomado como el valor final. Esta prueba deberá repetirse en el mismo, a la prueba de envejecimiento acelerado.

II.4.P Escurrimiento:

El sellador deberá ser colocado en un canalón de mortero cuyo interior tiene la forma y dimensiones de la ranura que sirve de junta de construcción en los canales revestidos de concreto, de acuerdo con las especificaciones de la Secretaría. El canalón deberá tener una longitud no menor de 16.5 cm. y se introducirá dentro de una estufa mantenida a $45 \pm 2^\circ \text{C}$, colocado de tal manera sobre un tablero de apoyo, que forme un ángulo

lo de 45° con la horizontal. El sellador se colocará en la ranura simulada mediante una pistola de calafateo y se forjará un cordón de sellado que tenga una longitud de 10 cm. Se considera como falla a esta prueba si el sellador fluye más de 5 mm, que se medirán en la base del cordón de sellado, antes de transcurridas dos horas en que se mantendrá la temperatura y la inclinación del espécimen indicadas para esta prueba.

II.5.P Resistencia a la oxidación y al envejecimiento acelerado.

La prueba de envejecimiento acelerado se realiza con un espécimen tipo 1 que haya pasado la prueba II.1.P(b) y un recipiente en que se haya hecho la prueba II.3.P al mismo sellador. Serán sometidos los especímenes a una presión de 20 atmósferas de oxígeno y a temperatura constante de $25 \pm 2^\circ \text{C}$ por un lapso de 96 horas, dentro de una campana hermética. El equipo consista en una campana de acero inoxidable que puede cerrarse herméticamente y capaz de soportar presiones como la indicada o mayores; cuenta además con equipo de calefacción y controles para mantener uniformes tanto la temperatura como la presión.

Los especímenes se deben introducir en la campana cuando ésta ya ha sido previamente calentada a la temperatura de la prueba. Los separadores originales de los especímenes tipo 1 y tipo 2 deberán ser colocados ~~antes de~~ ~~después de~~ que sean introducidos en la campana.

Se colocará dentro de la ranura inferior del espécimen tipo 2, una banda de "teflón" de 3 mm. de espesor además de los separadores laterales. La banda tendrá un ancho de 5 mm. como mínimo y servirá para evitar que el sellador fluya a través de la ranura inferior. El espécimen tipo 2, deberá mantenerse dentro de la base de acero inoxidable en que fue colocado y que es parte de la cámara de presión dentro de la cual, se le hizo previamente la prueba II.1.P(b); solamente se deberá quitar la tapa de la cámara de presión antes de introducir este espécimen con todo y la base, dentro de la campana para la prueba de envejecimiento acelerado.

Una vez que se encuentren los espécimenes por probar, dentro de la campana previamente calentada a 85° C, no deberá cerrarse herméticamente, montando la tapa y apretándola mediante los pernos "T", los cuales deberán ser apretados en secuencia de un cuadrante al opuesto, de tal manera que la presión sobre el empuje de la tapa sea uniforme en todo momento. Colocada la tapa de acero, se cubre ésta con la tapa aislante, se procede a cargar de oxígeno la campana. La carga de oxígeno se interrumpe cuando la presión ha llegado a 20 atmósferas.

Los especimenes depositados dentro de la campana permanecerán en las condiciones antes mencionadas por un lapso de 96 hrs. Al final de dicho período, se desconecta el sistema calefactor y enseguida se descarga el oxígeno.

Las pruebas de adherencia y cohesión II.1.F (a) y (b), así como la de penetración II.3.F., deberán repetirse con los mismos espécimenes que hayan sido sometidos a esta prueba de envejecimiento acelerado. La prueba de adherencia y cohesión bajo carga hidrostática, se repetirá sin quitar las bandas de "teflón" que fueron colocadas para la prueba de envejecimiento acelerado y que sirvieron para evitar el flujo del sellador por la ranura inferior entre bloques de mortero que forman el espécimen tipo 2.

Se considera como falla a la oxidación y al envejecimiento acelerado, el no ser satisfactorias la repetición de las pruebas de adherencia y cohesión así como la de penetración.

NOTA:

Estos métodos de prueba para verificar las especificaciones de selladores para juntas en canales revestidos de concreto, podrán ser modificados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos, de requerirlo así su aplicación en la práctica.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

**CURSO: "INTRODUCTORIO DE FORMACION DE RESIDENTES
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EXPERIMENTAL".**

N E O P R E N O

NOVIEMBRE, 1981.

CAPITULO CXXI

PLACAS DE NEOPRENO

121-01 CONTENIDO

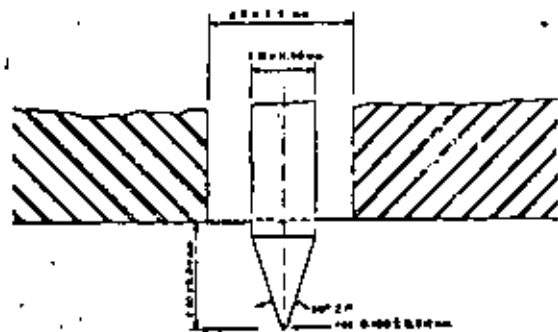
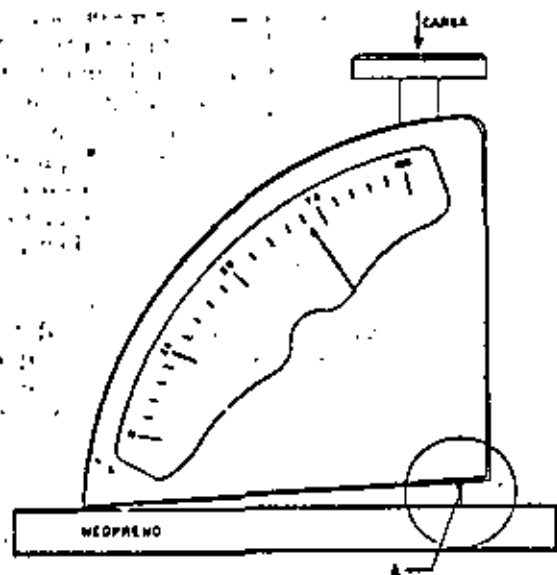
121-01.1 En este Capítulo se trata del muestreo de placas de neopreno para apoyo de estructuras, así como de su inspección visual, determinación de sus dimensiones, dureza, compresibilidad, tensión, alargamiento a la ruptura, compresión, desgarramiento y deterioro por envejecimiento. Las normas de calidad respectivas, se indican en el Capítulo CII de la Parte Octava de estas Especificaciones.

121-02 MUESTREO

121-02.1 Para efectos de muestreo, se entiende por lote de placas de neopreno para apoyo de estructuras, todas las placas de iguales dimensiones y de una misma dureza, que forman una remesa.

121-02.2 La inspección visual, la determinación de dimensiones y la prueba de compresibilidad, se deberán hacer en la totalidad de las placas que forman el lote, ya que se trata de pruebas no destructivas.

121-02.3 Para efectuar las pruebas de tensión, compresión, desgarramiento y deterioro por envejecimiento, que son destructivas, se tomarán dos (2) placas de neopreno representativas del lote del cual proceden.



DETALLE A DEL PUNZON DE PENETRACION

FIG. 1. DUREMETRO SHORE A.

121-03 INSPECCION VISUAL

121-03.1 Se hará una inspección visual para verificar que todas las placas cumplan con los requisitos del inciso 102-02.16, del Capítulo CII de estas Especificaciones, relativo a rajaduras, lajeaduras, grasa e inclusiones de material extraño.

121-04 DETERMINACION DE DIMENSIONES

121-04.1 Para determinar las dimensiones de las placas de neopreno deberá seguirse el siguiente procedimiento;

- A) Los lados de la superficie de carga deberán medirse con aproximación de un (1) milímetro.
- B) El espesor de la placa deberá medirse con aproximación de cero punto un (0.1) milímetro, con un calibrador con vernier, tomando como mínimo dos (2) lecturas en cada lado de la placa de neopreno, pero la separación entre los sitios de medición no excederá de veinte (20) centímetros.
- C) Cuando se presuma que el espesor de las placas no es uniforme, se determinará su espesor con aproximación de cero punto un (0.1) milímetro por medio de un micrómetro de carátula fijado de manera que el vástago del micrómetro quede perpendicular a la superficie de la placa de neopreno, cuando ésta se coloque sobre una superficie plana y a nivel. Los espesores de la placa se medirán desplazándola bajo el vástago del micrómetro.

121-05 DUREZA SHORE "A"

121-05.1 Este método se refiere al procedimiento para determinar la dureza del neopreno, que se define como la resistencia relativa de una superficie a la penetración de un punzón con las dimensiones especificadas en la figura 1.

121-05.2 Para la determinación de la dureza se utiliza un durómetro que, mediante la aplicación de una carga, presiona un punzón sobre la superficie del neopreno. Para medir la dureza se presiona el aparato contra la placa de neopreno, lo que provoca el desplazamiento del punzón hacia el interior de la caja, y este movimiento se transmite por un mecanismo de piñón y cremallera a una aguja, que indica en la escala de dureza Shore A, según se muestra en la figura 1. Cuanto más duro es el neopreno más se desplazará el punzón y mayor será la lectura de dureza en la escala.

121-05.3 La superficie en la que se va a determinar la dureza, deberá ser plana y lisa, ya que en caso de ser esférica, ondulada o rugosa, se obtendrán resultados inciertos. La dureza deberá determinarse a una distancia mayor de quince (15) milímetros de las orillas de la placa, apoyando el durómetro en toda su extensión.

121-05.4 Se deberá comprobar la calibración del durómetro antes de efectuar mediciones de dureza, para lo cual se harán lecturas con una placa patrón de dureza conocida.

121-05.5 Se considera como dureza Shore A de una placa de neopreno, el promedio de cinco (5) a diez (10) mediciones con el durómetro, de acuerdo con el tamaño de la placa, en puntos distribuidos uniformemente en toda la superficie.

121-06 COMPRESIBILIDAD

121-06.1 En esta prueba se determina la deformación unitaria de una placa de neopreno al someterla a un esfuerzo unitario de compresión especificado. Esta prueba se efectúa sobre cada una de las placas que forman el lote y no es destructiva.

121-06.2 Para el desarrollo de esta prueba se requieren los siguientes aparatos:

- A) Una máquina de compresión con apoyo de rótula que sea capaz de deformar la placa con una velocidad entre cero punto quince (0.15) y cero punto veinticinco (0.25) milímetros por segundo, de manera suave y sin impactos.
- B) Dos micrómetros de carátula como mínimo, con sensibilidad de cero punto cero un (0.01) milímetro, para determinar la deformación ocasionada por la carga, midiendo el desplazamiento de las patinas de la máquina en puntos cercanos al centro de cada uno de los lados opuestos menores de la placa de neopreno.
- C) Para determinar el espesor inicial de la placa, se requiere un micrómetro de carátula con aproximación de cero punto cero veinticinco (0.025) milímetros, que tenga un vástago de seis punto cuatro (6.4) milímetros de diámetro más menos cero punto tres (0.3) milímetros, que ejerza una fuerza total de ochenta y cinco (85) gramos más menos tres (3) gramos.

121-06.3 La prueba de compresibilidad se ejecutará en la siguiente forma:

- A) Las superficies de las placas de neopreno que queden en contacto con las patinas de la máquina deben limpiarse para eliminar el polvo, talco, grasa o materiales extraños.
- B) La determinación de la deformación se hará aplicando sobre la placa de neopreno una presión inicial uniforme de dos (2) kilogramos sobre centímetro cuadrado, por un periodo suficiente para permitir el ajuste de los micrómetros en la posición de lectura inicial; a continuación se incrementará la presión hasta alcanzar el valor especificado, que generalmente es de cincuenta (50) kilogramos sobre centímetro cuadrado, manteniéndola por un periodo de tres (3) segundos. Después de este periodo se determinará la

deformación, la cual no deberá incluir la ocasionada por la presión inicial.

- C) El cálculo de la deformación unitaria, en por ciento, se hará aplicando la siguiente fórmula:

$$d = \frac{D}{E_i} \times 100$$

En donde:

d es la deformación unitaria, en por ciento.

E_i es el espesor inicial de la placa, en centímetros, con aproximación al diez milímetro.

D es la deformación media de la placa en centímetros con aproximación al diez milímetro después de aplicar el esfuerzo unitario especificado.

121-06.4 El factor de forma debe determinarse en el laboratorio antes de efectuar la prueba de compresibilidad y se reportará junto con los resultados obtenidos en la prueba mencionada. El factor de forma se calcula con la fórmula siguiente:

$$F = \frac{A_0}{A_1}$$

En donde:

F es el factor de forma.

A_0 es el área de carga, en centímetros cuadrados.

A_1 es la suma de las áreas de las caras laterales, en centímetros cuadrados.

121-06.5 El reporte de la prueba de compresibilidad debe incluir lo siguiente:

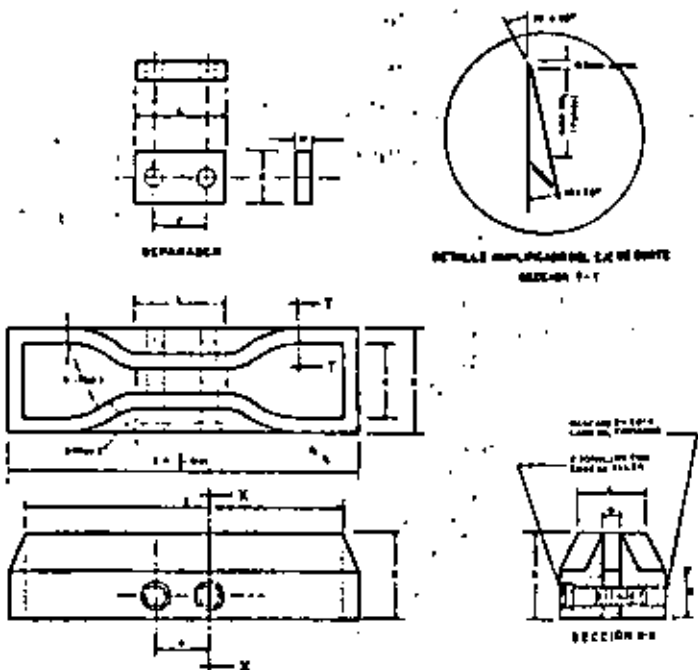
- A) Forma y dimensiones de la placa de neopreno.
- B) Factor de forma.
- C) Presión unitaria aplicada.
- D) Deformación unitaria obtenida.
- E) Temperatura ambiente al efectuar la prueba.

121-07 TENSION Y ALARGAMIENTO DEL NEOPRENO

121-07.1 Este método de prueba se refiere a las determinaciones de resistencia a la tensión, alargamiento y deformación permanente del neopreno, efectuadas a la temperatura ambiente.

121-07.2 Para el desarrollo de esta prueba se requieren los siguientes aparatos:

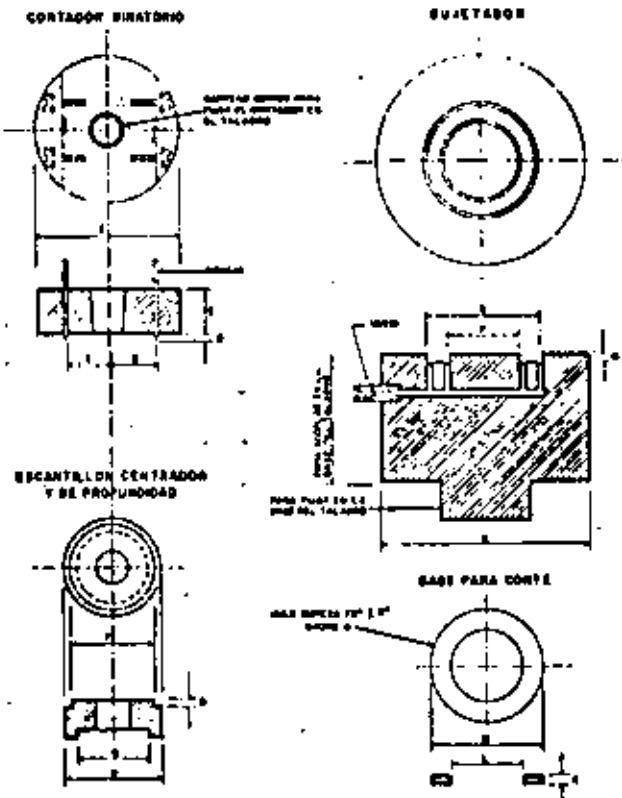
- A) Troqueles y cortadores con los perfiles necesarios para obtener las probetas, según se muestra en la figura 2. Estos troqueles deberán tener las caras interiores de la sección reducida, bien pulida y perpendiculares al plano formado por los ejes de corte; la profundidad del troquel será de cinco (5) milímetros como mínimo. Todas las herramientas de corte se mantendrán afiladas y libres de melladuras para evitar ranuras en las caras de la probeta, que sean causa de iniciación de falla. Los cortadores necesarios para fabricar las probetas estándar en forma de anillo, se muestran en la figura 3.
- B) Un marcador que tenga dos bordes planos, rectificadas y paralelos entre sí, cuyas superficies deberán tener dimensiones comprendidas entre cero punto cero cinco (0.05) y cero punto cero ocho (0.08) milímetros de ancho de borde y no menos de quince (15) milímetros de longitud; los ángulos entre la superficie de marcado y las caras del borde debe.



Tamaño	ANCHURAS	TOLERANCIA	CORTADOR I	CORTADOR II	CORTADOR III	CORTADOR IV	CORTADOR V	CORTADOR VI
0	10	± 0.1	10	10	10	10	10	10
0	15	± 0.1	15	15	15	15	15	15
1	20	± 0.1	20	20	20	20	20	20
0	25	± 0.1	25	25	25	25	25	25
0	30	± 0.1	30	30	30	30	30	30
0	35	± 0.1	35	35	35	35	35	35
0	40	± 0.1	40	40	40	40	40	40
0	45	± 0.1	45	45	45	45	45	45
0	50	± 0.1	50	50	50	50	50	50
0	55	± 0.1	55	55	55	55	55	55
0	60	± 0.1	60	60	60	60	60	60
0	65	± 0.1	65	65	65	65	65	65
0	70	± 0.1	70	70	70	70	70	70
0	75	± 0.1	75	75	75	75	75	75
0	80	± 0.1	80	80	80	80	80	80
0	85	± 0.1	85	85	85	85	85	85
0	90	± 0.1	90	90	90	90	90	90
0	95	± 0.1	95	95	95	95	95	95
0	100	± 0.1	100	100	100	100	100	100

* CUANDO SE USE EL CORTADOR EN UNA MÁQUINA DE CORTA, ES PREFERIBLE QUE LA TOLERANCIA SEA ± 0.05 mm

FIG. 2. DIMENSIONES DE TROQUELES CORTADORES ESTÁNDAR.



DIMENSIONES	MILIMETROS	DIMENSIONES	MILIMETROS
1	10 15 20 30	0	30 mm
0	35 40 50 60	0	100
0	70 80	0	150
0	90 100	0	200
0	120 150	0	250
0	180 200	0	300
0	250 300	0	400
0	350 400	0	500
0	500 600	0	700

FIG. 3. CORTADOR Y SUJETADOR PARA PROBETAS DE FORMA DE ANILLO.

rán ser de setenta y cinco (75) grados como mínimo. La distancia entre las superficies marcadas deberá tener una tolerancia de cero punto cero ocho (0.08) milímetros en más o en menos, con relación a la longitud de marcado especificada. El marcado se hará sobre una base plana de superficie dura, tal como una placa de vidrio, plástico o madera dura. La tinta no deberá causar efectos de deterioro en la probeta y será de color que contraste fácilmente con ella.

- C) Un micrómetro de carátula para medir el espesor de probetas planas, con una aproximación de cero punto cero veinticinco (0.025) milímetros, que sea capaz de ejercer una presión de cero punto veinticinco (0.25) kilogramos por centímetro cuadrado más menos cero punto cero cinco (0.05) kilogramos por centímetro cuadrado. El apoyo del micrómetro deberá tener treinta y cinco (35) milímetros de diámetro como mínimo y ser paralelo a la base del vástago de contacto. El micrómetro de carátula, empleado para medir el espesor radial de probetas en forma de anillo y que tengan sección transversal rectangular, deberá estar equipado con un vástago con superficie de apoyo curva, para que pueda asentarse sobre la superficie curva del anillo.
- D) Un escantillón múltiple en forma de cono o cono truncado, escalonado, que tenga intervalos diametrales que no excedan en más de dos por ciento (2%) la medida del diámetro interior de las probetas por medir.
- E) Una máquina de ensaye con sus accesorios adecuados, para efectuar la prueba de tensión. Si el alargamiento se mide manualmente, se requiere emplear una escala capaz de medir con una precisión del diez por ciento (10%) de la longitud original. El mecanismo de desplazamiento deberá ser capaz de alargar la probeta con una velocidad uniforme

de quinientos (500) milímetros por minuto más menos cincuenta (50) milímetros por minuto, debiéndose conservar esta velocidad en una longitud de setenta y cinco (75) centímetros como mínimo.

- F) Un juego de mordazas cilíndricas para probetas troqueladas, las cuales deberán sujetar automáticamente y ejercer una presión uniforme a lo largo de la superficie de agarre, incrementando la presión a medida que la tensión aumenta, de tal modo que se eviten deslizamientos y se favorezca que la probeta falle en su sección reducida.
- G) Un juego de mordazas para probetas en forma de anillo, las cuales consistirán de uno (1) o dos (2) rodillos no menores de nueve (9) milímetros de diámetro y diez (10) milímetros de longitud, en cada mordaza. Es necesario lubricar la superficie de estos rodillos con aceite de ricino, para lograr una buena distribución de fuerzas alrededor de la probeta. Para probar anillos de diámetros inferiores a veinticinco (25) milímetros, se requieren rodillos menores.
- H) Un juego de mordazas para probetas planas rectas, las cuales podrán ser del tipo de cuña o del tipo de presión, diseñadas de tal modo que puedan transmitir la fuerza aplicada sobre una superficie suficientemente grande de la probeta.
- 121-07.3 En la prueba de tensión y alargamiento del neopreno, para la preparación de las probetas, deberá tomarse en cuenta lo siguiente:

- A) Las probetas troqueladas se prepararán a partir de placas planas y lisas, con espesores iguales entre sí, no menores de uno punto cinco (1.5) milímetros ni mayores de tres punto cero (3.0) milímetros y con una longitud tal, que permita efectuar el corte utili-



zando algunos de los troqueles especificados. Las probetas deberán tener el perfil mostrado en la figura 2; su corte deberá hacerse con el troquel III.

- B) El corte deberá hacerse con un solo golpe del troquel, de tal modo que las superficies de corte queden lisas. Después del corte las probetas serán marcadas con el dispositivo descrito en el párrafo B) del inciso 121-07.2, de tal modo que al hacer el marcado la probeta no esté sujeta a ninguna tensión. Las marcas deberán colocarse en la sección reducida de la probeta, equidistantes de su centro y perpendiculares a su eje longitudinal, siendo las distancias entre los centros de las marcas de veinte (20) milímetros más menos cero punto cero ocho (0.08) milímetros, o veinticinco (25) milímetros más menos cero punto cero ocho (0.08) milímetros, para las probetas cortadas con los troqueles III y IV, o bien de cincuenta (50) milímetros más menos cero punto cero ocho (0.08) milímetros, para probetas cortadas con cualquiera de los otros troqueles de la tabla de la figura 2. Las dimensiones de las probetas ya cortadas se determinarán promediando tres (3) mediciones del espesor, una (1) al centro de la sección reducida y las otras dos (2) en los extremos de la misma, con lo cual se determinará el espesor promedio para el cálculo de la sección transversal, descartando aquellas probetas en las que exista una diferencia entre las medidas obtenidas que exceda de cero punto cero ocho (0.08) milímetros. El ancho de la probeta se considerará igual a la distancia entre las aristas de corte del troquel, en su sección reducida.
- C) Las probetas en forma de anillo que se obtengan de placas planas de neopreno, tendrán un ancho radial menor que el quince por ciento (15%) del diámetro interior del anillo y su dureza deberá ser menor de setenta y

cinco (75) grados en la escala de dureza Shore A. El espesor de las probetas deberá ser mayor de uno punto cinco (1.5) milímetros, y las dimensiones totales de las probetas permitirán el uso de las mordazas descritas en el párrafo G) del inciso 121-07.2. Cuando el espesor de las placas sea de cuatro (4) a seis (6) milímetros, la probeta tendrá un diámetro interior de cuarenta y cuatro punto seis (44.6) milímetros más menos cero punto cero un (0.01) milímetro, y el diámetro exterior será de cincuenta y dos punto seis (52.6) milímetros más menos cero punto un (0.1) milímetro. La tolerancia en el ancho radial será de cero punto dos (0.2) milímetros en más o en menos. Cuando el espesor de las placas sea menor de cuatro (4) milímetros, el diámetro interior del anillo será de veintinueve punto cinco (29.5) milímetros más menos cero punto un (0.1) milímetro y el diámetro exterior será de treinta y tres punto cinco (33.5) milímetros más menos cero punto un (0.1) milímetro. La sección transversal se determinará midiendo el ancho radial del anillo y su espesor; la medición se efectuará con el micrómetro descrito en el párrafo C) del inciso 121-07.2. La sección transversal quedará determinada por el promedio de tres (3) mediciones. La dimensión de los diámetros exterior e interior se determina cortando un anillo de cartón con el mismo cortador empleado para preparar la probeta. En el caso de tener que ensayar anillos de otras dimensiones, el diámetro interior se medirá insertando los anillos sin esfuerzo excesivo en el escantillón descrito en el párrafo D) del inciso 121-07.2. Las circunferencias interior y media se calcularán a partir de los diámetros obtenidos.

- D) Cuando no sea posible preparar probetas troqueladas o en forma de anillo, se elaborarán probetas planas rectas, como en el caso de

juntas o bandas de neopreno de poco espesor y poco ancho, cuidando que las probetas tengan longitud suficiente para sujetarlas con las mordazas de cuña o de presión. Las marcas de calibración se colocarán de igual manera que en las probetas troqueladas. El área de la sección transversal de las probetas, se determinará como sigue:

$$A = \frac{P}{\gamma L}$$

En donde:

A es el área de la sección transversal, en centímetros cuadrados.

P es el peso de la probeta, en gramos.

γ es el peso específico del neopreno, en gramos sobre centímetro cúbico.

L es la longitud de la probeta, en centímetros.

121-07.4 La temperatura de prueba deberá ser de veintitrés (23) grados centígrados más menos un (1) grado centígrado, a menos que se especifique otra temperatura. En cualquier caso, en el reporte deberá anotarse la temperatura a la que se efectúe la prueba. Cuando la prueba deba efectuarse a veintitrés (23) grados centígrados, la probeta deberá permanecer previamente a esa temperatura, por un mínimo de tres (3) horas.

121-07.5 La determinación del esfuerzo de tensión para un alargamiento especificado, llamado módulo de tensión y del alargamiento a la ruptura, se hará en el caso de probetas troqueladas y probetas planas rectas, colocándolas en las mordazas de la máquina, de tal modo que la sujeción sea simétrica, para que la tensión sea distribuida uniformemente sobre la sección transversal de la probeta. Si la tensión es mayor en uno de los lados de la probeta, las marcas de calibración no se desplazan paralelamente y el

material no desarrolla satisfactoriamente su resistencia máxima. Se pondrá en movimiento la máquina, observando cuidadosamente el alargamiento entre las marcas de calibración y registrando los esfuerzos a la deformación especificada y en el momento de la ruptura, si es posible, empleando el graficador de la máquina. Inmediatamente antes de la ruptura se hará la determinación del alargamiento, redondeando al diez por ciento (10%). Cuando se trate de probetas en forma de anillo, se deben lubricar previamente los rodillos del dispositivo de sujeción con aceite de ricino y colocar el anillo sobre los rodillos, con el mínimo de tensión posible. Se pone en movimiento la máquina y se registra y vigila continuamente el desplazamiento del centro de los rodillos. Cuando no sea posible graficar el ensaye directamente con la máquina, se determina previamente la distancia entre los centros de los rodillos necesaria para alcanzar el alargamiento especificado, empleando la siguiente ecuación:

$$D = \frac{(AM/100 + C - R)}{2}$$

En donde:

D es la distancia entre centros de los rodillos del dispositivo de sujeción, en centímetros.

A es el alargamiento especificado, en por ciento.

C es la circunferencia interior de la probeta, en centímetros.

M es la circunferencia media de la probeta, en centímetros.

R es la circunferencia de un rodillo del dispositivo de sujeción, en centímetros.

El registro del esfuerzo desarrollado al alcanzar el alargamiento especificado y en el momento de la ruptura deberá hacerse preferentemente con un graficador. En el momento

de la ruptura se medirá la distancia entre los centros de los rodillos, con una aproximación de dos punto cinco (2.5) milímetros. Cuando las probetas deban ensayarse a temperaturas mayores de veintitrés (23) grados centígrados, se requiere que sean acondicionadas a la temperatura de prueba, por un período de diez (10) minutos más menos dos (2) minutos.

121-07.6 Para la determinación de la deformación permanente después de la ruptura, se juntarán las dos piezas de la probeta, diez (10) minutos después de ocurrida la falla, de tal modo que se encuentren en contacto en toda el área de falla. Se medirá la distancia entre las marcas de calibración y se calculará como sigue:

$$D_p = \frac{L_f - L_i}{L_i} \times 100$$

En donde:

D_p es la deformación permanente, en por ciento.

L_f es la longitud final entre marcas, en centímetros.

L_i es la longitud inicial entre marcas, en centímetros.

121-07.7 El cálculo de los esfuerzos de tensión y el porcentaje de alargamiento, para probetas troqueladas rectas y en forma de anillo, se hará como sigue:

A) Se determina el esfuerzo de tensión en probetas troqueladas y rectas, con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{P}{A}$$

En donde:

S es el esfuerzo de tensión en kilogramos sobre centímetro cuadrado.

F es la carga registrada, en kilogramos.

A es el área de la sección transversal de la probeta sin deformar, en centímetros cuadrados.

B) El alargamiento para una carga específica, en probetas troqueladas y rectas, se calculará como sigue:

$$A = \frac{L_f - L_i}{L_i} \times 100$$

En donde:

A es el alargamiento para una carga específica, en por ciento.

L_f es la longitud registrada entre las marcas de calibración en la probeta alargada, para una carga específica, en centímetros.

L_i es la longitud inicial entre las marcas de calibración, en centímetros.

C) El esfuerzo de tensión en probetas en forma de anillo, se calculará como sigue:

$$S = \frac{P}{2A}$$

En donde:

S es el esfuerzo de tensión en probetas en forma de anillo, en kilogramos sobre centímetro cuadrado.

F es la carga registrada, en kilogramos.

A es el área de la sección transversal de la probeta sin deformar, en centímetros cuadrados.

- D) El alargamiento o deformación para extensiones anteriores a la ruptura, en probetas en forma de anillo, se calculará según lo indicado en el inciso 121-07.5.
- E) El alargamiento a la ruptura en probetas en forma de anillo, se calculará como sigue:

$$A_s = \frac{2D + G - C}{C} \times 100$$

En donde:

- A_s Es el alargamiento a la ruptura en probetas en forma de anillo en por ciento.
- D es la distancia entre los centros de los rodillos del dispositivo de sujeción, al ocurrir la ruptura, en centímetros.
- G es la circunferencia de un rodillo del dispositivo de sujeción, en centímetros.
- C es la circunferencia interior de la probeta, en centímetros.

121-07.8 Los resultados que se reporten, serán el promedio de los valores registrados en el ensaye de tres (3) probetas; en el caso de que una (1) o más de ellas no cumplan con los valores especificados, se tomarán dos (2) nuevas probetas y se reportará el promedio de los cinco (5) ensayes.

121-07.9 El reporte del ensaye efectuado deberá contener, además de los resultados obtenidos, el tipo de máquina empleada, tipo de probeta y sus dimensiones, temperatura de ensaye y fecha de prueba.

121-08 COMPRESION

121-08.1 Este método de prueba se refiere al procedimiento para determinar la deformación permanente por compresión, de las placas de neopreno, midiendo la capacidad del mismo para retener sus

propiedades elásticas, después de someterlo a la acción prolongada de esfuerzos de compresión. Esta prueba requiere mantener una deformación constante en las probetas, por un tiempo definido y a una temperatura especificada.

121-08.2 Para efectuar esta prueba se mide la deformación resultante de las probetas, treinta (30) minutos después de ser removidas del dispositivo de compresión mostrado en la figura 4, en el cual han sido sometidas a deformación por compresión, bajo las condiciones de prueba indicadas en el inciso 121-08.5.

121-08.3 Para desarrollar esta prueba se requieren los aparatos siguientes:

- A) Una herramienta bien afilada, para cortes circulares, mostrada en la figura 5.
- B) Un micrómetro de carátula, para medir el espesor de la probeta, con los aditamentos siguientes: un apoyo de nueve punto cinco (9.5) milímetros de diámetro, con una tolerancia de cero punto cinco (0.5) milímetros en más o en menos, y una pata opresora con punta hemisférica, de seis (6) milímetros de diámetro, con una tolerancia de un (1) milímetro en más o en menos. La fuerza aplicada sobre la pata será de ochenta y cinco (85) gramos, con una tolerancia de cinco (5) gramos en más o en menos.
- C) Un juego de barras separadoras, que tendrán nueve punto setenta y cinco (9.75) milímetros de espesor, con una tolerancia de cero punto cero dos (0.02) milímetros, en más o en menos, para mantener la deformación constante, cuando se comprimen las probetas. Ver figura 4.
- D) Un dispositivo de compresión, que podrá integrarse por dos (2) o más placas planas de acero con las caras paralelas, entre las cuales serán comprimidas las probetas, con espesor

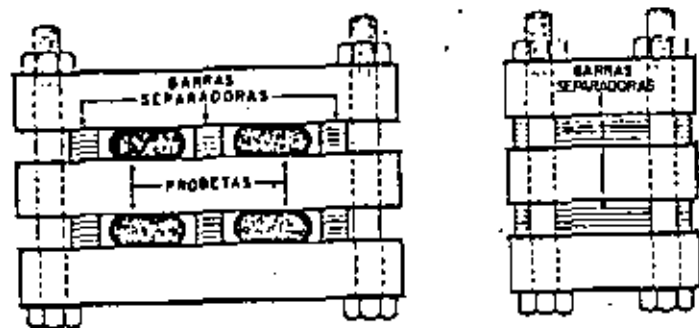


FIG. 4. DISPOSITIVO PARA DEFORMACION PERMANENTE POR COMPRESION DE PLACAS DE NEOPRENO.

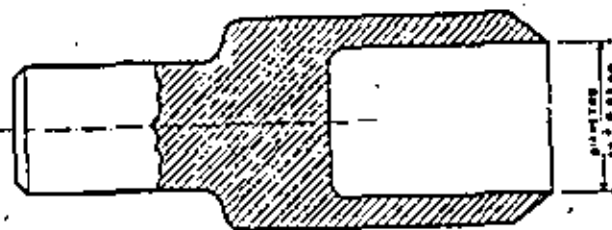


FIG. 5. HERRAMIENTA DE CORTE.

suficiente para soportar el esfuerzo sin flexionarse, según se muestra en la figura 4. Las barras separadoras, que sirven para limitar el porcentaje de deformación, deberán colocarse a cada lado de las probetas para controlar su espesor cuando se compriman. Las superficies en contacto con las probetas deberán tener un acabado de cromo pulido. Las placas deberán limpiarse cuidadosamente antes de cada prueba.

- E) Un horno o estufa que pueda proporcionar temperaturas hasta de doscientos (200) grados centígrados, con termostato para controlar el calor aplicado, con una precisión de cero punto cinco (0.5) grados centígrados en más o en menos.

121-08.4 Las probetas cortadas de la placa de neopreno serán de forma cilíndrica, con un espesor de doce punto cinco (12.5) milímetros en más o en menos. El corte se efectuará con la herramienta mostrada en la figura 5, montada en un taladro de banco y lubricando con una solución de jabón durante el corte. Cuando el espesor de la placa sea mayor que el especificado para la probeta, el cilindro obtenido se podrá cortar con una navaja afilada, hasta una dimensión aproximada, rectificándolo posteriormente, hasta que la cara cortada quede plana.

121-08.5 Para obtener la deformación permanente por compresión, se seguirán los pasos que a continuación se indican:

- A) Se mide el espesor original de las probetas, en la porción central de las caras, con una aproximación de cero punto cero dos (0.02) milímetros.
- B) Se colocan las probetas entre las placas del dispositivo de compresión, usando separadores a cada lado, dejando espacio suficiente para la expansión lateral de las probetas cuando sean comprimidas. Se aprietan los tor-

nillos de tal modo que las placas se desplacen de manera uniforme, hasta entrar en contacto con los separadores. El porcentaje de deformación empleado para todos los grados de dureza de las placas de neopreno, será de aproximadamente el veinticinco por ciento (25%).

- C) El dispositivo de prueba ya ensamblado se sujetará a un periodo de calentamiento de veintidós (22) horas, a una temperatura de cien (100) grados centígrados en ambiente seco. Al terminar este periodo se remueve la probeta y se deja enfriar en una superficie de madera durante treinta (30) minutos.
- D) Se mide el espesor final siguiendo el procedimiento indicado en el párrafo A) de este inciso.
- E) Se calcula el porcentaje de deformación permanente por compresión, con la expresión siguiente:

$$C = \frac{e_0 - e_1}{e_0 - e_2} \times 100$$

En donde:

- C es la deformación permanente por compresión expresada como un porcentaje de la deformación original.
- e_0 es el espesor original de la probeta, en milímetros.
- e_1 es el espesor final de la probeta, en milímetros.
- e_2 es el espesor de la barra separadora, en milímetros.

121-08.6 El reporte de prueba deberá incluir las dimensiones originales de la probeta, el porcentaje de deformación empleado en la prueba, el espesor de

la probeta después de treinta (30) minutos de haberla sacado del horno, y la deformación permanente por compresión.

121-09 DESGARRAMIENTO

121-09.1 Este método de prueba se refiere a la determinación de la resistencia al desgarramiento del neopreno. El resultado de esta prueba sólo debe considerarse como la medida de la resistencia exclusivamente bajo condiciones de prueba y no tiene relación con un valor de servicio, ya que tal resistencia varía grandemente por las condiciones de distribución de esfuerzos, por la rapidez de deformación y por el tamaño de la pieza. Este método se considera aplicable solamente para fines comparativos.

121-09.2 La determinación de la resistencia al desgarramiento puede hacerse utilizando cualquiera de los tres (3) tipos de probetas cuyas características se indican a continuación, así como el tipo de dado que se requiere en cada caso; se hace notar que los resultados obtenidos no son correlativos:

- A) Probeta de sección variable, ranurada con navaja y preparada según el dado "A".
- B) Probeta de sección variable, con extremos planos, ranurada con navaja y preparada según el dado "B".
- C) Probeta con ángulo de noventa (90) grados no ranurada, preparada según el dado "C".

121-09.3 Para el desarrollo de la prueba de desgarramiento se requiere lo siguiente:

- A) Una máquina de ensaye equipada con mordazas del tipo de levas ajustables o del tipo de pinza; la velocidad de desplazamiento de la mordaza o cabezal móvil de la máquina, deberá ser uniforme y de cincuenta (50) centímetros por minuto.

B) Cortadores para troquelar las probetas, las cuales tendrán las dimensiones que se indican en la figura 6; estos cortadores deberán mantenerse afilados y libres de melladuras, para evitar ranuras en las superficies cortadas de las probetas. Cuando se preparen probetas con ángulo de noventa (90) grados, es importante que el vértice del ángulo en el cortador se rectifique y afile. Al efectuar el corte se lubricará la superficie de la pieza, aplicando una solución de cero punto cinco por ciento (0.5%) de cromato de sodio en agua. La pieza de la que se corten las probetas deberá colocarse sobre una superficie plana ligeramente deformable, tal como cartón ligero o una banda de cuero, con lo cual se evitarán daños a los filos de los cortadores. Los cortes deberán quedar perpendiculares a las superficies de la probeta y con un mínimo de concavidad.

121-09.4 La forma de las probetas deberá ser igual al perfil de los cortadores A, B y C, según se indica en la figura 6. El espesor de las probetas será el mismo que el de las de tensión, indicado en el inciso 121-07.3, es decir, entre uno punto cinco (1.5) y tres punto cero (3.0) milímetros. Tal espesor se medirá con un micrómetro de carátula graduada con divisiones de cero punto veinticinco (0.025) milímetros, cuyo vástago de presión tenga un diámetro de seis punto treinta y cinco (6.35) milímetros más menos cero punto veinticinco (0.25) milímetros, aplicando una fuerza total de ochenta y cinco (85) gramos más menos cinco (5) gramos, mediante la utilización de una tara. La determinación del espesor se hará efectuando la medición en el vértice de la ranura o del ángulo de noventa (90) grados, según sea el tipo de probeta que se utilice. Cuando se trabaje con probetas de los tipos A o B, deberá hacerse con extremo cuidado y precisión un pequeño corte o ranura, a través del eje de la probeta, y al centro del eje cóncavo interior; esto se hará sujetando la probeta en un dispositivo apropiado equi-

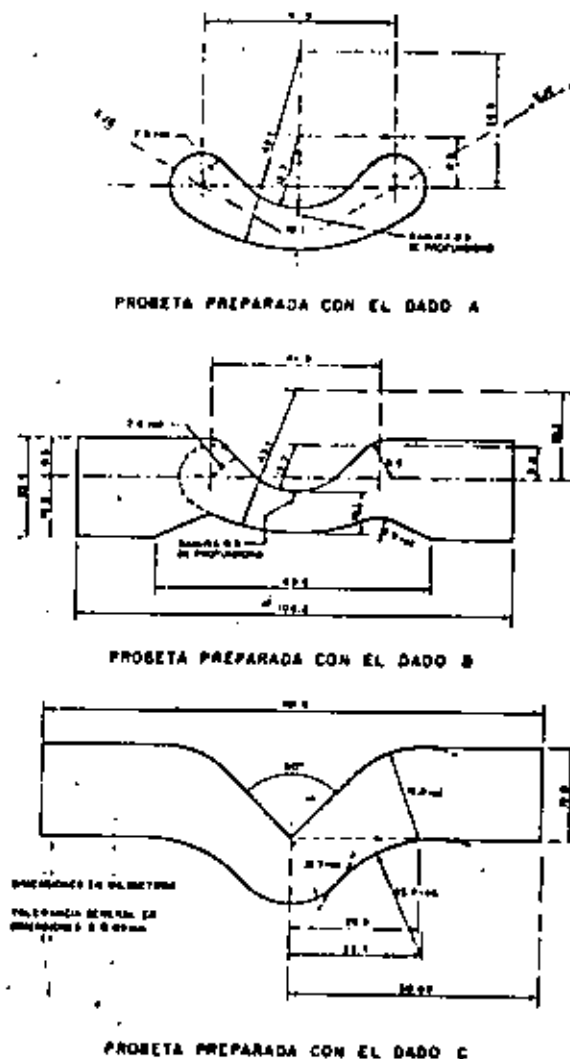


FIG. 6. PROBETAS PARA RESISTENCIA AL DESGARRAMIENTO.

pado con guías para el sujetador de la navaja, que permita controlar el centrado y la profundidad del corte, el cual deberá hacerse utilizando una navaja de rasurar montada en un sujetador que permita regular la posición de la navaja, empleando un escantillón para producir un corte de cero punto cincuenta (0.50) milímetros. Durante el corte de la ranura, la probeta se lubricará con la solución especificada en el párrafo B) del inciso 121-09.3 y la navaja se desplazará hacia adelante y hacia atrás, hasta que la profundidad de la ranura quede fijada por el escantillón. Las probetas del tipo C no deben ranurarse.

121-09.5 Cuando se ensayen probetas del tipo A, deberá tenerse cuidado de que al aplicar la carga los ejes de la probeta, mostrados en la figura 6, queden alineados en la dirección de aplicación de la carga. Cuando se ensayen probetas de los tipos B o C, el agarre de las mordazas deberá coincidir con el centro de las partes planas y quedar alineado con la dirección de aplicación de la carga. Después de la ruptura de la probeta se anotará la carga de falla y el espesor de la probeta.

121-09.6 La resistencia al desgarramiento se obtendrá con la siguiente fórmula:

$$R_d = \frac{F}{e}$$

En donde:

R_d es la resistencia al desgarramiento, en kilogramos por centímetro.

F es la carga máxima de desgarramiento, en kilogramos.

e es el espesor de la probeta, en centímetros.

121-09.7 Para determinar la resistencia al desgarramiento se requiere ensayar tres (3) probetas de cada muestra y reportar el valor medio; en el caso de que la desviación de cualquiera de los valores

obtenido: exceda en más de veinte por ciento (20%) de dicho valor medio, se ensayarán dos (2) probetas adicionales y se reportará la media de los cinco (5) valores.

121-09.8 El reporte de la prueba de desgarramiento deberá incluir el tipo de probeta, la resistencia al desgarramiento, la temperatura ambiente y el tipo de máquina empleada.

121-10 ENVEJECIMIENTO

121-10.1 Este método de prueba se refiere al procedimiento para determinar la resistencia relativa al deterioro por envejecimiento de las placas de neopreno. No existe una correlación exacta entre esta prueba acelerada y la vida útil del neopreno, ya que ésta depende de las condiciones de exposición al calor, a la luz y al aire, y de la composición misma del neopreno. Esta prueba acelerada se hace únicamente con fines comparativos y evalúa el comportamiento del neopreno entre su estado original y su estado después de un envejecimiento acelerado de características conocidas.

121-10.2 Esta prueba consiste en someter las probetas a una temperatura elevada dentro de un horno con circulación de aire y a la presión atmosférica, sin exponerlas a fuentes de luz. La prueba no deberá iniciarse antes de veinticuatro (24) horas de haberse terminado el vulcanizado de las placas.

121-10.3 En esta prueba se compara el comportamiento de las probetas antes y después de ser envejecidas, valiéndose de la prueba de tensión y alargamiento a la ruptura o de la relación esfuerzo-deformación, así como de una inspección visual y al tacto. Las pruebas de tensión deberán efectuarse como se indica en la cláusula 121-07.

121-10.4 Para efectuar la prueba se requiere un horno con dimensiones mínimas de treinta (30) por treinta (30) por treinta (30) centímetros y máximas

de noventa (90) por noventa (90) por ciento veinte (120) centímetros. Las probetas deberán colocarse suspendidas verticalmente, sin entrar en contacto una con otra o con las paredes del horno. La fuente de calor deberá estar colocada en el dispositivo de suministro de aire, en la parte exterior de la cámara de envejecimiento. Para registrar la temperatura se colocará un termómetro en la parte superior central de la cámara. La temperatura estará regulada por medio de un termostato. Para que la temperatura de la cámara sea uniforme, se requiere que el aire caliente circule libremente en el interior; para evitar sobrecalentamiento local o zonas de bajo calor, el horno deberá estar equipado con deflectores. En caso de usar un ventilador eléctrico para la circulación del aire, éste no estará en contacto con las escobillas del motor, debido al peligro de la formación de ozono. El termostato deberá localizarse de tal modo que regule de manera precisa la temperatura de la cámara y de preferencia estará junto al termómetro. Cuando se requiera verificar la uniformidad de la temperatura, se colocarán varios termómetros en diferentes zonas del horno.

121-10.5 Las probetas se cortarán con un troquel afilado como el indicado en la figura 2 de la cláusula 121-07, en tal forma que no se requiera, después del envejecimiento, efectuar tratamientos mecánicos, químicos o de calor. Si fuera necesario hacer un maquinado o rectificado, éste se hará antes del envejecimiento. La sección transversal de la probeta para el cálculo de sus propiedades físicas deberá medirse antes de efectuarse el envejecimiento. Después del envejecimiento de las probetas se harán las marcas requeridas para determinar el alargamiento. Solamente se podrán establecer comparaciones entre probetas que tengan aproximadamente las mismas dimensiones.

121-10.6 Para efectuar el estudio comparativo en la prueba de envejecimiento, se requieren tres (3) probetas en condiciones originales y tres (3) probetas envejecidas, como mínimo.

121-10.7 Sobre las placas de neopreno en estado original se efectuarán pruebas para determinar su resistencia a la tensión y alargamiento a la ruptura, siguiendo el método indicado en la cláusula 121-07. En el caso de que las probetas de neopreno en condición original cumplan las especificaciones indicadas en el inciso 102-02.15 del Capítulo CII de la Parte Octava, se procederá a envejecer las tres (3) probetas a comparar, por un periodo de setenta (70) horas, a cien (100) grados centígrados y después se harán las pruebas de tensión y alargamiento a la ruptura, para comparar los resultados con los de las probetas de material original. Los resultados obtenidos con las probetas envejecidas, deberán cumplir también con los requisitos indicados en el inciso 102-02.15 del Capítulo CII de la Parte Octava.

121-10.8 El procedimiento para determinar el deterioro por envejecimiento, será el que se indica a continuación:

- A) Se colocan las probetas dentro del horno después de que éste haya sido precalentado hasta alcanzar la temperatura de cien (100) grados centígrados.
- B) Se mantiene la temperatura a cien (100) grados centígrados durante setenta (70) horas, a partir del momento en que se introduzcan las probetas al horno.
- C) Al finalizar el periodo de envejecimiento, se retiran las probetas del horno y se dejan enfriar a la temperatura ambiente, dejándolas en reposo sobre una superficie plana, por no menos de dieciséis (16) horas ni más de noventa y seis (96) horas, antes de efectuar las pruebas de tensión y alargamiento a la ruptura.

121-10.9 El resultado de las pruebas de tensión y alargamiento después del envejecimiento, será el promedio de los resultados obtenidos de las tres (3) probetas; en el caso de que uno o más valores no

cumplan con la especificación, se repetirá el proceso de envejecimiento en dos (2) nuevas probetas del material original. El resultado final se considera como el promedio de las cinco (5) probetas ensayadas.

121-10.10 Todas las probetas ensayadas serán sometidas a un examen visual y al tacto, anotando sus condiciones de apariencia física.

121-10.11 Los resultados obtenidos de las pruebas comparativas de tensión y alargamiento a la ruptura, del neopreno en estado natural y envejecido, se expresarán como un porcentaje del cambio sufrido en su resistencia a la tensión y alargamiento a la ruptura, calculado como sigue:

$$P_e = \frac{E - N}{N} \times 100$$

En donde:

P_e es el porcentaje de cambio a la tensión o al alargamiento.

E es el valor promedio de resistencia o alargamiento obtenido de las probetas del neopreno, después de envejecer.

N es el valor promedio de resistencia o alargamiento obtenido de las probetas del neopreno en estado original.

121-10.12 El reporte incluirá los resultados del porcentaje de cambio a la tensión o al alargamiento a la ruptura, el período y temperatura de envejecimiento, y las dimensiones de las probetas.

CAPITULO CII

PLACAS DE NEOPRENO

102-01 CONTENIDO

102-01.1 En este Capitulo se tratan los requisitos que deben cumplir las placas de neopreno, que se utilicen como apoyo de estructuras, principalmente en puentes.

102-02 REQUISITOS

102-02.1 Estas placas se fabricarán con el elastómero denominado neopreno y se fundirán en moldes bajo presión y calor, para obtener las dimensiones especificadas en el proyecto.

102-02.2 Las dimensiones de los lados de la superficie de carga de las placas de neopreno, tendrán una tolerancia de tres (3) milímetros en más y de un (1) milímetro en menos, con respecto a las dimensiones de proyecto.

102-02.3 El espesor de las placas de neopreno, no será menor de uno punto veintisiete (1.27) centímetros, ni mayor de dos punto cincuenta y cuatro (2.51) centímetros.

102-02.4 La falta de uniformidad de espesor de cada placa, será como máximo de diez por ciento (10%), calculada con la expresión siguiente:

$$S = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max}} \times 100$$

En donde:

S = Falta de uniformidad, en por ciento
 E_{max} = Espesor máximo de la placa, en mm
 E_{min} = Espesor mínimo de la placa, en mm

102-02.5 El espesor promedio de las placas que formen un lote como se define en el inciso 121-02.1 de la Parte Novena, tendrá una tolerancia en más o en menos, de veinticinco por ciento (25%) con respecto al espesor de proyecto, siempre y cuando se cumpla con lo establecido en el inciso 102-02.3.

102-02.6 El espesor de cada una de las placas, tendrá una tolerancia en más o en menos, de cinco por ciento (5%), del espesor promedio de las placas que forman un lote.

102-02.7 El factor de forma de las placas de neopreno, definido como la relación entre una superficie de carga y el área lateral, deberá ser el especificado en el proyecto.

102-02.8 Las placas de neopreno, de acuerdo con lo indicado en el proyecto, podrán tener tres (3) grados de dureza Shore "A", a saber:

Cincuenta (50), sesenta (60) o setenta (70), teniendo en cualquiera de los tres (3) casos, una tolerancia en más o en menos de cinco (5) grados.

102-02.9 En la prueba de compresibilidad bajo un esfuerzo de cincuenta (50) kilogramos por centímetro cuadrado, se aceptará una deformación unitaria de quince por ciento (15%) como máximo. Esta deformación se calcula con la expresión siguiente:

$$D = \frac{E_1 - E_0}{E_1} \times 100$$

En donde:

D = Deformación unitaria, en por ciento.
 E₁ = Espesor inicial de la placa, en milímetros.

E₁ = Espesor de la placa al aplicar un esfuerzo de cincuenta (50) kilogramos por centímetro cuadrado, en milímetros.

102-02.10 No se aceptará ninguna placa cuya deformación unitaria, en la prueba de compresibilidad, sea mayor de ciento quince por ciento (115%) o menor de ochenta y cinco por ciento (85%), de la deformación promedio obtenida en el lote de placas.

102-02.11 En la prueba de tensión, se aceptará tentativamente una resistencia mínima de ciento sesenta (160) kilogramos por centímetro cuadrado.

102-02.12 El alargamiento a la ruptura, en la prueba de tensión, será tentativamente de trececientos cincuenta por ciento (350%), como mínimo.

102-02.13 En la prueba de compresión, con el método de deflexión constante, se aceptará tentativamente un por ciento de deformación de veinticinco por ciento (25%), expresado como un porcentaje de la deflexión original, y calculada con la expresión siguiente:

$$C = \frac{e_0 - e_t}{e_0 - e_b} \times 100$$

En donde:

C = Deformación en compresión expresada como por ciento de la deflexión original.
 e₀ = Espesor original de la probeta, en milímetros.
 e_t = Espesor final de la probeta, en milímetros.
 e_b = Espesor de la barra espaciadora usada, en milímetros.

102-02.14 En la prueba de desgarramiento, se aceptará tentativamente una resistencia mínima de treinta y dos (32) kilogramos por centímetro.

102-02.15 Después de un envejecimiento acelerado durante setenta (70) horas, a cien grados centígrados (100°C), las placas de neopreno no deben mostrar tentativamente cambios por deterioro en mayores cantidades que las siguientes:

Resistencia a la tensión: ±15%.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

**CURSO: "INTRODUCTORIO DE FORMACION DE RESIDENTES
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EXPERIMENTAL".**

C A L I B R A C I O N

NOVIEMBRE, 1981;

MÉTODOS ESTÁNDAR PARA LA VERIFICACIÓN DE MÁQUINAS DE ENSAYE

Estas normas se han publicado bajo la designación fija E4; el número que sigue inmediatamente a la designación indica el año de la adopción original o, en el caso de revisión, el año de la última revisión. El número entre paréntesis indica el año de la última reprobación.

1.- Alcance

1.- Estos métodos abarcan cuatro procedimientos para la verificación, por medio de dispositivos calibrados estándar, de ciertas (Nota No. 1) máquinas — de prueba que han sido diseñadas para medir cargas. Estos métodos no intentan ser especificaciones completas de compra para las máquinas de ensayo. Las especificaciones de compra por lo general indican los errores permisibles máximos desde el cero hasta la capacidad total de carga para cada rango de escala de la máquina.

1.1.1 Verificación de la carga indicado por medio de los pesos estándar o normales.

1.1.2 Verificación de la carga indicada por medio de poleas de prueba estandarizadas.

1.1.3 Verificación de la carga indicado por medio de balanzas con iguales brazos de palanca y pesos estándar, y

1.1.4 Verificación de la carga indicado por medio de dispositivos elásticos de calibración.

Nota No. 1 Estos métodos no abarcan la verificación de todos los tipos de máquinas de ensayo diseñadas para medir cargas; por ejemplo, el tipo de cargada a velocidad constante, que trabaja según el principio del plano inclinado. Este tipo de máquina puede verificarse como se indica en el Apéndice A1 de la especificación D76 de la ASTM, para máquinas de ensayo para materiales textiles.

Nota No. 2 Mientras que los procedimientos incluidos 1.1.1. al 1.1.4 inclusive se han diseñado primordialmente para la verificación de escalas calibradas permanentemente, también son igualmente satisfactorias para la estandarización de cartas registradoras sin numerar usadas con muchas máquinas cargadoras de ensayo.

Nota No. 3 Estos métodos no abarcan la verificación de la elongación indicada registrada por muchas máquinas medidoras de cargas. La medida de la elongación por medio de extensómetros está descrita en el ASTM, método E83, verificación y clasificación de extensómetros. Los procedimientos para la verificación de la elongación indicado por medio de la separación de abrazaderas se encuentran en la especificación D76.

Nota No. 4 Los valores indicados en las unidades comunes de los EE. UU. tienen que considerarse como lo estándar.

2.- Definiciones

2.1 Máquina de prueba (del tipo para medir pesos). Un dispositivo mecánico para aplicar una carga (o fuerza) a un espécimen.

Nota No. 5 Generalmente la magnitud de la carga puede cambiarse a voluntad del operador. Muchas máquinas de pruebas se disponen o arreglan para medir la carga, pero este no siempre es el caso, especialmente con máquina de impacto y máquinas para probar la ductibilidad.

2.2 Máquina para probar la tensión, CRT (constant-rate-of-traverse) (desplazamiento a velocidad constante). Un dispositivo mecánico para aplicar una carga (o fuerza) a un espécimen y en el cual la carga (fuerza) se mide por medio de un péndulo.

2.3 Carga. En el caso de máquinas de ensayo, una fuerza medida en unidades de libra-fuerza o kilogramo-fuerza. La libra-fuerza es esa fuerza que actuando en una masa de una libra le da a ella una aceleración de 980.665 cm/sec². El kilogramo-fuerza es esa que actuando sobre una masa de un kilogramo le dará a ella una aceleración de 980.665 cm/sec² (este estándar de aceleración aceptada internacionalmente se convierte a 32.174 pie/sec²).

2.4 Precisión. Una máquina de ensayo se dice que está preciso si la carga indicado se encuentra dentro de la variación permisible para la carga actual.

Nota No. 6 En estos métodos la palabra "precisión" aplicado a una máquina de ensayo se utilizó sin ningún valor numérico, por ejemplo, "una máquina de ensayo preciso se utilizó para la investigación".

La precisión de una máquina de ensayo no debe confundirse con la sensibilidad. Por ejemplo, una máquina de prueba podría ser muy sensible, pero podría indicar rápidamente y definitivamente pequeños cambios en la carga, pero, sin embargo, ser muy impreciso. Por otra parte la precisión de los resultados están por la general limitados por la sensibilidad.

2.5 Error. En el caso de una máquina de ensayo el valor obtenido al restar el valor indicada por el dispositivo calibrador del valor indicado por la máquina de prueba es el error.

Nota No. 7 La palabra "error" debe emplearse con valores numéricos, por ejemplo, "a la carga de 30,000 lbs-pie (13,600 kg-pie) el error de la máquina de prueba es de ± 1.5 lbs-pie (6.8 kg-pie)".

2.6 Porcentaje de error. En el caso de una máquina de ensayo, es la relación, expresada como porcentaje, del error al valor correcto de la cantidad medida.

2.7 Corrección. En el caso de una máquina de ensayo el valor obtenido al restar el valor indicado del valor correcto de la cantidad medida.

Nota No. 8 La corrección tiene la misma ^{significación} que el error, pero con signo contrario. Se recomienda que a excepción de casos especiales, no se empleen correcciones en las máquinas de ensayo y que se les ha encontrado que tienen errores dentro de las variaciones permisibles dados en estos métodos.

2.8 Variación permisible (o tolerancia). En el caso de máquinas de ensayo, el error máximo permisible en el valor de la cantidad indicada es la variación permisible.

Nota No. 9 Es conveniente expresar la variación permisible en términos de porcentaje del error. El valor numérico de la variación permisible para una máquina de ensayo se indicará así de aquí en adelante en estos métodos.

2.9 Alcance de la capacidad. En el caso de máquinas de ensayo, el rango o alcance de las cargas indicadas para las cuales la máquina ha sido diseñado. Algunas máquinas de ensayo tienen más de un rango o alcance de capacidad.

2.10 Alcance o rango del cargado. En el caso de máquinas de ensayo, el alcance de las cargas indicadas para las cuales la máquina probadora da resultados dentro de las variaciones permisibles especificadas en el rango de las cargas.

3.- Dispositivos de Calibración

3.1 Verifíquense los máquinas de ensayo utilizando dispositivos de calibración que cumplan con los requisitos de los métodos ASTM E74; verificación de aparatos calibradores para la verificación de máquinas de ensayo.

4.- Ventajas y Limitaciones de los Métodos

4.1 Verificación por medio de pesos estándar. La verificación mediante la aplicación directa de pesos estándar al mecanismo pesador de la máquina de ensayo, dando y cuando sea práctica, es el método más preciso. Sus limitaciones son: (1) el pequeño alcance o rango de la carga que pueda cubrirse, (2) la falta de portabilidad de cualquier cantidad grande de pesos estándar y (3) el no poder aplicarse a máquinas de ensayo horizontales o a máquinas de prueba verticales cuyos mecanismos pesadores no fueron diseñados para ser accionados por medio de una fuerza descendente.

4.2 Verificación mediante palancas probadoras. Este segundo método de verificación involucra el empleo de un par de palancas probadoras estandarizadas. Las limitaciones de este segundo método son las mismas que para la verificación de pesos estándar. El alcance de la carga practicable o ajustable con las palancas probadoras es mucho mayor que el alcance practicable con los pesos estándar, pero el alcance de la carga para las palancas probadoras no es lo suficientemente grande para cubrir la capacidad de carga de muchas máquinas de ensayo grandes.

4.3 Verificación por medio de balanza con igual brazo de palanca y pesos estándar. El tercer método de verificación de máquinas probadoras involucra el medir la carga por medio de una balanza de brazos de palanca iguales y pesos estándar. Este método está limitado aún a un alcance de cargas más pequeños que los dos métodos anteriores, y por lo general se aplica solamente a ciertos tipos de máquinas probadoras de dureza en las cuales la carga es aplicable a través de un sistema de palancas interna.

4.4 Verificación por medio de aparatos o dispositivos de calibración elásticos. Este cuarto método de verificación de máquinas probadoras involucra la medición de la tensión elástica o de flexión bajo la carga de un anillo, arco, barra de tensión o compresión, o algún otro dispositivo elástico. El dispositivo de calibración elástico se encuentra libre de las limitaciones a que se refieren en el 4.1 y 4.2.

5.- Correcciones por Gravedad

5.1 En la verificación de las máquinas probadoras bajo los procedimientos A, B y C donde las cargas son aplicadas por medio de pesos estándar ya sea directamente o a través de sistemas de palanca o de balanza de brazos, corríjase la

carga para el valor local de la gravedad y por la flotación producida por el aire. -
 Calcúlese la carga aplicada por un peso estándar de la ecuación siguiente:

$$P = M (g/980.665) - 0.00014$$

DONDE:

P - carga, libra-pie o kg-pie

M - masa aparente de pesos tal como se comparan a estándares

de bronce en aire o normal, libras o kilos, y

g - el valor de la gravedad local, cm/seg^2

Nota No. 10 La masa aparente tal como se compara a las normas de bronce al aire normal es la base usual en la cual los pesos estándar se certifican en los Estados Unidos.

Nota No. 11 Los valores locales de la gravedad para varias ciudades se encuentran disponibles en publicaciones del U.S Coast and Geodetic Survey y en diversos manuales. El valor local de la gravedad conocido como bueno y corregido hasta un 0.1 cm/seg^2 o más debería usarse.

6.- Método de ir aplicando la carga

6.1 En la verificación de una máquina probadora obtiérense las cargas aumentando la carga desde la carga inferior.

Nota No. 12 Para cualquier máquina de ensaye los errores observados a las cargas correspondientes tomados en primer lugar al aumentar la carga a cualquier carga de prueba dada y en seguida disminuyendo la carga hasta esa carga de prueba, puede que no concuerden. Este desocuerdo es especialmente propenso en los tipos de máquinas en las cuales el dispositivo indicador de la carga es accionado por un tubo de presión Bourdon, por un indicador hidráulico o por un indicador de máquina de vapor, o por cualquier otro dispositivo indicador de carga dependiendo de las propiedades elásticas de un material. Esto también está propenso a ocurrir en una máquina de ensaye en la cual la carga es medida al medio de la presión en un gato hidráulica.

Los máquinas de prueba generalmente se emplean bajo cargas que van en aumento, pero si una máquina de prueba se va a usar bajo cargas decrecientes, debe calibrarse bajo cargas decrecientes así como bajo cargas crecientes.

7.- Selección de Cargas para Pruebas

7.1 Para cualquier variación o rango de carga verifíquese la máquina de prueba cuando menos mediante cinco cargas de prueba a (excepción de las máquinas de prueba diseñadas para medir solamente un número menor de cargas definitivas tales como ciertas máquinas para probar dureza). La diferencia entre cualquier par de cargas de pruebas sucesivos no debe exceder de una tercera parte de la diferencia entre las cargas de prueba máximas y mínimas si se desea establecer el límite inferior del alcance de cargado más abajo que el 10 por ciento de la capacidad de alcance o rango de carga, verifíquese el límite inferior aplicando cinco cargas de prueba aproximadamente iguales, ninguna de las cuales deberá diferir de la más baja por más de 5 por ciento.

8.- El Cargado Excéntrico

8.1 Con el propósito de determinar el rango o alcance de cargado de la máquina de prueba, aplíquense todas las cargas calibradoras de manera que la carga resultante se encuentre lo más cerca posible a la larga del eje de la máquina de ensaye.

Nota No. 13 El efecto de una carga excéntrica en la precisión de una máquina de prueba puede determinarse mediante lecturas de calibración tomadas con las palancas de prueba o con un dispositivo de calibración elástico colocado de tal manera que la carga resultante sea aplicada a distancias definidas del eje de la máquina, y el alcance o rango de cargado sea determinado para una serie de excentricidades. En el caso de máquinas de prueba en las cuales la lectura de la carga depende de la presión hidráulica en el cilindro dispuesto con un pistón, el efecto de la excentricidad de la cargada es la más seria cuando el pistón se encuentra en la posición más extrema hacia afuera.

A. VERIFICACION MEDIANTE PESAS ESTANDAR

9.- Máquinas de Prueba del Tipo C.R.T. (desplazamiento a velocidad constante)

9.1 En la verificación de las máquinas probadoras del tipo péndulo con capacidad de 2 000 lb-fuerza 1 000 kg-fuerza o menos, deben seguirse procedimientos especiales con objeto de tomar en cuenta los efectos de fricción, inercia, etc. Estas máquinas generalmente son del tipo vertical y por la general pueden verificarse por medio de pesos estándar. Para las máquinas probadoras de tensión del tipo péndulo en las cuales los fuerzas de carga actúan en una dirección horizontal o cuando la verificación con pesos estándar no es práctica, pueden emplearse otros métodos de verificación. En tales casos se pueden usar dispositivos similares a las palancas probadoras estandarizadas o los dispositivos calibradores elásticos, siempre y cuando se tomen las precauciones que se han indicado aquí.

9.2 Cualquiera de o los dos procedimientos alternos (véase 9.5 y 9.6) pueden usarse, dependiendo de los requerimientos de las especificaciones de los materiales que se van a probar, de las recomendaciones del fabricante de la máquina probadora, o alguna otra consideración.

9.3 Para cualquier rango o alcance del cargado, verifíquese la máquina probadora de tensión cuando menos con cinco cargas de prueba. Cada carga de prueba sucesiva diferirá de la prueba de carga anterior por una cantidad que no sea más de la tercera parte de la diferencia entre las cargas de prueba máximas y mínimas.

9.3.1 En ningún caso se asentará que el rango del cargado incluya cargas abajo del 15 por ciento de su capacidad.

9.4 A excepción hecha de la forma como se ha expuesto en la sección 9, serán aplicables otros requerimientos de los métodos E4.

9.5 Procedimiento 1 (povils inoperativo) (trinquetes inoperantes)

9.5.1 Verifíquese la máquina en la misma condición bajo la cual va a usarse, con todos los aditamentos y mecanismos registradores en operación como se van a usar cuando se estén efectuando las pruebas a excepción de que algunos trinquetes o de otros impedimentos en el mecanismo, pesador se hayan vuelto inoperantes. En la verificación, aplíquese la carga de prueba y disminuya el efecto de la fricción oscilando suavemente el péndulo para asegurar que la fuerza de la carga de prueba aplicada está en equilibrio con la fuerza ejercida por el péndulo.

9.5.2 Revívese la máquina para detectar cualquier fricción o flojedad en los mecanismos de pesado, registradores o indicadores, y determínese el efecto real en términos de las unidades en las cuales está calibrada la máquina.

9.5.3 Sígase el procedimiento que sigue (2) para determinar los efectos descritos en la sección 9.5.2.

9.6 Procedimiento 2 (trinquetes operando)

9.6.1 Verifíquese la máquina en la misma condición bajo la cual va a emplearse con todos los aditamentos y mecanismos registradores en operación como van a usarse al efectuar los ensayos. En la verificación aplíquese la carga de prueba con los trinquetes (povils) u otros detentes en la posición normal de operación. Después que el péndulo ha llegado a su posición de descanso, desengancha los trinquetes o "detentes" si acaso hay algunos, y descomprima el péndulo ligeramente como si la carga hubiera disminuido (aproximadamente el 5 por ciento del rango de su capacidad). En seguida con los trinquetes o "detentes" enganchados, suelte el péndulo suavemente a una velocidad aproximadamente igual a la velocidad del movimiento del péndulo durante una prueba real. El punto en el cual el sistema viene a descansar bajo estas condiciones se tomará como la carga indicada en la máquina.

10.- Procedimientos

10.1 Colóquense pesas metálicas estándar con un diseño, acabada y ajustes adecuados sobre la plataforma pesadora de la máquina de ensayo o sobre platinillas u otros soportes suspendidos del mecanismo pesador en lugar de la muestra. Utilice pesas que han sido certificadas dentro de los últimos cinco años para que se encuentren correctas dentro de un límite de error de 0.1 por ciento. Aplíquense las pesas en incrementos y remuévanse en el mismo orden invertido. Colóquense las pesas simétricamente con relación a la plataforma pesadora, de manera que el centro de gravedad del peso quede en la línea vertical que pasa por el centro de la plataforma. Registre la carga aplicada y la carga indicada para cada carga de prueba que se aplique, así como el error y el porcentaje de error calculado con estos datos.

Nota No. 14 El método de verificación mediante la aplicación directa de pesos estándar puede emplearse solamente en máquinas de prueba verticales en las cuales la presión sobre la mesa o plataforma pesadora, soporte hidráulico, o algún otro aparato pesador es hacia abajo. La carga total está limitada por el tamaño de la plataforma y el número de pesas disponibles. Pesos de 50 libras (22.7 kg) son por lo general apropiados para usarse. Este método de verificación está confinado a pequeñas máquinas de ensayo y raramente se usa arriba de mil o dos mil libras.

Nota No. 15 En relación con el límite de error de 0.1 por ciento que querido puede notarse que, además del "National Bureau of Standards", muchos de los estados, algunos condados y algunas universidades en los Estados Unidos tienen departamentos u oficinas de pesas y medidas equipados con personal para certificar pesas hasta 50 libras (22.7 kg) dentro de las tolerancias de la clase "C" de "Bureau of Standards". Estas son tolerancias más ajustadas que el requerimiento de un límite de error del 0.1 por ciento.

B. VERIFICACION MEDIANTE PALANCAS DE PRUEBA ESTANDARIZADAS

11.- Palancas

11.1 La disposición común de las palancas de prueba para la verificación de máquinas de ensayo se muestra en la Fig. 1. Las dos palancas descansan sobre soportes en la plataforma pesadora de la máquina. Estos soportes deben moverse fácilmente en una dirección horizontal, lo que asegura que las fuerzas en cada uno de los filos de apoyo u otros soportes sean casi verticales; los filos interiores en cada palanca se apoyarán contra un bloque adecuado en el travesaño superior de la máquina de ensayo. Suspendáse los platillos de las pesas o colgadores de cada uno de los

filos exteriores, y córgense estas platillas o colgadores con los pesos estándar. Utilícense pesos que hayan sido certificados dentro de los últimos 5 años para que llenen el requisito de una tolerancia de 0.02 por ciento de precisión. El incremento de carga puede en la máquina de ensayo con los pesos estándar en la carga ejercida por los pesos estándar multiplicados por la relación de la palanca m/n , Fig. 1.

Nota No. 16 En las máquinas de ensayo que tengan un soporte hidráulico o algún otro mecanismo pesador en el travesaño superior con la carga durante una prueba ejerciendo la presión hacia arriba contra el travesaño superior en vez de ejercer la presión hacia abajo, contra la plataforma, la relación de la palanca será $-(m-n)/h$.

12.- Procedimientos

12.1 Colóquense las palancas probadoras en la máquina de ensayo que va a verificarse de manera que la línea de la carga resultante coincida con la línea vertical que pasa por el centro de la plataforma pesadora. Póngase las dos palancas en posición lo más horizontal que sea posible, después de aplicar cada incremento de carga, por medio de la cabeza móvil de la máquina de ensayo. Balancee la máquina de ensayo con los brazos de palanca en su lugar y las platillas de los pesos vacías. Póngase (o quítense) los pesos estándar en incrementos, media incremento en (o de) cada platillo. Colóquense las pesas simétricamente sobre los platillos de las pesas con el centro de gravedad de las pesas lo más cerca que se pueda sobre el centro del platillo. Regístrese la carga aplicada y la carga indicada para cada carga de prueba aplicada, así como el error y el por ciento de error que se calcula con estos datos.

Nota No. 17 El uso de las palancas probadoras estandarizadas en máquinas de ensayo horizontales involucra el empleo de palancas "bell-crank". Tales palancas requieren métodos especiales para determinar la relación de la palanca, los que todavía no han sido codificados, en las normas de las ASTM. Palancas de prueba para máquinas de ensayo verticales ya se encuentran disponibles con una capacidad hasta de 50,000 libras (22,700 kg).

C. VERIFICACION POR MEDIO DE BALANZA CON BRAZOS DE PALANCA IGUALES Y PESAS ESTANDAR

13.- Procedimiento

13.1 Póngase en posición la balanza de manera que el "indenter" (indenter) de la máquina de ensayo que se va a calibrar descanse contra un bloque con

todo en un platillo de la balanza con brazos iguales, estando la balanza en posición de equilibrio cuando el "indenter" se encuentra en esa porción de su carrera ocupada normalmente cuando se está haciendo una impresión. Coloque pesos estándar que cumplan con los requerimientos de la sección 10 en el platillo opuesto para balancear la carga o fuerza ejercida por el "indenter".

Nota No. 18 Este método puede emplearse para la verificación de máquinas de ensayo no solamente para las máquinas que prueban la dureza, sino para otras también con solo posicionar el miembro aplicador de cargas de la máquina de ensayo de la misma manera que se posiciona o coloca el "indenter" de una máquina para probar durezas.

13.2 Como la carrera permisible del "indenter" de una máquina para probar durezas es por lo general muy pequeña, no permita que la balanza oscile o se meza. En lugar de eso manténgase la balanza en su posición de equilibrio mediante el empleo de un indicador tal como un contacto eléctrico el que se dispondrá de tal manera que indicará cuando la reacción del peso o carga del "indenter" es lo suficiente para levantar el platillo conteniendo los pesos estándar.

13.3 Usando combinaciones de pesos fraccionales, determínense tanto el valor máximo de la carga de peso muerto que pueda levantarse con la carga del "indenter" de la máquina de ensayo durante cada una de las 10 pruebas sucesivas, así como el valor mínimo de la carga que no pueda levantarse durante cualquiera de las diez pruebas sucesivas. Tómese el valor correcto de la carga medidora (identifying) como el promedio de estos dos valores. La diferencia entre los dos valores no deberá ser mayor de 0.5 por ciento del valor medio.

D. VERIFICACION POR MEDIO DE UN APARATO DE CALIBRACION ELASTICO

14.- Definición de un Aparato de Calibración Elástico

14.1 Un aparato de calibración elástico para emplearse al verificar las lecturas de la carga de una máquina de ensayo consiste en una pieza o piezas elásticas a las cuales pueden aplicarse cargas, combinadas con un mecanismo o dispositivo para indicar la magnitud (o una cantidad proporcional a la magnitud) de la deformación bajo la carga.

15.- Iguación de Temperatura

15.1 Cuando se esté empleando un aparato de calibración elástica para verificar las lecturas de una máquina de ensayo, coloque el aparato cerca de, o preferentemente dentro de la máquina de ensayo por un rato lo suficientemente grande antes de la prueba de manera que el aparato o dispositivo y la máquina de ensayo se encuentren casi a la misma temperatura.

16.- Procedimiento

16.1 Coloque el dispositivo o aparato elástico en la máquina de ensayo de manera que su línea central coincida con la línea central de las cabezas de la máquina de ensayo. Balancee la máquina sin ninguna carga sobre el dispositivo elástico y tome una lectura cero del dispositivo o aparato. En seguida aplique cargas de prueba con incrementos adecuados. Registre la carga indicada de la máquina de ensayo y la carga aplicada calculada con las lecturas del aparato elástico y el error, y el porcentaje de error calculado con estos datos.

CALCULO E INFORME

17.- Base de la Verificación

17.1 El porcentaje de error para cargas dentro del rango o alcance del cargado de la máquina de ensayo no debe exceder del ± 1.0 .

Nota No. 19 Esto quiere decir que el Informe de la verificación de una máquina de ensayo indicará dentro de que rango de cargado pueda usarse, en lugar de reportar una aceptación o rechazo general de la máquina.

17.2 Al establecer el límite inferior de un rango o alcance de cargado abajo del 10 por ciento de la capacidad del rango donde se requieran cinco aplicaciones de carga, la diferencia algebraica entre el porcentaje de error más alto y el más bajo no debe exceder 1.0.

Nota No. 20 Esto quiere decir que para establecer el límite inferior del rango de cargado o menos del 10 por ciento de la capacidad de ese rango, los errores para la serie de cinco lecturas no solo no excederán el uno por ciento sino que también ningún por ciento de errores diferirán más del 1.0 por ciento. Si el error mínimo en esta serie es de -1.0 el error máximo no excederá el 0.0 por ciento; si el error mínimo es de -0.5 por ciento el error máximo no podrá exceder del $+ 0.5$ por ciento; si

el error mínimo es el 0.0 por ciento, el error máximo no podrá exceder el $+1.0$ por ciento, etc.

17.3 En ningún caso se podrá decir que el rango de cargado incluye cargas abajo del valor que es 100 veces el cambio más pequeño de carga, lo que puede estimarse en el aparato indicador de carga de la máquina de ensayo.

Nota No. 21 Esto quiere decir que en una máquina de ensayo que tiene graduaciones de tal manera espaciadas que las apreciaciones se pueden hacer hasta $1/10$ de la división o módulo, el rango o alcance del cargado no podría extenderse hacia abajo a una carga menor que esa correspondiente a 10 divisiones. Si las graduaciones en la escala indicadora de cargas se pueden estimar solamente a dos divisiones el rango del cargado no podría extenderse hacia abajo, abajo de la carga correspondiente a 200 divisiones. En la mayoría de las máquinas la carga más pequeña que pueda medirse se encuentra en alguna parte entre los dos ejemplos citados.

17.4 En ningún caso se podrá decir que el rango de cargado incluye cargas afuera del rango de cargas aplicadas durante la prueba de verificación.

18.- Correcciones

18.1 La carga indicada de una máquina de ensayo no debe corregirse ya sea mediante el cálculo o mediante el empleo de un diagrama de calibración para obtener valores dentro de la variación permisible requerida.

19.- Intervalo de tiempo entre verificaciones

19.1 Se recomienda que las máquinas de ensayo cuando se encuentran en uso constante, se verifiquen a intervalos de 12 meses y, cuando se usan en forma intermitente, a intervalos de 2 ó 3 años. Sin embargo, verifíquense las máquinas de ensayo inmediatamente después de efectuar reparaciones o ajustes del mecanismo pesador, después de que la máquina haya sido movida (esto no se aplica a las máquinas de ensayo portátiles), y a cualquier tiempo, cuando haya razón para dudar de la precisión de los resultados, sin tomar en cuenta el intervalo de tiempo que haya transcurrido desde la última verificación.

20.- Informe

20.1 Prepárese un informe claro y completo de cada verificación de una máquina de ensayo. Indíquese el método de verificación que se usó y anote los números de serie y los nombres de los fabricantes de todos los aparatos que se emplearon para llevar a cabo la verificación. Explíquese cómo, por quién y cuándo se hizo la calibración del aparato empleado en la verificación de la máquina de ensayo, indique el rango de cargado del aparato de calibración y el rango de cargado de la máquina de pruebas.

21.- Certificación

21.1 Se tendrá que firmar por la persona encargada y responsable de la verificación un certificado en el que se indique el número de serie del fabricante y una breve descripción de la máquina de ensayo, el nombre del fabricante, fecha de la verificación y el rango del cargado.

INSTRUCTIVO**PRENSA METRONIC MODELO 200**

	PAGINA
A.- PRESENTACION	1
B.- ARMADO Y RECOMENDACIONES PARA TRANSPORTACION	2
C.- INSTALACION Y OPERACION	3
D.- LLENADO DE ACEITE Y PURGA DE AIRE EN EL SISTEMA HIDRAULICO	6
E.- ADAPTACIONES Y ACCESORIOS	7
F.- POSIBLES FALLAS	10
G.- MANTENIMIENTO	12
H.- GARANTIA	13

1.- PRESENTACION

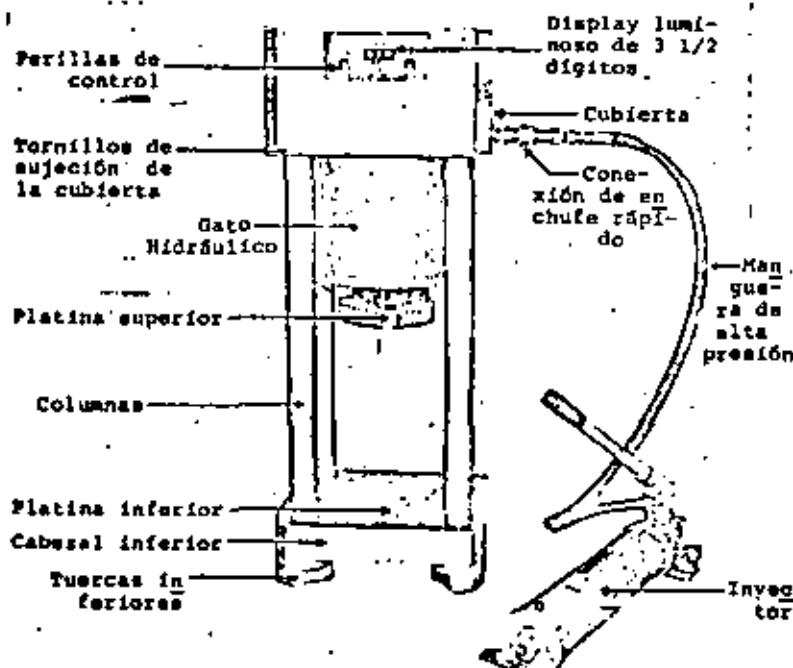
METRONIC, S.A., ha desarrollado una prensa, la METRONIC Modelo 200, para ensayo de especímenes de concreto de las dimensiones estándar utilizadas en la República Mexicana (12 pulg. de altura por 6 pulg. de diámetro), en la cual ha quedado incorporada la más moderna tecnología para instrumentos de medición.

En su diseño se han superado las limitaciones de equipos convencionales como son las continuas recalibraciones debidas al uso y transportación.

Otra característica importante de la prensa METRONIC Modelo 200 es su transformación, mediante un mínimo de accesorios, a una máquina de tensión, con capacidad hasta 30 ton., constituyéndose en un instrumento de gran utilidad para comprobar las características mecánicas de los materiales considerados como insumos y producción.

Se recomienda leer cuidadosamente las instrucciones que se dan a continuación a fin de lograr un mejor aprovechamiento de las características de esta prensa y evitar daños por una mala operación.

PRESA METRONIC MODELO 200



2.- ARMADO Y RECOMENDACIONES PARA TRANSPORTACION

Si la prensa se recibe totalmente armada debe hacerse caso omiso de este capítulo y solo leer cuidadosamente las instrucciones de operación; sin embargo, si se desarmó, al ser factible enviarla de un lugar a otro totalmente desarmada, resulta indispensable conocer su secuencia de armado, la que se indica a continuación:

1. Identifique las partes de acuerdo con el diagrama de la página anterior.
2. Construya el marco con las cuatro barras, conectándolas en primer término al cabazal inferior. Puede realizarse cómodamente en posición horizontal de las columnas, quedando el cabazal apoyado en el piso sobre uno de sus bordes.
3. Coloque las cuatro tuercas inferiores en los extremos con cuerda de las columnas, utilizando una barra de 1/2 pulg. \varnothing para apretarlas contra la superficie del cabazal inferior. Las columnas están maquinadas de manera que al apretar las tuercas, automáticamente quedan en la posición correcta.
4. Coloque el conjunto de las cuatro barras y el cabazal con las tuercas inferiores en posición vertical, de tal forma que las tuercas se apoyen en el piso.
5. Con ayuda de una barra de acero, tubo, ó de algún otro dispositivo para manejo de equipo pesado, sujete de la argolla que se encuentra en la parte central del cabazal superior y levántelo hasta hacer coincidir los agujeros con los extremos de las columnas sujetas al cabazal inferior.
6. Con gran cuidado para no dañar la cuerda del extremo de las columnas, baje el cabazal superior hasta el tope de las columnas.
7. Coloque las cuatro tuercas, apretándolas contra la superficie del cabazal mediante una barra de 1/2 pulg. \varnothing

8. Conecte los correspondientes enchufes de los cables que provienen del cabezal superior y los de la cubierta que contiene los circuitos electrónicos.
9. Coloque la cubierta sobre el cabezal superior, fijándola por medio de los doce tornillos cabeza de gota.
10. Conecte el extremo de la manguera que viene del inyector (ENERPAC) en el receptáculo del cabezal superior, apretando con los dedos la tuerca unión.

Al llegar a este punto, la prensa estará lista para operar en compresión, procediendo como se indica:

3. INSTALACION Y OPERACION

1. Asegúrese que las características de la corriente eléctrica de la toma disponible sean las adecuadas (125 V y 60 Hz).
2. Conecte a la toma de corriente la clavija terminal del cable eléctrico, que sale de la parte posterior de la cubierta.
3. Opere en el sentido de las manecillas del reloj la perilla de encendido que se encuentra del lado izquierdo, en el tablero de control, al frente de la cubierta.
4. Los números del display deben quedar encendidos; generalmente, se observa un cambio más o menos rápido en la última cifra, logrando su estabilización después de algún tiempo.
5. Mantenga encendido el sistema, por lo menos 10 min., antes de proceder al ajuste de ceros, lo cual se logra operando la perilla central.
6. Mientras tanto, verifique el nivel de aceite del inyector, poniendo este en posición vertical y midiendo con la bayoneta incorporada al tapón colocado en la parte posterior.

7. Realizado el ajuste de ceros en el display, coloque la probeta (cilindro) de concreto, previamente cabeceada con azufre como se especifica usualmente, entre las platinas de la máquina, perfectamente centrada, auxiliándose de los círculos grabados en la platina inferior.
8. Cierre la válvula del inyector (lado derecho, frente) y proceda a borbear con la palanca de esta.
9. Cuando la platina superior, articulada, haga contacto con el extremo de la probeta, el display luminoso empezará a indicar la carga aplicada.
10. Opere, en el sentido de las manecillas del reloj la perilla que se encuentra al lado derecho (memoria), observándose que se enciende el LED rojo, lo que indica la retención de la carga máxima.
11. A la velocidad especificada de aplicación de carga (ASTM-10ton/min.), continúe operando la palanca del inyector con movimientos uniformes y acompasados.
12. Cuando observe que a pesar de aplicar carga el indicador del display no sufre alteración en su valor indicado, se ha llegado a la carga máxima que resiste la probeta; si se continúa aplicando carga, el espécimen se fragmenta, dificultando su manejo.

Cuando las características del concreto produzcan fallas súbitas, es muy recomendable proteger al operador e instalaciones vecinas de un fragmento proyectado; para este propósito pueden utilizarse las mallas removibles descritas en Accesorios.
13. No obstante haber fallado la probeta, el indicador seguirá marcando durante algún tiempo (3-4 min.), la carga máxima que soportó el espécimen ensayado, tiempo suficiente para que el operador anote este resultado.
14. Opere la válvula del inyector, abriéndola para que el aceite regrese a su depósito; la acción de los resortes hará que el pistón del gato regrese a su posición original.

- 15. Opera en el sentido contrario a las manecillas del reloj la perilla de memoria observando que se apaga el LED rojo y que el display vuelve a indicar ceros.
- 16. Con una escobilla o lienzo, retírese los fragmentos que hayan quedado sobre la platina inferior.
- 17. Coloque una nueva probeta sobre la platina inferior y, procediendo como se indica a partir del punto 7, continúe hasta la falla del espécimen.
- 18. El ajuste a ceros no será siempre necesario, sin embargo, conviene observar el display antes de empezar a bombear, el cual debe estar marcando cero carga; de no ser así, opere la perilla central hasta lograrlo.

4. LLENADO DE ACEITE, Y PURGA DE AIRE EN EL SISTEMA

HIDRAULICO

Estas operaciones, muy importantes para el funcionamiento de la prensa, aunque deben ser realizadas por una persona con experiencia, en ausencia de esta, si se sigue la secuencia que más adelante se indica, podrá lograrse exitosamente.

Debe aclararse que los usuarios difícilmente tendrán que realizar las operaciones de llenado de aceite y purga de aire, pues la prensa se entrega perfectamente lista para su operación; solo para mantenimiento o reposición de aceite por uso indebido si serán necesarias.

El aceite hidráulico para el funcionamiento del gato debe ser MOBIL, tipo DTE LIGERO; sin embargo, de no tener a mano este aceite, se recomienda uno equivalente, pero nunca sustituirlo por el de uso automotriz.

El cambio total de aceite se justifica cuando se cumple un periodo de dos años de operación continua (ver Mantximitate); la reposición se hará únicamente si se producen pérdidas por alguna razón.

4.1. PROCEDIMIENTO

- 1. Una vez que se asegure de que tanto el gato como el inyector están vacíos y libres de materias extrañas, procédase a inyectar aceite del tipo especificado, hasta la marca señalada en la bayoneta.
- 2. Conecte por medio del enchufe rápido la manguera del cabezal inferior del marco.
- 3. Remueva el tapón con ojillo que se encuentra en la parte central del cabezal superior.
- 4. Bomba el aceite hacia el gato hasta que aflore por el agujero con cuerda, que queda abierto al remover el ojillo.

5. Coloque en su posición el tapón con ojillo, utilizándolo cinta de tafilón en la tuerca como empaque.
6. Coloque entre mordazas algún elemento resistente para aplicar una carga aproximada de 2 a 4 ton.
7. Retire la manguera del receptáculo mediante la conexión de enchufe rápido.
8. Presione la esfera de la parte central de la conexión hasta que salga aceite sin burbujas.
9. Repita las operaciones 6 a 8 hasta asegurarse que no exista aire en el sistema.

4.2. OBSERVACIONES

El exceso de aceite en el inyector puede producir mal funcionamiento de este, pues se requiere de una cámara de aire en el interior.

La capacidad de aceite del inyector transmitida al gato proporcionará a este la posibilidad de empujar el pistón la carrera total, de 5 cm.

No es posible lograr que el pistón tenga una carrera mayor de 5 cm por el hecho de existir una válvula de seguridad que lo impida.

Para un llenado parcial de aceite en el sistema, este debe hacerse por la parte posterior del inyector, ramo viéndolo el tornillo posterior.

5.1. ADAPTACIONES Y ACCESORIOS

Como se señaló en el apartado 3, la operación normal de la prensa METRONIC Modelo 200 requiere corriente alterna de 125 V; sin embargo, existe la opción de operar con pilas, en número de 24 de tipo convencional para linterna tipo D, y quedar alojadas dentro de la cubierta de lámina en contenedores con capacidad para cuatro pilas.

Una dotación de pilas de buena calidad permite la operación normal de la prensa durante 100 horas.

5.1. MODELO 101

Es prácticamente el mismo modelo 200, excepto por dos sencillas adaptaciones: un display tipo *analogue* (luz roja operable con una pila de 9 voltios (para una vida útil de 100 horas), y rejillas de protección, que se colocan entre las columnas de la máquina, siendo de dos anchos diferentes, que corresponden al frente y respaldo, y laterales; estos accesorios se clasifican como 200-B y 200-C.

5.2. CONVERSION A MAQUINA PARA ENSAYE A TENSION

Una innovación que conviene destacar es que las prensas METRONIC 200 y 201 se convierten fácilmente en unidades donde pueden ensayarse a tensión especímenes de sección circular. Los accesorios para este propósito son:

200-D	Platina superior
200-E	Mordaza tipo cuña para probetas circulares entre $\phi = 1/4$ y $3/8$ pulg. (Juego de dos piezas)
200-F	Mordaza tipo cuña para probetas circulares entre $\phi = 3/8$ y $1/2$ pulg. (juego de dos piezas)
200-G	Mordaza tipo cuña para probetas circulares entre $\phi = 1/2$ y $3/4$ pulg. (juego de dos piezas)
200-H	Mordazas especiales para probetas circulares con cuerdas en los extremos, $\phi = 3/4$ pulg. (Estándar ASTM)
200-I	Platina inferior.

- 200-J Puento con rótula
- 200-K Juego de dos tuercas especiales, para el ca
beral superior
- 200-L Juego de cuatro tuercas
- 200-M Juego de dos barras, con cuerda en los ex
tremos
- 200-N Juego de dos bujes de bronce
- 200-O Angulos de fijación al piso o base de la má
quina
- 200-P Soporte de lámina para la cubierta de lámi
na con el tablero de control, formando una
consoleta
- 200-R Marco para ensayo de vigas de concreto suje
tas a flexión (con las dimensiones especifi
cadas para concreto hidráulico en pavimento)
- 200-S Soportes de acero para ensayo de especime
nas de concreto de 3 por 6 pulg. y tabi
ques.

NOTA: El Manual para la adaptación de las prensas Mode
los 100 y 101 para operar a tensión, se entrega a requ
sición especial o cuando se suale el equipo completo.

|||||

6. POSIBLES FALLAS

- 1.- Si hay seguridad de que existe alimentación de co
rriente eléctrica a la prensa y el display no en
ciende, seguramente hay problema en el circuito
electrónico; lo recomendable es enviarla al dis
tribuidor o a METRONIC, S A, únicamente la cu
bierta de lámina que contiene los componentes
electrónicos; o bien, si una persona cuidadosa es
capáz de, desmontar el conjunto electrónico, será
más fácil enviarlo dado su pequeño volúmen, solo
tenga precaución de empaclarlo cuidadosamente.
2. Se recomienda colocar la prensa en un lugar te
chado, de preferencia en un local cerrado donde
los rayos del sol no se proyecten directamente so
bre la prensa. Si en estas condiciones se obser
van cambios bruscos en los números del display, so
bratado en el que ocupa el lugar intermedio, ex
ista una falla que deberá corregirse en el labo
ratorio de la compañía y por tanto debe seguirse
la recomendación del punto anterior.
3. Si el display luminoso enciende y no cambia al
aplicar carga, verifique la conexión entre el
transductor y los cables que vienen de la cubierta
4. Cuando al operar el inyector, estando abierta la
válvula de este, se escuche un chasquido produci
do por aire, evidentemente existe falta de aceite
en el inyector.
5. Siendo de magnífica calidad los empaques del in
yector, la durabilidad de los mismos es muy larga,
sin embargo, cuando se observen fugas de aceite y
falta de presión al bombear deberán cambiarse es
tas piezas. Lo recomendable en este caso es ha
cerlo en los talleres de mantenimiento ENERPAC,
transmitiéndolo directamente el usuario o a través
del distribuidor o del fabricante.
6. El empaque del gato es susceptible de desgastarse
después de un uso prolongado; la indicación de
que esto ocurre se evidencia por una fuga de acef
te en la parte inferior del gato hidráulico. La

recomendación anterior es aplicable también a este caso.

7. Los resortes que hacen regresar el pistón del gato junto con la platina articulada a su posición original, cuando baja la presión en el interior del gato hidráulico, pueden perder brío ó llegar a romperse después de muchas operaciones; de ocurrir esto, solicite un repuesto al fabricante o distribuidor; la colocación podrá realizarla el usuario conforme los pasos siguientes:
 - a) Retire los tornillos que sujetan la placa inferior del gato, cuando en este no se aplique presión (placa de bronce)
 - b) Baje la placa hasta la posición más baja posible.
 - c) Desenganche de ambos extremos los resor - tes dañados.
 - d) Coloque, siguiendo el procedimiento inver - so, los resortes de repuesto.
 - e) Coloque la placa de bronce sin que esta pierda su posición inicial. Finalmente, asegure los tornillos.
8. Las platinas tienen un tratamiento superficial de endurecimiento; sin embargo, si accidentalmente reciben un fuerte golpe dejando huella profunda o protuberancia, estas partes deberán sustituirse. Por ello recurra al distribuidor o directamente a METRONIC, S A

1. Cambiar el aceite hidráulico con periodicidad de 2 años bajo un régimen de trabajo permanente de la prensa.
2. Cambiar empaques cada cinco o seis años, sobre todo en clima cálido y trabajo constante.
3. Engrasar la articulación con material de alta densidad; separando inicialmente la rótula del receptáculo del pistón.
4. Repintar las partes estructurales de la prensa utilizando un material compatible con la pintura original (pintura epoxy)
5. Cuando la brillantez de los números del display luminoso en el Modelo 200 o la claridad en el Modelo 201 hayan disminuido al grado que dificulten su lectura, será indispensable cambiarlos por un repuesto adecuado.

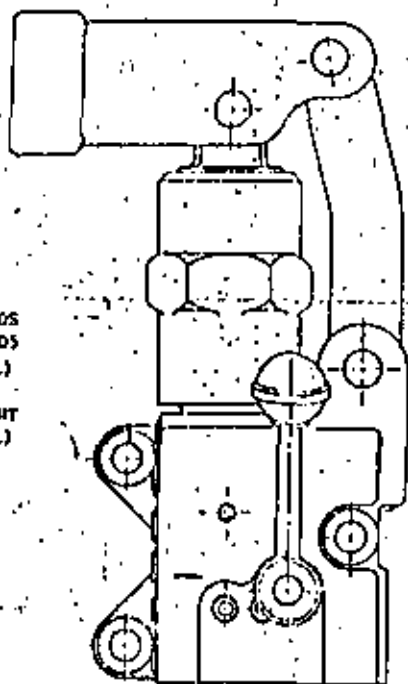
NOTA: los gastos de transporte de piezas, comunicación con el cliente y seguros se cargan a éste.

FORNEY

1M-785-B
MARCH-67

OPERATING INSTRUCTIONS

FTQC-100 HYDRAULIC HAND PUMP (HIGH-LOW TWO SPEED)



CREDIT FOR ALL
PUMPS WITH SERIAL NOS
640A 01 THRU 660A 105
(1/2" PLUNGER MODEL)
AND
67 JM 01 THRU CURRENT
(3/8" PLUNGER MODEL)

The FTQC-100 Hydraulic Hand Operated Pump is a two speed pump capable of delivering up to 10,000 P.S.I. This Pump features a low pressure high volume oil delivery for rapid advance of the ram to the work and automatic change over to high pressure low volume when the ram pressure exceeds 150 P.S.I. The pump also features an ON & OFF control valve which is located on the front side of the pump. This valve, when turned to its most forward position, (clockwise) will build pressures up to the maximum P.S.I. developed. To release the pressure, turn the control valve counter clockwise and the pressure will drop to "0" P.S.I. immediately. If, after pumping a dozen strokes and the pump has not developed any pressure, it may be necessary to prime pump per "Priming" on page # 2

TROUBLE CHART

TROUBLE	CAUSE	REMEDY
Pump fails to build pressure	a. Air in pumping unit	a. Refer: Priming-Page 2
	b. Oil supply low	b. Refer: Filling Oil Reservoir-Page 2
	c. Release valve not holding	c. Refer: Release Valve Page 3
	d. Dirty intake screen	d. Refer: Oil Intake Screen-Page 3
	e. Lo-Pressure Unloading valve leaks	e. Refer: Lo-Pressure Unloading Valve Page 3
	f. Oil leaks past Lo-Pressure check balls	f. Refer: Lo-Pressure Check Valve Page 4
	g. Oil leaks past Hi-Pressure check balls	g. Refer: Hi-Pressure Check Valve Page 4
	h. Oil leaks past Pump Piston	h. Refer: Pump Piston Page 5
Necessary to add oil often	a. Excessive Oil leakage	a. Check for any visible oil leaks & correct
Pump will not hold pressure	a. Release valve not holding pressure	a. Refer: Release Valve Page 3
	b. Lo-Pressure Unldg. valve leaks	b. Refer: Lo-Pressure Unloading Valve-Page 3
	c. Oil leaks past Lo-Pressure check balls	c. Refer: Lo-Pressure check valve Page 4
	d. Oil leaks past Hi-Pressure check balls	d. Refer: Hi-Pressure check valve Page 4

TRUBLE	CAUSE	REMEDY
Pump handle rises by itself under pressure	a. Oil leakage past discharge balls	a. Refer to: Lo-Pressure Check Valve & Hi-Pressure Check Valve-Page 4
Automatic change-over from Lo-Pressure to Hi-Pressure at 150 P.S.I. fails.	a. Plunger sticking, bad seat or excessive oil leakage	a. Refer to: Lo-Pressure Unloading valve Page 3

MAINTENANCE & SERVICING INSTRUCTIONS

CAUTION: When any repairs or adjustments are made it is absolutely essential that dirt or other foreign matter be kept out of the system as this is the most common cause of hydraulic system failure.

Therefore, when any repairs are done, be sure to use extreme care in cleanliness and to use clean tools and cloths.

PRIMING: If pump fails to pump oil and handle has spongy feeling, it is necessary to prime pump by doing the following:

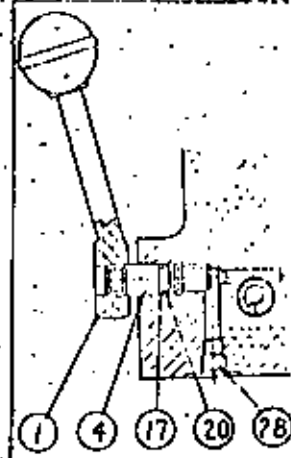
1. Tighten control handle to its closed position (Turn clockwise to close)
2. Loosen pipe plug (Key No. 29, Page 8)
3. Pump handle until oil is pumped out through priming hole instead of air.
4. Retighten pipe plug (Key No. 29, Page 8)

FILLING OIL RESERVOIR: The oil reservoir must be kept filled with a good grade of light hydraulic oil (Never use synthetic fluids or fluids with poor lubricating qualities, i.e., brake fluids, etc., as permanent injury to the pump will result (NOTE: Specify Ferny Hydraulic Oil when ordering.)

MAINTENANCE INSTRUCTIONS

Release Valve: If pump fails to build pressure, or builds pressure but does not hold at any given P.S.I., it may be due to the release shaft not sealing properly or bad packings:

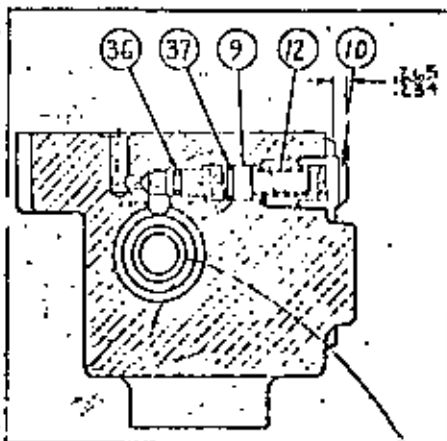
1. Remove Shaft No. 4 and check for worn packings Nos. 17 & 20; replace if necessary.
2. Replace Shaft No. 4 and tighten to maximum position. With release shaft in maximum position exert a small amount of extra force on handle which will tend to cause new seat. (Repeat if necessary)

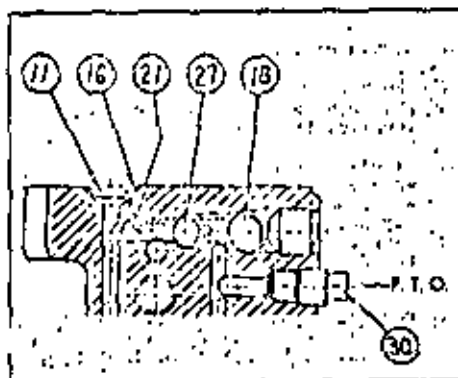


Oil Intake Screen: If pump fails to build pressure it may be due to a dirty intake screen which will tend to starve the pumping unit. This screen (Key No. 11, Page 8) should be cleaned or replaced occasionally to assure a full volume of oil flow.

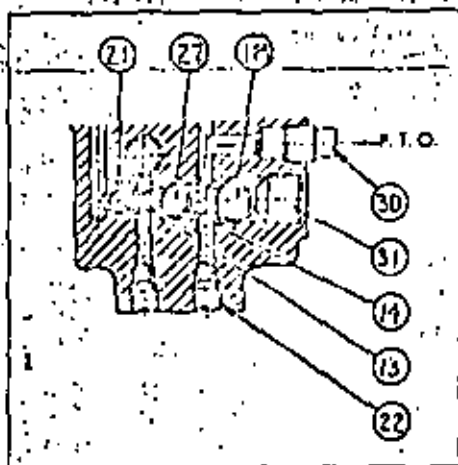
Lo-Pressure Unloading Valve: If pump fails to develop Lo-Pressure up to automatic change over to Hi-Pressure at 150 P.S.I., it may be due to a bad seat or a leaking O-ring in the unloading valve. Follow the steps below to correct.

1. Remove adjusting screw, Key No. 10 and spring, Key No. 12.
2. When removing shaft, Key No. 9, use extreme care so as not to damage. To get shaft within reach, pump unit very slowly until shaft has been pushed out enabling clearance for removal with pliers.
3. Check shaft for cleanliness and excessive wear of packings, Key Nos. 36 & 37. Replace if necessary.
4. Replace shaft using extreme care not to damage packings (NOTE: To prevent, tap end of shaft very tightly with hammer).
5. Replace spring, Key No. 12 & adjusting screw, Key No. 10 (NOTE: Set to dimension shown).

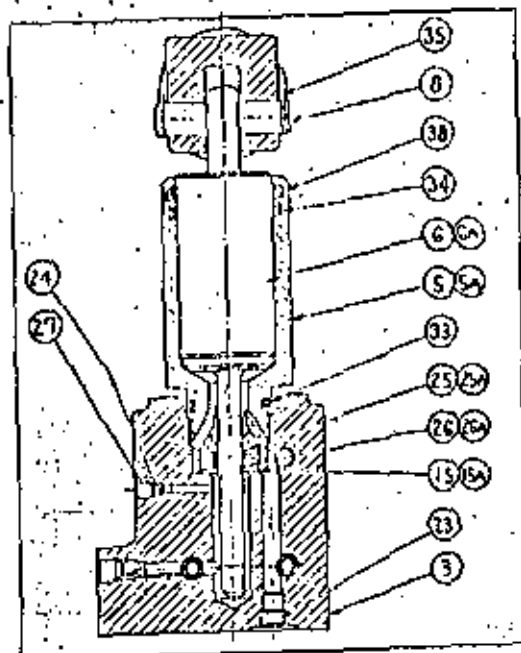




Low-Pressure Check Valve: If pump handle rises by itself under low pressure it may be due to bad seats at ball 21 or 27. Reseating of balls may be necessary to correct leakage past balls. Ball 18 must be tightened down tightly to prevent leakage past set screw.



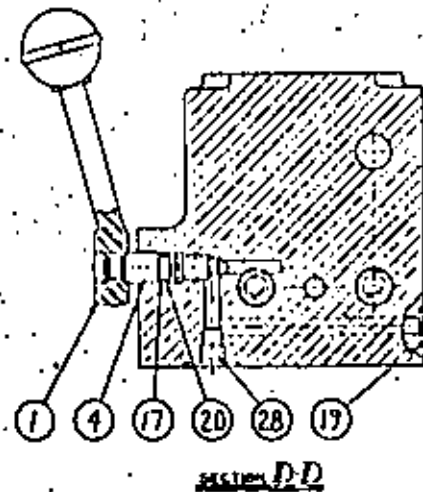
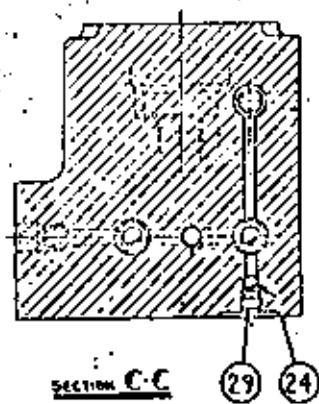
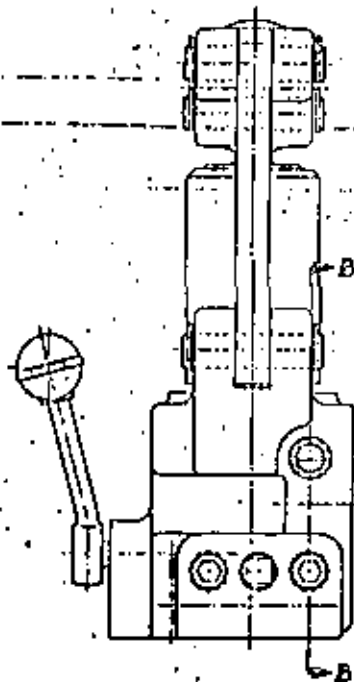
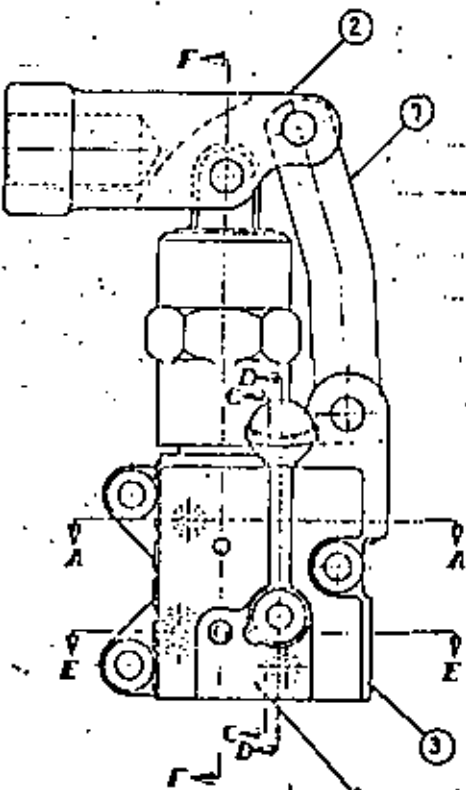
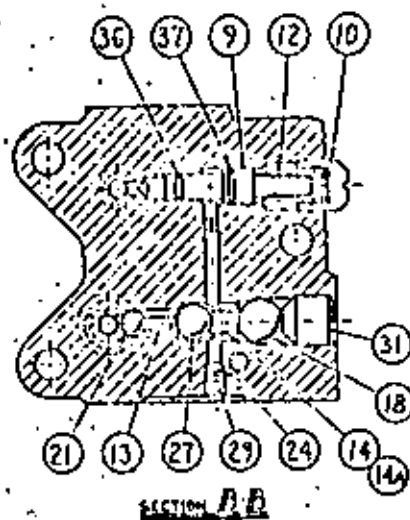
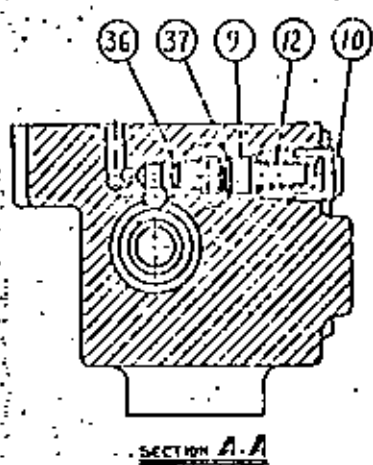
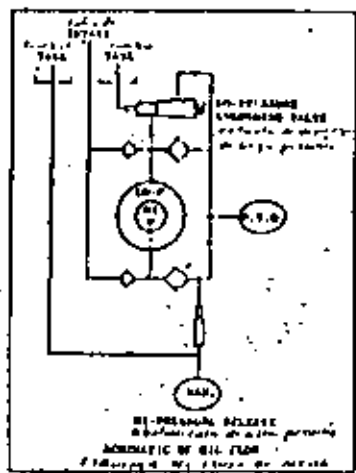
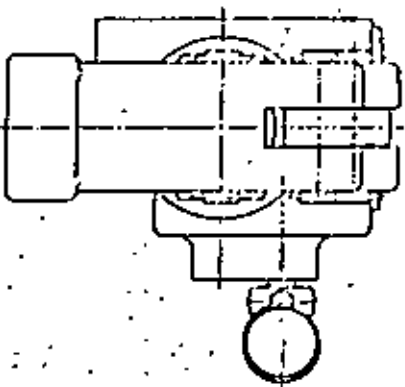
High-Pressure Check Valve: If pump handle rises under high pressure it may be due to bad seats at balls 21 or 27. Reseating of balls may be necessary to correct leakage past balls. Ball 18 must be tightened down tightly to prevent leakage past set screw.



SECTION F-F

Pump Piston: Leakage of oil around the pump piston indicates worn or damaged piston packings.

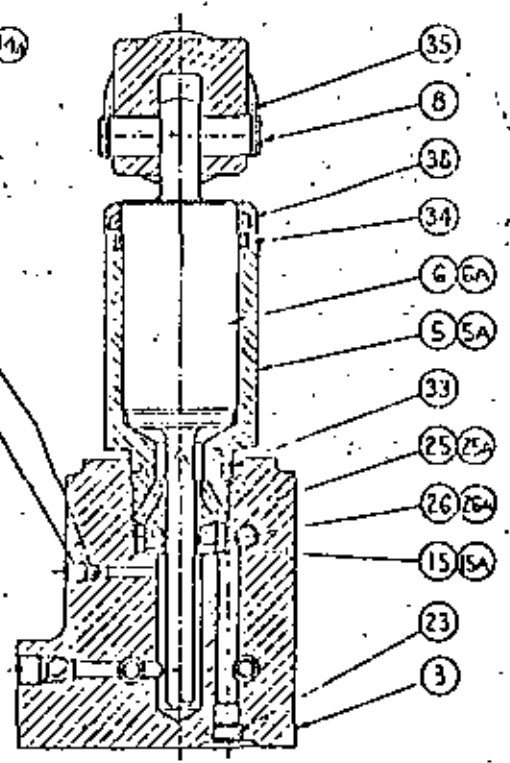
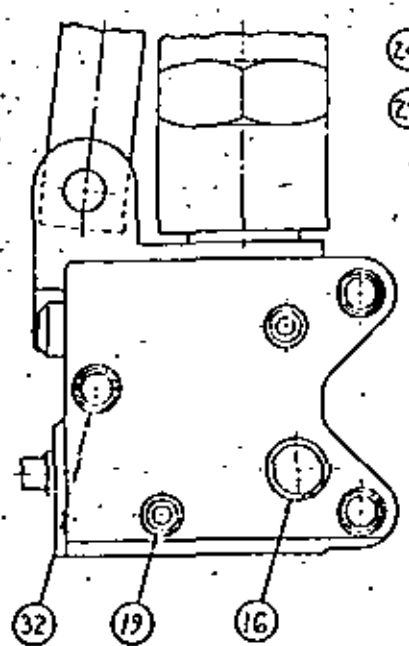
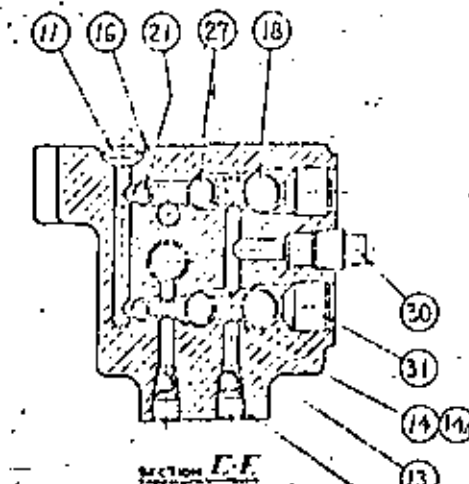
1. Remove Retaining Ring, Key No. 35 and Pin, Key No. 8,
2. Remove Piston, Key No. 5-6A
3. Check for worn or damaged packings, Key Nos. 34 and 38. (Replace if necessary)
4. If oil leakage has developed around Piston Housing, Key No. 5-5A, and Pump Block, Key No. 3, it may be necessary to remove Housing, Key No. 5-5A and replace Packings, Key Nos. 25-25A, 26-26A & 33.
5. Replace Housing, Key No. 5-5A and tighten down tightly on Sealing Washer, Key No. 15-15A
6. Replace Piston, Key No. 6-6A Pin and Retaining Ring, Key Nos. 8 and 35
7. Priming pump may be necessary and should be done per (Priming) on page 2.



PTQC-100
HYDRAULIC HAND PUMP
(HIGH-LOW TWO SPEED)

Order By This
Number Only.

When Ordering Parts Give
Serial No. of Pump



KEY	CONTROL NO.	DESCRIPTION	QTY
1	501 3550.3	Handle Unit, Control	1
2	501 6013.3	Lever	1
3	501 6016.8	Block, Pump	1
4	501 4116.2	Shaft, Control	1
* 5	501 6017.0	Housing, Injector	1
** 5A	501 8279.3	Housing, Injector	1
* 6	501 6018.4	Injector	1
** 6A	501 8228.5	Injector	1
7	501 6019.2	Link, Lever	1
8	501 6021.4	Pin, Lever	3
9	501 6022.2	Spool, Unloading Valve	1
10	501 6023.0	Screw, Valve Adjusting	1
11	500 1338.7	Strainer, Hose Connection	1
12	500 3593.2	Spring, Compression	1
13	501 6294.2	Spring, Compression	2
*14	500 7161.3	Spring, Compression	2
**14A	501 8770.8	Spring	2
*15	501 6024.0	Washer, Injector Sealing	1
**15A	501 8230.7	Washer, Injector Sealing	1
16	905 0014.8	O-Ring, 5/8 x 3/4 x 1/16	1
17	905 0056.3	Ring, 1/4 x 3/8 Back-Up	1
18	905 0361.9	Ball, 9/16 Dia.	2
19	905 0410.0	O-Ring, 3/8 x 1/2 x 1/16+	2
20	905 0418.6	O-Ring, 1/4 x 3/8 x 1/16	1
21	905 0436.4	Ball, 9/32 Dia.	4
22	905 0456.0	Screw, 3/8-24 NF x 3/8 Flat Pt.Skt.Set	2
23	905 0501.8	Plug, 1/8 NPT Pipe	1
24	905 0678.2	Ball, 3/16 Dia.	2
*25	905 1213.8	Ring, 1/2 x 11/16 Back-Up	2
**25A	905 0683.1	Ring, 3/8 x 1/2 x .056/.054	2
*26	905 0713.4	O-Ring, 1/2 x 11/16 x 3/32	2
**26A	905 0168.3	O-Ring, 3/8 x 1/2 x 1/16+	2
27	905 0714.2	Ball, 7/16 Dia.	2
28	905 0824.6	Plug, 1/16 NPT Pipe	1
29	905 0881.5	Screw, 1/4-28 NF x 1/4 Flat Pt.Skt.Set	2
30	905 0915.3	Plug, 1/4 NPT Pipe	1
31	905 1214.0	Screw, 5/8-18 NF x 5/8 Flat Pt.Skt.Set	2
32	905 1215.4	O-Ring, 7/16 x 9/16 x 1/16	3
33	905 1216.2	O-Ring, 1-1/16 x 1-5/16 x 1/8	1
34	905 1217.0	Quad-Ring, 1-1/2 x 1-3/4 x 1/8	1
35	905 1218.9	Ring, Retaining	0
36	905 1219.7	O-Ring, 3/16 x 5/16 x 1/16	1
37	905 1220.0	O-Ring, 5/16 x 7/16 x 1/16	1
38	905 1221.0	Ring, 1-1/2 x 1-7/8 x 3/16 Wiper	1
*	(501 6906.8	Repair Kit)	
**	(501 8885.2	Repair Kit)	

*Obsolete - For Pumps with 1/2" H.P. Plunger, S/N Code GA
**Current - For Pumps with 3/8" H.P. Plunger, S/N Code JU

(DOS VELOCIDADES ALTA-BAJA)

INSTRUCCIONES PARA OPERACION:

La bomba hidráulica de operación manual PTQC-100, es una bomba de dos velocidades, capaz de desarrollar una presión de 10,000 lb/in². Esta bomba diseñada con un depósito de aceite para baja y alta presión, así como un rápido adelanto del marlinete de trabajo y cambio automático de la alta presión bajo volumen, cuando la presión del marlinete excede 150 lb/in². La bomba también está diseñada con una válvula de control que sirve para poner en operación y desconectar, esta válvula de control está localizada en el frente a un lado de la bomba. Esta válvula cuando se gira hacia adelante, (en el sentido de las manecillas del reloj) sostiene presiones de desarrollo máximo. Para liberar la presión, gire la válvula de control en sentido contrario a las manecillas del reloj, y la presión caerá a 0 lb/in² de inmediato. Si después de bombear una docena de veces, la bomba no desarrolla presión, entonces será necesario antes que todo purgar (ver página No. 2).

CAPITULO DE AVERIAS

Avería	Causa	Remedio
La bomba falla al levantar presión.	a.-Aire en la unidad de bombeo.	a.-Referencia Purga de (Página 2).

- b.- El depósito de Aceite bajo.
 - c.- La válvula para quitar presión no funciona.
 - d.- Filtro estrecho y sucio.
 - e.- Baja presión válvula Check de descarga con fugas.
 - f.- Fuga de aceite en el balero de la válvula de baja presión.
 - g.- Fuga de aceite en el balero de la válvula -- check de alta presión.
 - h.- Fuga de aceite por el pistón de la bomba.
- b.- Llens el depósito de aceite Página 2
 - c.- Referencia válvula para quitar presión - pag. 3
 - d.- Referencia: filtro de aceite pag. 3
 - e.- Referencia: baja presión válvula de descarga pag. 3
 - f.- Baja presión válvula check pag. 4
 - g.- Referencia: alta presión válvula check página 4.
 - h.- Referencia: pistón de bomba página 5.

Necesita agregar aceite frecuentemente.

La bomba no sostiene presión.

a.- La manija se pone dura al aplicar presión.

b.- El cambio automático de baja presión a alta presión a 150 lb/in² falla

a.- excesiva fuga de aceite.

a.- válvula de alivio no retiene la presión

b.- Válvula de baja presión de descarga con fuga.

c.- Fuga de aceite para aceite por la válvula check de baja presión

d.- Fuga de aceite para por la válvula de alta presión.

a.- Gotas de aceite pasan por el balero de descarga.

b.- Embolo se pega al asiento dañado o excesivo goteo de aceite.

Arregla las fugas de aceite.

a.- Referen: válvula de alivio pag. 3.

b.- Válvula de descarga de baja presión -- página 3.

c.- Referen: Válvula -- check de baja presión pag. 4

d.- Referen: Válvula check alta presión, pag. 4

a.- Referen: Válvula check baja presión y alta presión pag. 4.

a.- Referen- Válvula de descarga baja presión pag. 3.

MANTENIMIENTO E INSTRUCCIONES DE SERVICIO.

Precaución: Cuando se repara ó bien se ajusta, es necesario limpiar los sistemas ya que ésto en la mayoría de los casos es la causa de afalla del sistema hidráulico.

Por lo tanto cuando se efectúe cualquier reparación, asegúrese de que todo se encuentre limpio, así como usar herramienta limpia y estopa para limpiar.

Preparación: Si la bomba falla, bombear aceite y llenar de nuevo con la esponja de llenado, es necesario primero bombear haciéndolo como sigue:

- 1.- Cierre el control manual o sea pongalo en la posición de cerrado (gire en la dirección de las manecillas del reloj a cerrado).
- 2.- Quite el tapón de la tubería (Clave No. 29 pag. 8)
- 3.- Bombear hasta que el aceite sea bombeado como en preparación ésto se hace hasta que se elimine el aire.
- 4.- Ponga de nuevo el tapón en tubería (clave No. 29 pag. 8)

Llenado del depósito de aceite: El depósito de aceite deberá mantenerse lleno con aceite hidráulico, bueno de grado ligero (nunca use fluidos sintéticos, con pobres cualidades lubricantes. Ejem.:

líquido para frenos, etc., tal cosa puede dañar en forma permanente la bomba. (Nota: Use aceite para máquinas FORNEY).

INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO:

Válvula de Alivio: Si la bomba falla al elevar la presión o presiones, o sea no retiene una presión dada en lb/in². ésto puede ser debido a que la flecha de alivio no acierta apropiadamente o empaque dañado.

- 1.- Remover la flecha No. 4. y comprobar-se los empaques números: 17 y 20. se encuentran dañados; reemplace si es necesario.
- 2.- Reemplace la flecha No. 4 y al colocarla de nuevo apriétela en su presión máxima con la flecha de alivio, en su posición al máximo, ejerza una pequeña fuerza adicional en la unidad de control que tenderá a causar un nuevo asiento (repita la operación si es necesario).

Filtro de Aceite: Si la bomba falla al aplicar presión, ésto puede ser debido a suciedad en el filtro, la cual tiende a hacer fallar la unidad de bombeo. Esta malla (clave No. 11 pag. 8), deberá ser limpiada o reemplazada ocasionalmente para asegurar un volumen completo de flujo de aceite.

Válvula de Descarga de baja presión: Si la bomba falla al desarrollar baja presión o si efectuarse el cambio automático a alta presión en 150 lb/in2, esto puede ser debido a un asiento malo o un ring dañado en la válvula de descarga. Para corregir siga los pasos anexas.

- 1.- Quite el tornillo de ajuste clave No. 10 y el resorte clave No. 12.
- 2.- Cuando quite la flecha clave No. 9, hágalo con mucho cuidado para no dañarla. Mantenga la flecha dentro del cuerpo, bombee la unidad muy lentamente hasta que la flecha haya sido empujada completamente para que se pueda remover con pinzas.
- 3.- Revise la flecha y límpiela si el empaque está muy dañado, clave No. 36 y 37. Reemplázelo si es necesario.
- 4.- Reemplace la flecha con mucho cuidado para no dañar el empaque. (Nota: Reasentar el fondo donde se encuentre la flecha esto se hace ligeramente con un martillo).
- 5.- Reemplace el resorte clave No. 12 y ajuste el tornillo, clave No. 10 (Nota: se establece la dimensión como se muestra).

Para una presión alta, la válvula de alta presión o si la unidad de palanca de control aumenta la presión en alta presión.
Para una presión baja, la válvula de baja presión o si la unidad de palanca de control disminuye la presión en baja presión.

Después para aplicar presión en la válvula de alta presión o si la unidad de palanca de control aumenta la presión en alta presión, esto puede ser debido a asientos malos en las balas 21 ó 27. Será necesario reasentar los asientos para corregir el daño. La bala número 18, deberá estar apretada, éste apriete, eliminará goteo en el tornillo.

Después para aplicar presión en la válvula de alta presión o si la unidad de palanca de control aumenta la presión en alta presión.

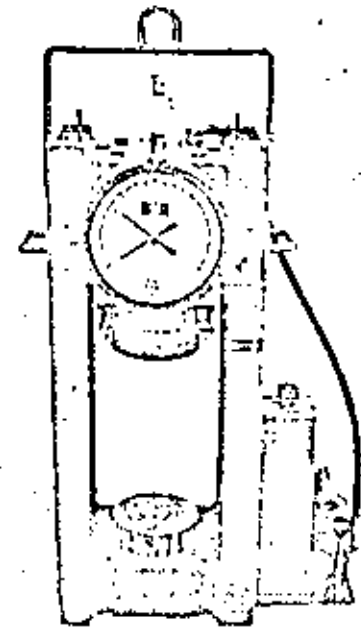
Después para aplicar presión en la válvula de alta presión o si la unidad de palanca de control aumenta la presión en alta presión, esto puede ser debido a un asiento malo en las balas 21 ó 27. Será necesario reasentar el asiento de las balas, hasta que este quede corregido, esto se hace asentando la bala. La bala 18 deberá estar apretada, éste apriete, será suficiente para prevenir fugas por el tornillo.

Pistón de la bomba: El goteo de aceite alrededor del pistón de la bomba, indica que los empaques del pistón están gastados o dañados.

- 1.- Quite el anillo de retén clave No. 35 y el pesador clave No. 8.
- 2.- Quite el pistón clave No. 6 - 6A.
- 3.- Compruebe si los empaques están gastados o dañados, claves números 34 y 38, (reemplace si es necesario).
- 4.- Si el goteo se ha desarrollado alrededor del compartimento del pistón clave No. 5 - 5A y el cuerpo de la bomba, clave No. 3, será necesario remover al compartimento, clave No. 5 - 5A y reemplazar los empaques clave No. 25 - 25A, 26 - 26A y 33.
- 5.- Reemplace el compartimento del pistón clave No. 5 - 5A y el reemplazarlo, apriete el nuevo fuertemente hasta que selle, clave 15 - 15A.

- 6.- Reemplaza el pistón clave No. 6 - el pasador y anillo de retención claves números 8 y 35.
- 7.- Es necesario hacer el arreglo de la bomba para que funcione la máquina.

**PRENSA HIDRAULICA PARA PROBAS ALBENDICE
DE CONCRETO A COMPRESION
MEDIUM REND**



Las Prensas Hidráulicas portátiles marca FRANCONI son ideales para el Control de Calidad del concreto, ya sea hecho en Obra o recibido de la Planta Premezcladora en el lugar mismo de la construcción.

Pueden ser empleadas por Laboratorios Oficiales de campo ó por Contratistas en Obras para la construcción de carreteras, Obras de Irrigación, Edificios, etc., donde se requiere un control rigido y oportuno del concreto.

Las Prensas FRANCONI son de placa de acero estructural electro-soldadas y revenidas para soportar grandes esfuerzos, lo cual garantiza su larga duración. Cuentan con

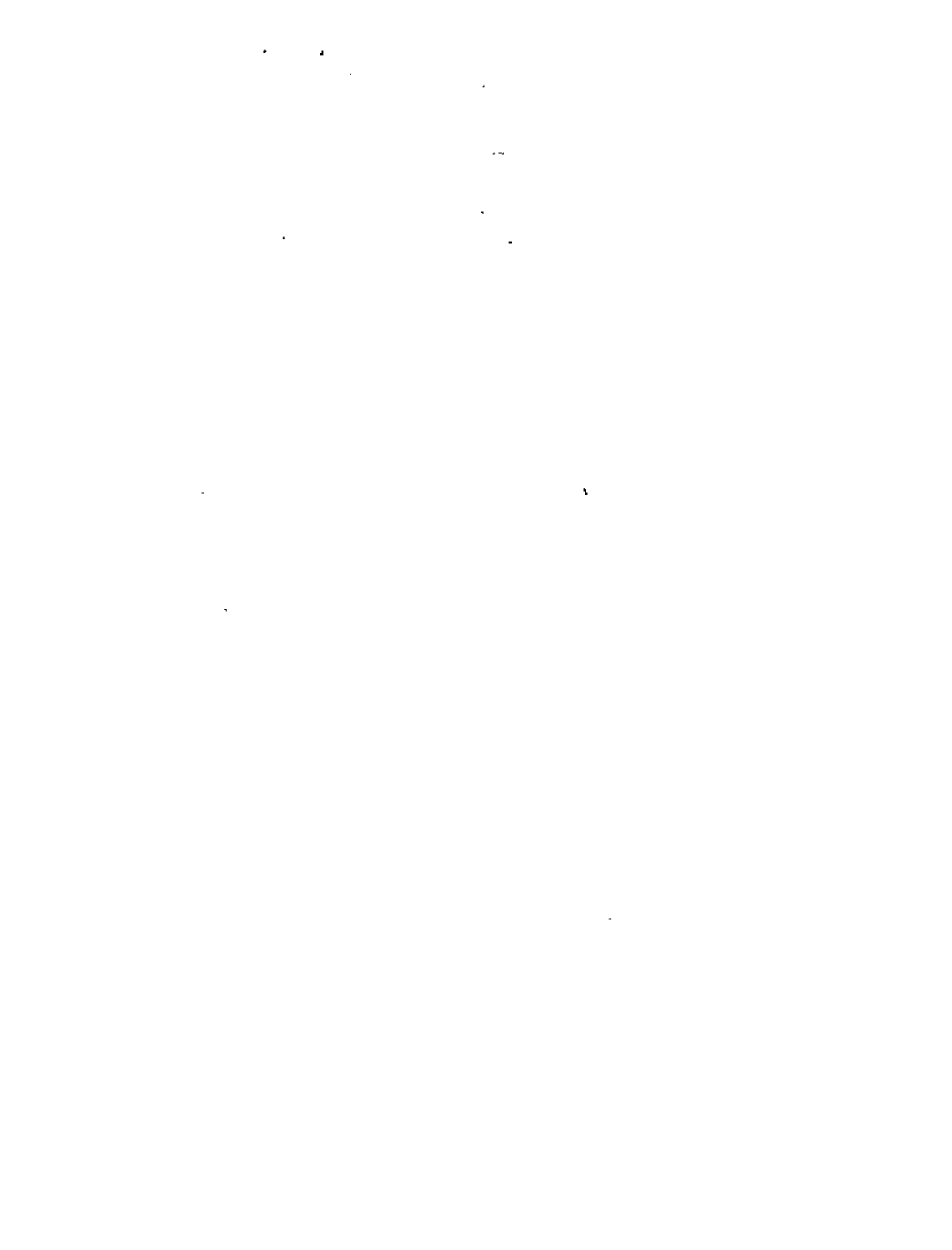
pistones y cilindros maquinados y rectificados a gran precisión y con manómetros de lectura directa en tornadas métricas, calibrados, con celda ó anillos de carga individualmente para cada Prensa, garantizando un máximo de un uno por ciento de error a plena carga. Otras cualidades de nuestras Prensas hidráulicas son su facilidad de operación, mantenimiento y transporte, gracias a su relativo peso ligero.

Las Prensas FRANCONI han sido aceptadas por la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Obras Públicas de la República Mexicana y son fabricadas de acuerdo con las normas ASTM C 683.

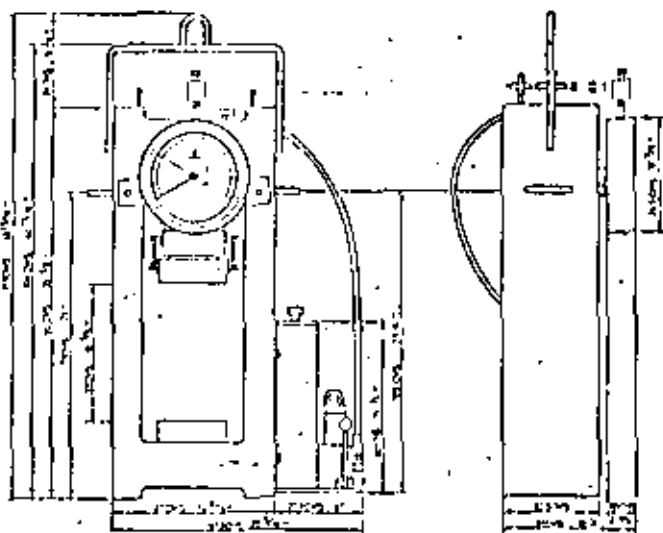


**FABRICANTES DE EQUIPO PARA LABORATORIO DE RESISTENCIA
DE MATERIALES Y MAQUINARIA PARA CONSTRUCCION**

FRANCONIA SALVADOR DIAZ BL. No. 10 ZAPOTITLAN, MEXICO 52, D.F. TEL. 5-73-28-41 EXT. 1-70



ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION, DIMENSIONES Y PESO

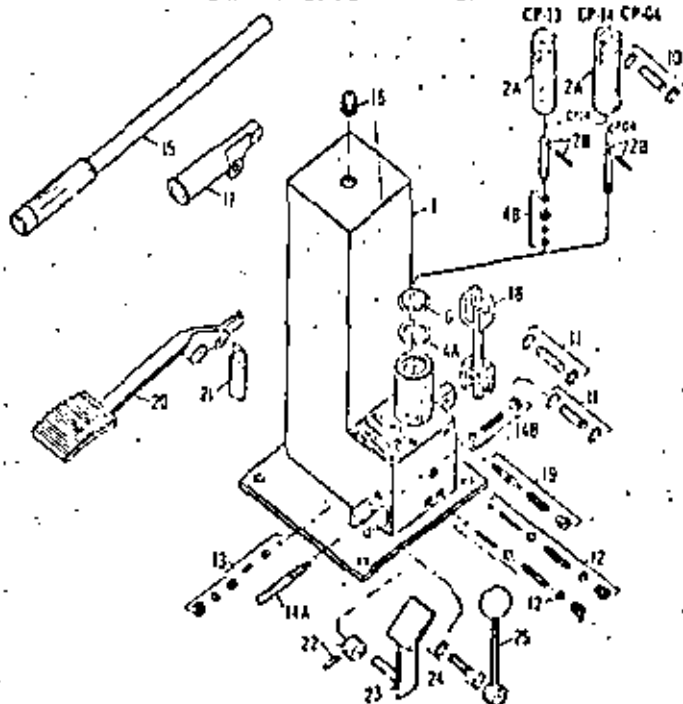


- **CAPACIDAD DE CARGA:** 120 Tons.Mts. ó su equivalente en libras.
- **MANOMETRO:** 20.32 cms. (8") de diámetro. De construcción especial para absorber impactos, lectura directa de 0 a 120 Tons.Mts., subdivisiones mínimas de 500 Kgs. y equipado con aguja de máxima.
- **MARCO DE CARGA:** De acero estructural A 36 electrosoldado y revenido de esfuerzos.
- **CILINDRO:** Tubo sin costura rectificado, en acero 1018 AISI.
- **PISTON:** En acero forjado 1045 AISI rectificado a 0.002" de tolerancia con el cilindro y con alivio automático de Presión para evitar ser bombeado fuera del cilindro.

- **PLACAS DE CARGA:** Superior e inferior de acero forjado 1045 AISI rectificadas y cromadas.
- **RODILLA DE CARGA:** En la placa superior para asegurar una carga axial.
- **BOMBA HIDRAULICA:** De piston concéntrico de dos velocidades con paso automático, operada manualmente.
- **PROTECCION DEL MANOMETRO:** Contra golpes exteriores y con válvulas de agua para amortiguar el retorno a "0" de la aguja.
- **PESO:** 300 Kgs.

distribuido por:

STAR HI-LO TWO SPEED PUMP - HAND OR FOOT OPERATED MODELS CP13-CP14-CP04



Part No.	Part Name	Model CP13		Model CP14		Model CP04	
		Part No.	Unit Price Each	Part No.	Unit Price Each	Part No.	Unit Price Each
1	Body Assembly	CP13 1	\$150.00	CP14 1	\$150.00	CP04 1	\$140.00
2A	Large Piston	PA 7	\$1.40	PS 2	\$1.40	PS 2	\$1.40
2B	Small Piston (incl. Pin)	CP13 41P	1.40	CP13 41P	1.40	CP04 41P	2.00
2C	Large Piston Packing	PA 4	1.43	PS 4	1.50	PS 4	1.50
3	Small Piston Packing	CP13 31P	2.40	CP13 31P	2.40	CP13 31P	2.40
4	Patrol Wiper (incl. O-Ring)	PA 6	1.50	PS 6	1.50	PS 6	1.50
5	Piston Pin (incl. Ring)	CP13 16RP	.50	CP14 16RP	.60	CP14 16RP	.50
6	Pin Pin (incl. Ring)	CP13 40RP	1.10	CP13 40RP	.50	CP13 40RP	.50
7	Pump Valve (Complete)	CP13 13RP	1.10	CP13 13RP	1.30	CP13 13RP	1.30
8	Overload Valve (Complete)	CP13 15RP	2.25	CP13 15RP	2.25	CP13 15RP	2.25
9	Release Flange (Complete)	CP13 17RP	2.25	CP13 17RP	2.25	CP13 17RP	2.25
10	Release Valve (Complete)	PAC 18RP	1.30	PAC 18RP	1.30	PAC 18RP	1.30
11	Inner Mandrel	CP13 22	3.20	CP13 22	3.20	CP13 22	3.20
12	Greater Seal	PS 16	.90	PS 16	.90	PS 16	.90
13	Pump Seal	CP13 9	4.90	CP13 9	4.90	CP13 9	4.90
14	Spring	CP13 12	4.65	CP13 12	4.65	CP13 12	4.65
15	Ball Valve (Complete)	CP13 25RP	5.50	CP13 25RP	5.50	CP13 25RP	5.50
16	Foot Lever	CP13 9	12.50	CP13 9	12.50	CP13 9	12.50
17	Foot Lever Spring	CP13 23	.60	CP13 23	.60	CP13 23	.60
18	Release Lever Cam & Pin	CP13 13RP	3.10	CP13 13RP	3.00	CP13 13RP	3.00
19	Foot Release Lever	CP13 14	8.20	CP13 14	8.20	CP13 14	8.20
20	Foot Release Lever Pin (incl. Ring)	CP13 10RP	.50	CP13 10RP	.50	CP13 10RP	.50
21	Cam Release Lever	CP13 14	8.20	CP13 14	8.20	CP13 14	8.20

PRICES OFF. — ALL PRICES F.O.B. RIVER GROVE, ILLINOIS. SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE.

IMPORTANT — Please Give Following Information When Ordering Parts

a) Part Number b) Part Name c) Model No. of Pump d) Serial No. of Pump

STAR HYDRAULICS, INC. 2727 CLINTON STREET RIVER GROVE, ILL. 60171
PHONE AREA CODE 312-483-3228

FORM #PC-CP13-1969

PRINTED IN U.S.A.



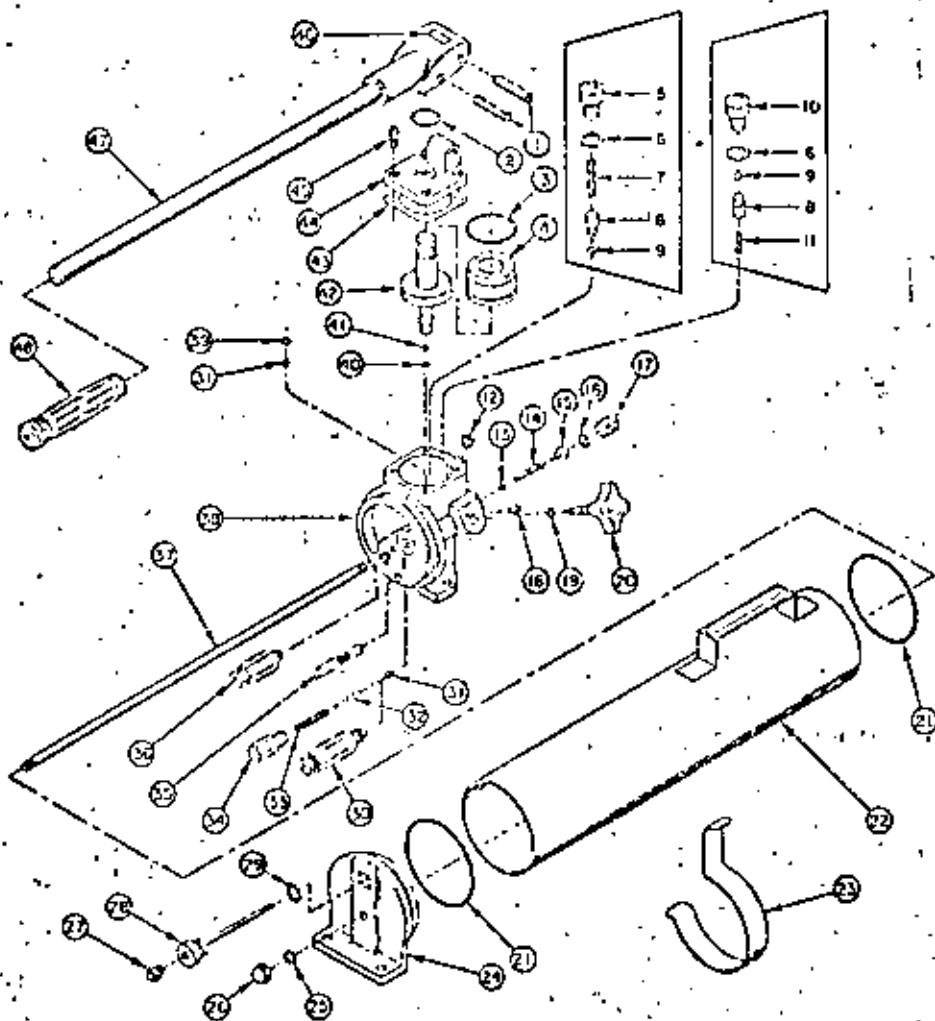


OWATONIA TOOL COMPANY
OWATONIA, IOWA 50268 U.S.A.

PARTS
LIST
FOR

Form No. 100007
60376, 61013, 60413
MAJOR MOTORS 100102
HYDRO 100102
SERVICE TOOLS D-01172AA
POWER TOOLS P156
TOOLS & EQUIPMENT Y-43

HYDRAULIC HAND PUMP TWO SPEED — TWO WAY VALVE



SHEET 1 OF 2
ISSUE DATE: 7-1-79

PARTS LIST (CONT'D)

Item No.	Part No.	Qty. Req'd	Description	Item No.	Part No.	Qty. Req'd	Description
1	10415	2	Roll Pin (See Diagram) (See Part 2)	28	201130	1	Filter Cup & Dipstick Assembly
2	10278	1	"O" Ring (3/16" x 1/8" x .142)	29	10323	1	"O" Ring (3/16" x 1/8" x .142)
3	10213	1	"O" Ring (2 1/2" x 3/16" x .142)	30	204750	1	Unloading Valve Assy (Model 60376 Only) (See Diagram)
4	32405	1	Sleeve (Model 60376 Only) (For Use 102130 & 102131)	31	10377	2	Steel Ball (1/16")
5	21600	1	Sec. Hd. Cap Screw (1/4" x 1 1/2" x 18)	32	204749	1	Ball Stop
6	11031	2	Copper Washer (1/4" x 1/2" x 1/16")	33	10470	1	Comp. Spring (300 Q.D. x 1 1/4")
7	10445	1	Comp. Spring (41.00 x 1 1/2")	34	204748	1	Spring Retainer
8	24146	2	Ball Guide	35	24788	1	Filter
9	12223	2	Steel Ball (1/16")	36	21278-60	1	Relief Valve Assy (Model 60376 Only) (See Diagram) (See Sheet 1 of 2)
10	24118	1	Valve Seal (1/4" x 1/2" x 1/16")	37	204130	1	Tie Rod
11	12040	1	Comp. Spring (41.00 x 1 1/2")	38	60570-WH2	1	Pump Body
12	10479	1	Pipe Plug (1/2" NPT) (For Use 102130 & 102131)	39	11851	1	Retaining Ring (1/4" x 1/2")
13	15177	1	Pressure Gauge (Model 100102 Only) (See Diagram)	40	12041	1	Retaining Ring (1/4" x 1/2")
14	24146	1	Ball Guide	41	10375	1	Steel Ball (1/16")
15	27000	1	Relief Valve Piston	42	24146	1	Piston Assy
16	11450	1	Retaining Ring (1/4" x 1/2")	43	25522	1	Piston Assy (Model 60376 Only)
17	11127	1	Pipe Plug (3/4" Hd. 1/2" NPT) (Model 100102 Only)	44	24640	1	End Cap Gasket
18	10876	1	Reducing Bushing (Model 60376 Only) (See Diagram)	45	38590-WH2	1	Pump Body Cap
19	13065	1	Pop Hd. ALUM. Screw (1/4" x 1 1/2" x 18)	46	10006	4	Sec. Hd. Cap Screw (1/4" x 2" x 18)
20	10295	1	"O" Ring (1/4" x 1/8" x .142)	47	204071	1	Decal
21	201752	1	Control Valve & Hand Assembly (Model 60376 Only)	48	34760	1	Handle Assy (Model 60376 Only)
22	10073	2	"O" Ring (1/4" x 1/8" x .142)	49	31072-WH2	1	Handle Assy
23	204114 W112	1	Reservoir (Model 60376 Only)	50	11610	1	Handle Grip
24	204114 W102	1	Reservoir (Model 100102)	PARTS INCLUDED BUT NOT SHOWN			
25	204114 D108	1	Reservoir (Model P156)	10375	2	Drive Screw (1/2" x 1 1/2") (For Name Plate)	
26	204114 Q12	1	Reservoir (Model Y-43)	10079	4	Hex Hd. Cap Screw (1/4" x 1 1/2" x 18)	
27	204114 B113	1	Reservoir (Model P-01172AA)	10374	1	Steel Elbow (Model 60376 Only)	
28	204114 R518	1	Reservoir (Model 60376 GAC)	36890	1	Hold Assy (Model 60376 Only)	
29	38731	1	Handle Holder (Model 60376 Only)	38031	2	Decal, Trade Name (Model 100102)	
30	37900-WH2	1	End Cap	201752	2	Decal, Trade Name (Model P156)	
31	10842	1	Copper Washer (1/4" x 1/2" x 1/16")	38034	1	Decal, Trade Name (Model Y-43)	
32	10843	1	Cap Nut (1/4" x 1/2")	16277	1	Decal, Trade Name	
33	10217	1	Relief Valve (1/2" NPT)	201028	1	Decal (Model 60376 Only)	
				201829	1	Decal, Instruction (Model 60376 Only)	

Parts marked with an asterisk (*) are contained in Repair Kit No. 300083.

ANILLO DE PRUEBA

Sección I.- Uso y Cuidado

- 1.- Manéjese cuidadosamente. Usese siempre la caja que se man-
da con el anillo para transportarlo y guardarlo. Antes de
usarlo frótelo con un lienzo ligeramente mojado en aceite
para asegurarse de que está limpio. Después de usarlo lim-
pielo cuidadosamente y frótese nuevamente con el lienzo --
aceitado.

ESTUDIENSE LO SIGUIENTE CON TODO CUIDADO

Sección II.- Lectura del anillo

- 1.- Dése vuelta al cuadrante hasta que el botón esté casi en -
contacto con la punta de la lengüeta. No se da vuelta al
marcador cuando el anillo esté frío.
- 2.- Róngase en movimiento la varilla con la goma de un lápiz,
moviendo el tambor como 1/2 pulgada a un lado, después suél-
tase.
- 3.- Mientras la varilla está vibrando, muévase el tambor de ma-
nera que el botón avance dentro del área de la vibración.
El contacto es indicado por un zumbido musical.
- 4.- Este sonido debe continuar por 2 ó 3 segundos. Si el marca-
dor se mueve demasiado el sonido terminará antes de 2 segun-

dos. Si el marcador no se mueve lo suficiente, el sonido -
será confuso.

Es importante que se obtenga para cada grupo de lecturas de
carga y de no carga, un sonido de igual intensidad por-que
la variación puede afectar apreciablemente los valores de -
calibración.

- 5.- Lease el marcador a 1/10 de división o menos. Véase la seg-
ción VI para calcular la carga.

Sección III.- Temperatura

- 1.- El cuarto, la máquina de pruebas, y el anillo de prueba, de-
ben de tener aproximadamente la misma temperatura. El tien-
po varía según el tamaño del anillo. Dos o tres horas pue-
den requerirse para un anillo grande.
- II.- La gráfica de calibración que se incluye con el anillo, es-
tá correcto para una temperatura de 70° F.
- III.- La fórmula para corregir los factores de calibración para dis-
tintas temperaturas está dada en el certificado.
- IV.- Los factores de calibración disminuyen con el aumento de tem-
peratura y aumentan con la disminución de temperatura.

Sección IV.- Preparación para carga de compresión.

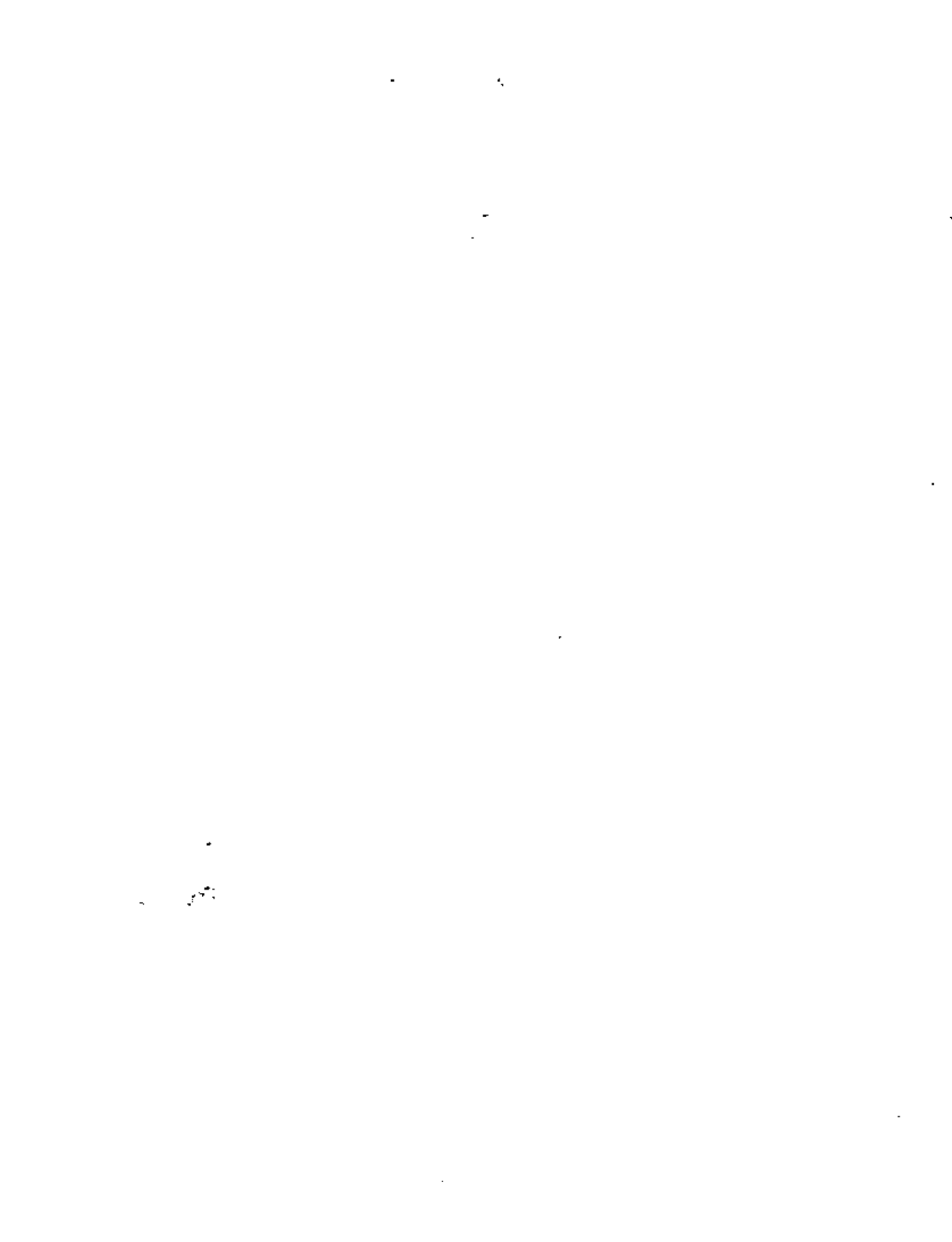
- I.- Provéase de una placa de acero. La dureza debe ser no menos de 250 Brinell o Rockwell C. Escala 24. Las superficies deben de ser pulidas y paralelas. Como uso hierro forjado por que es peligroso. Póngase la placa en la mesa de la máquina de prueba. Párese el anillo en la placa.
- II.- Póngase una pieza de metal suave Brinell no más de 200 o Rockwell C. Escala 14 en la estreñidad esférica del apoyo superior. Aplíquese la carga. No se mueva la placa cuando se quite la carga. Si se mueve vuélvase a poner en su posición original.
- III.- El anillo debe quedar perpendicular con referencia a la mesa y la cabeza de la máquina de prueba de manera que la dirección de la fuerza aplicada sea paralela al eje de los apoyos del anillo.
- IV.- Oscilando el anillo a mano mientras se aplica lentamente la carga puede ayudarse a lograr el alineamiento deseado. Especialmente para anillos de 3,000 kg. o de capacidades menores que están provistos con un asiento para una esfera de 10 mm en el apoyo superior sobre la que se aplica la carga.

###...

Sección V.- Procedimiento de Calibración para compresión.

- I.- Puesto que las máquinas de prueba están construidas generalmente, para incrementos de carga los anillos de prueba están calibrados también para incrementos de carga.
- II.- Tómesese una lectura con carga cero.
- III.- Dése vuelta al marcador por un espacio igual a la capacidad de deflexión del anillo. Dése vuelta cuidadosamente al final para evitar que se traben las roscas del anillo del micrómetros. Para este anillo, cuando el martillo está en contacto con el yunque, puede ser útil darlo al marcador dos vueltas y 130 divisiones. Esta es la capacidad de deflexión del anillo.
- IV.- Cárguese antes el anillo a su capacidad o a la máxima carga que vaya a usarse en la calibración si esta carga es menor que la capacidad del anillo. Debe observarse el anillo para ver que la deflexión no exceda la capacidad de deflexión para evitar sobrecargas en el anillo y doblar el vibrador.
- V.- Quítase la carga y tómesese la lectura de carga cero.
- VI.- Aplíquese la primera carga de prueba y tómesese la lectura.
- VII.- Quítase la carga de prueba y tómesese la lectura de carga cero.

###...



VIII.- Aplíquese la siguiente carga de prueba, tómese la lectura, quítese la carga y tómese la lectura cero.

IX.- Aplíquese otras cargas de prueba de la misma manera.

X.- Haga una espera de 10 a 60 segundos después de quitar la carga.

Sección VI.- Cálculo de la carga.

I.- Calcúlese la deflexión del anillo para cada carga usando el promedio de las lecturas de carga cero tomadas antes y después de cada carga de prueba.

II.- Para cada deflexión obtengase el factor de calibración de la gráfica de calibración.

III.- Si es necesario corregir los factores de calibración por la temperatura úsese la fórmula dada en el certificado de calibración.

IV.- Calcúlese la carga del anillo multiplicando la deflexión por el factor de calibración correcto para cada carga.

Sección VII.- Cálculo del error de la máquina de prueba.

I.- El error de la máquina de prueba es igual a la carga indicada por la máquina menos el peso del anillo.

II.- Para definir el porcentaje de error, corrección, tolerancia y variación de carga, consúltese, Standard Method Of Verification Of Testing Machines, American Society for testing materials

Standards. Part 1, Metals 1936, 849 - 860.

Sección VIII.- Preparación para cargas de tensión.

I.- Atorníllese las esferas en los apoyos del anillo hasta dar con el tope, después desatorníllese media vuelta. Una conexión suelta es favorable a un alineamiento de todas las partes.

II.- La extremidad exterior de cada varilla de tensión esté provista de un soporte esférico. Provéase a la cabeza de la máquina y a la mesa de una placa que sujete estos soportes.

III.- Alíniese por medio de observaciones. Cualquier desalineamiento será corregido por las esferas. Hágase oscilar las partes mientras se pone una carga ligera.

Sección IX.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN PARA TENSION

I.- Es semejante al procedimiento para la compresión con la excepción de que las fuerzas aplicadas están en dirección opuesta.

II.- Puesto que el marcador no puede ponerse de antemano para la capacidad de deflexiones en tensión es necesario observar la lectura del anillo mientras se carga lentamente para evitar una sobrecarga.



Sección X.- SUGERIONES .

I.- No se toque el anillo más de lo que sea necesario para colocarlo. La regla debe de ser tocado lo menos posible. El calor de las manos provoca una expansión. El sudor de las manos lo mancha y oxida. Vibrese la varilla según las instrucciones de la Sección 2, la varilla es delgada y responde rápidamente a los cambios de temperatura lo suficiente para efectuar apropiadamente las lecturas.

II.- No se quiten partes del aparato medidor de deflexión. Hay un ajuste automático para el desgaste de los tornillos del micrómetro. Cuando éste ha llegado a su límite hay un ajuste que renova el automático, cuando usted crea que es necesario hacer uso de éste, según ajuste, comuníquese con nosotros.

III.- Esperamos que nuestros anillos de prueba sean exactos y de confianza durante años, no sabemos por cuantos. El cuidado de usted ayudará en esto, le hemos mandado el mejor anillo que sabemos hacer. Esperamos haremos uno mejor tan pronto como sepamos hacerlo.

IV.- Si se presenta cualquier problema sobre el cuidado o el ajuste de este anillo, lo mejor es que nos escriba antes de intentar arreglarlo.

V.- Recalibración del National Bureau of Standards sugiere una recalibración anual. Francamente no sabemos que opinar de esto.

El Bureau tiene muchos de nuestros anillos y calibrándolos frecuentemente los encuentran notablemente constantes, mucho depende de los requisitos de la máquina que usted usa, juzgue usted por sí mismo.

VI.- En caso de que su anillo requiera alguna compostura debido a un accidente, lo mejor es que nos lo manda para inspeccionarlo y corregirlo.

VII.- Una sugerición mas, lea las instrucciones de nuevo, selecciona los puntos que debe tener siempre presentes durante su uso, anótelos en un espacio separado.



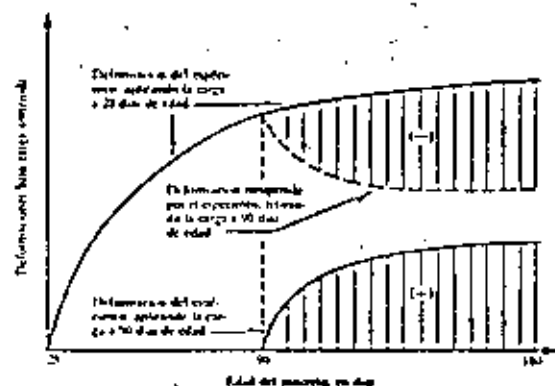


Fig. 1.39. Ejemplos de superposición de deformaciones

1.4.2.2 Resistencia mecánica

Se refiere a la aptitud que tiene el concreto endurecido para soportar los esfuerzos requeridos de las diversas condiciones de carga a que puede hallarse sometido, de ahí que se defina en forma de la magnitud del esfuerzo que produce la falla del concreto, en las condiciones de carga dadas. Este esfuerzo máximo, también conocido como de ruptura, es susceptible de variar notablemente para un mismo concreto, dependiendo de las edades, condiciones de carga, por lo que resulta necesario revisar el comportamiento de este para las situaciones más comunes que se presentan en la práctica.

El concreto endurecido se considera como un material frágil con buena aptitud para resistir esfuerzos de compresión y muy

escasa capacidad para soportar los de tensión. No obstante, conforme a lo visto en 1.4.2.1, cuando se le sujeta a incrementos sucesivos de carga a compresión, no sólo presenta cierto comportamiento plástico, sino que su resistencia a tensión puede llegar a alcanzar valores tan altos como 15 o 20 por ciento de la resistencia a compresión. De lo anterior se deduce la conveniencia de conocer los factores que influyen en su forma de comportamiento.

De acuerdo con los tres tipos básicos de esfuerzos, la resistencia del concreto se determina por compresión, tensión y cortante. La primera es fácil de medir en el laboratorio, sometiendo especímenes a cargas axiales de compresión hasta su ruptura. La resistencia a tensión puede medirse directamente sometiendo piezas a cargas axiales de tensión, solo que, por lo poco práctico, se prefiere el empleo de métodos indirectos. Como generalmente el esfuerzo cortante se presenta en las estructuras combinado con otro (tensión o compresión), la medición de resistencia a cortante puro no es una práctica corriente.

En cualquier caso, la determinación de resistencia mecánica es el medio más frecuente para estimar la calidad del concreto. Esta situación parece derivar de tres circunstancias principales:

El valor de la resistencia mecánica suele determinar —o por lo menos influir en— la capacidad de carga de las estructuras de concreto.

Es la prueba más sencilla, rápida y de resultados más reproducibles, entre las que pueden efectuarse al concreto endurecido.

Existen experiencias que correlacionan los resultados de pruebas de resistencia mecánica con los de otras más complicadas.

1.4.2.2.1 Resistencia a compresión. En gran número de casos, el concreto en las estructuras se destina a trabajar bajo esfuerzos de compresión. De no ser así, esta resistencia se continúa

considerando como un índice de la calidad del concreto en general. De ahí la popularidad alcanzada al respecto.

La resistencia a compresión del concreto se determina sobre especímenes representativos. Para que los resultados obtenidos en diferentes épocas y lugares, y por distintas conductas, sean comparables, es necesario que las mixturas se obtengan, elaboren, curen y ensayen en condiciones invariables. En la práctica local se emplean piezas cilíndricas con altura igual al doble del diámetro (en la cúpula son cúbicas).

El ensayo consiste en someter los especímenes, al cabo de un cierto tiempo de elaborados, a una carga creciente que produzca esfuerzos de compresión en toda la sección transversal, hasta alcanzar el máximo que pueda resistir el concreto. Para un concreto dado, la magnitud del esfuerzo máximo de compresión (que define su resistencia) puede variar de acuerdo con numerosos factores: energía de moldeo, humedad y temperatura de curado, edad de prueba, dimensiones del espécimen, condiciones y velocidad de aplicación de carga.

a) **Energía de moldeo.** La energía de moldeo durante la elaboración de los especímenes debe ser suficiente para alcanzar su completa compactación; de lo contrario, la resistencia que se obtenga puede ser menor de la que potencialmente le corresponde, conforme a su relación agua/cemento. Esto significa que la energía de moldeo debe ser acorde con la consistencia de la mezcla de concreto, la cual se pone de manifiesto en la fig. 1.60 (ref. 5), donde se observa que en mezclas con baja relación agua/cemento (y consistencia seca) existe el riesgo de obtener bajas resistencias si el concreto no se compacta convenientemente.

En este aspecto, los métodos ASTM previenen lo siguiente:

Consistencia de la mezcla (reventamiento, en cm)	Energía de moldeo (cilindro estándar 15 × 30 cm)
Más de 7.5	Varillado: 75 inserciones distribuidas en tres capas

Entre 7.5 y 2.5

Varillado en tres capas o vibrado en dos

Menos de 2.5

Vibrado en dos capas

También se previene que, en casos de mezclas con más de 7.5 cm de reventamiento, pero con poca manejabilidad, el simple varillado es insuficiente para la completa compactación del concreto, siendo entonces permitida incrementar la energía de moldeo mediante golpes adicionales comunicados directamente a los moldes con la propia varilla, hasta asegurar el cierre superficial de la mezcla.

b) **Humedad, temperatura y edad.** El efecto que estas variables ejercen sobre la resistencia del concreto se describió en 1.4.2. Su reglamentación, que define las condiciones estándar de prueba, es la siguiente:

Humedad y temperatura. Durante las primeras 40 horas de edad como máximo, se permite que los especímenes permanezcan en el sitio de fabricación, bajo ciertas condiciones de protección. Después deben trasladarse a un ambiente con 100 por ciento de humedad relativa, y $23 \pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura.

Edad de prueba. Las piezas pueden ensayarse a cualquier edad corta (usualmente siete días) con objeto de obtener información preliminar sobre la resistencia del concreto, pero, si se trata de saber si se ha obtenido la resistencia requerida, entonces el ensayo debe efectuarse a los 28 días de edad. En la terminología corriente, se entiende por resistencia de proyecto (f_c) la que debe presentar el concreto a los 28 días de edad, cuando se ensayan a compresión simple cilindros representativos fabricados, curados y probados en condiciones estándar.

c) **Dimensiones de los especímenes.** Ejercen notable influencia en los resultados de resistencia a compresión del concreto. Tomando como base la práctica de ensayar especímenes cilíndricos, que prevalece en el medio nacional, se tienen las siguientes experiencias.



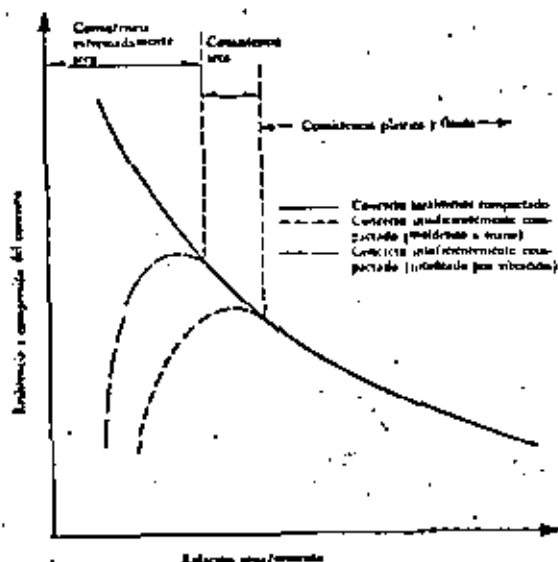


Fig. 160. Influencia de la energía de molde en la resistencia del concreto

Relación entre altura y diámetro del cilindro. Esta relación, también conocida como de esbeltez, debe ser 20 en los cilindros estándar (altura igual a doble del diámetro). Sin embargo, cuando se ensayan muestras (ensayos) extraños de elementos de concreto endurecidos, muchas veces no es posible respetarla. En estos casos, es necesario aplicar a la resistencia obtenida un

factor de corrección que tome en cuenta el cambio en la relación de esbeltez, respecto a la condición estándar. En la fig. 161 (ref. 1) se muestran estos factores logrados experimentalmente para cilindros con relación de esbeltez comprendida entre 0.5 y 4.0. Tomando como referencia la pieza estándar con relación igual a 2.0 (factor de corrección igual a 1.0), el factor varía, en la forma indicada, de 0.56 a 1.12. Se observa que tiene mucho mayor efecto una reducción que un aumento en la relación de esbeltez.

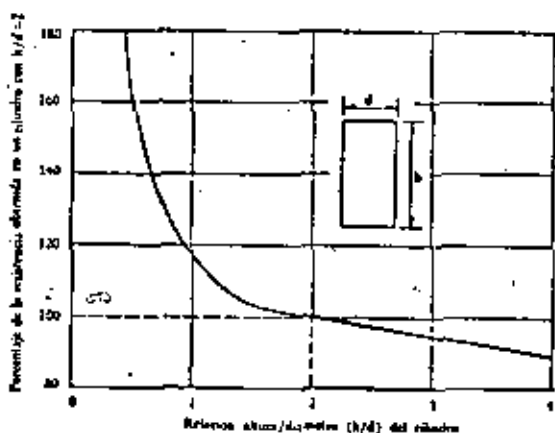


Fig. 161. Influencia de la relación de esbeltez (h/d) en la resistencia a compresión de cilindros de concreto

Influencia del diámetro del cilindro. Para evitar la influencia perniciosal de partículas demasiado grandes de agregado sobre el valor de la resistencia obtenida, se especifica, frecuentemente,

que el diámetro de los especímenes cilíndricos no sea menor de tres veces el tamaño máximo del agregado, aunque puede ser mayor, lo cual ocurre con frecuencia cuando se emplean moldes cilíndricos de 15 x 30 cm (6 x 12 pulg.) para ensayar concretos con agregados de 19 mm (3/4 pulg.), y aun 25 mm (1 pulg.), de tamaño máximo. En cuyo caso, la relación entre diámetro y tamaño máximo puede llegar a ser hasta de 16.

Conviene observar lo que ocurre con la resistencia, cuando un mismo concreto se ensaya en especímenes cada vez mayores. El resultado se muestra en la fig. 162 (ref. 1), que indica cómo disminuyen los resultados de resistencia a medida que aumenta el diámetro de la muestra. Los datos indican que si un concreto con 19 mm (3/4 pulg.) de tamaño máximo se ensaya en un cilindro de 15 x 30 cm, puede manifestar 5 por ciento menos de resistencia que si se efectúa en uno de 7.5 x 15.0 cm (3 x 6 pulg.). No obstante, como la dispersión de resultados suele aumentar al disminuir el diámetro de los especímenes, en la práctica se prefiere comparar los cilindros de 15 x 30 cm para ensayar cualquier concreto con tamaño máximo de agregado sea menor de 38 mm (1 1/2 pulg.). Cuando el tamaño máximo de agregado es mayor de 38 mm, la práctica recomendada consiste en elaborar piezas cuyo diámetro sea, por lo menos, igual a tres veces el tamaño máximo del agregado; en su defecto es permisible ensayar el concreto en trozos a través de una malla con aberturas cuadradas de 38 mm, con objeto de suprimir todas las partículas que se retengan, y emplearlo ya cribado para elaborar especímenes cilíndricos de 15 x 30 cm. En tal caso debe tenerse presente que este tipo de piezas manifiestan una resistencia mayor que las hechas de concreto sin cribar. El USBR indica, por ejemplo, que un concreto con tamaño máximo 152 mm (6 pulg.) presenta, en cilindros de 15 x 30 cm hechos de concreto cribado, una resistencia 23 por ciento mayor que la del mismo sin cribar, ensayado en muestras cilíndricas de 45 x 90 cm.

d) Condiciones de ensayo. Respecto a las condiciones que prevalecen durante el ensayo de los especímenes, es conveniente

señalar, por su importancia, los efectos que produce el estado en que se encuentran las superficies de las piezas donde se aplica la carga, y la velocidad con que se incrementan los esfuerzos en el concreto.

Para que ocurra una distribución uniforme de esfuerzos de compresión en toda la sección transversal del espécimen cilíndrico, son requisitos indispensables que sus superficies extremas (cabeceras) sean perfectamente planas, paralelas entre sí y normales a su generatriz, y que la carga resulte concéntrica con el espécimen, es decir, coaxial con el eje del cilindro. Para obtener lo primero se acostumbra cubrir las cabezas con un material (azufre o pasta de cemento), que al endurecer resulte perfectamente plano y alcance mayor resistencia que la del concreto de la muestra, o bien rectificadas mediante pulido mecánico. En cualquier caso se establece como tolerancias máximas: 0.05 mm como irregularidad fuera del plano en una cabeza, y tres grados como ángulo permisible entre ambas cabezas. Para conseguir lo segundo, las máquinas de ensayo deben estar provistas de un dispositivo de rotula que asegure verticalidad en la carga que se transmite al espécimen, no obstante la posible falta de paralelismo entre sus cabezas. Además se requiere que el eje de la muestra coincida con el del dispositivo de transmisión de la carga. De no cumplirse cualquiera de dichos requisitos, se disminuye la resistencia del espécimen por la concentración de esfuerzos de compresión, o bien la presencia de los de tensión en su área transversal. Por ejemplo, en el caso de especímenes cúbicos, su resistencia puede relacionarse con la excentricidad de la carga de ruptura, mediante la siguiente expresión (ref. 13):

$$R = R_c (1 + 3 e)$$

donde

e = excentricidad de la carga respecto al espécimen (0 < e < 1)

R. resistencia obtenida con una carga aplicada con excentricidad e

R. resistencia obtenida en el mismo espécimen correctamente centrado

En un cubo de 20 cm. cuyo eje se encuentre desplazado 5 mm respecto al de la rótula durante su ensayo, la excentricidad

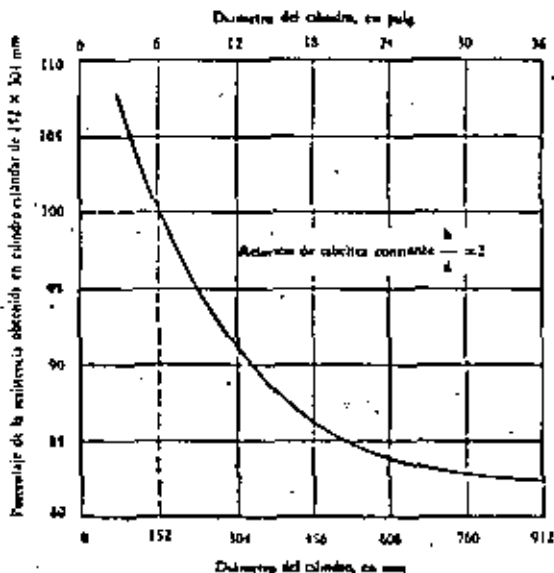


FIG. 1.62. Influencia del diámetro en la resistencia a compresión de cilindros de concreto.

sería $0.5/100 = 0.05$, y la resistencia obtenida teóricamente en esas condiciones:

$$R_{0.05} = \frac{R}{1 + 3 \times 0.05} = 0.87 R$$

Es decir, que la deficiencia de centrado podría reducir en 13 por ciento la resistencia a compresión del espécimen.

Otro aspecto del ensayo que influye en la resistencia de la pieza se refiere a la fricción entre sus cabezas y las platinas metálicas de la máquina. Al reducirse la fricción (mediante un lubricante, por ejemplo) disminuye la carga que produce la ruptura del espécimen. La explicación que se da a este comportamiento es que durante la carga de la muestra, el acero de las platinas tiende a deformarse transversalmente menos que el concreto, en función de la diferencia de propiedades elásticas entre ambos materiales. En estas condiciones, las platinas restringen dichas deformaciones en la vecindad de las cabezas del espécimen, lo que produce esfuerzos de corte en el concreto, cuya magnitud depende del impulsamiento para que este se deforme lateralmente; el espécimen sometido a esfuerzos combinados de compresión y corte soporta mayor carga antes de fallar que cuando se le sujeta a esfuerzos de compresión simple. Si la prueba se realiza en condiciones comunes, se genera cierta fricción natural entre las cabezas de la muestra y las platinas de la máquina, por lo que la falla del concreto, bajo combinación de esfuerzos, se manifiesta en planos inclinados que tienden a formar dos conos concurrentes en sus vértices (fig. 1.63), cuya altura es 0.4 h aproximadamente, siendo h la del espécimen.

Cuando intencionalmente se interpone un lubricante entre las cabezas de la pieza de prueba y las platinas, el concreto se deforma lateralmente con libertad y sin esfuerzos de corte; en este caso, la falla del espécimen ocurre según planos aproximadamente verticales (fig. 1.64), pudiendo ser menor la carga de ruptura. Es pertinente esta observación porque como en la práctica se acostumbra lubricar con aceite los moles y machos donde

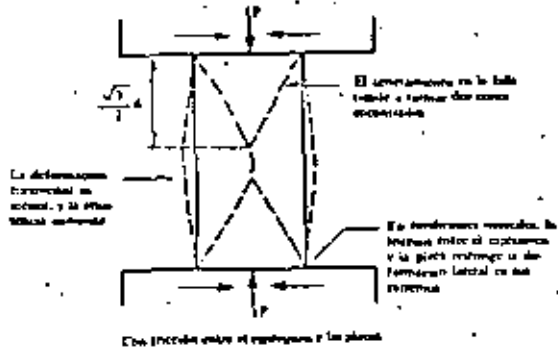


FIG. 1.63. Influencia de la fricción de contacto sobre la resistencia a compresión de especímenes de concreto.

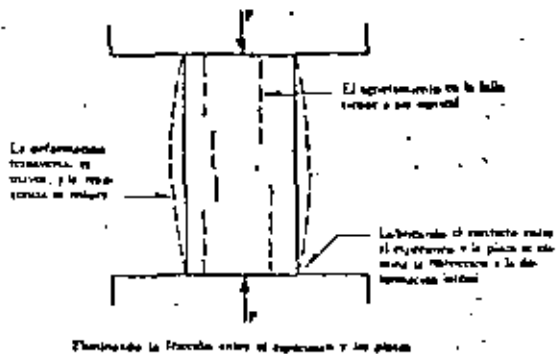


FIG. 1.64. Influencia de las condiciones de contacto sobre la resistencia a compresión de especímenes de concreto.

se vierte el azufre fundido durante la instalación de las cabezas de los especímenes, con objeto de facilitar el desmoldado, estas pueden encontrarse con lubricante en el momento de la prueba. Para evitar dicha fuente de variación en los resultados, se recomienda la limpieza de las cabezas, previa al ensayo.

La rapidez con que se incrementan los esfuerzos sobre un espécimen de concreto influye notablemente en el valor que alcanza la carga de ruptura, pues esta aumenta a medida que la velocidad se incrementa. Este efecto puede atribuirse al hecho de que, cuando disminuye la velocidad de carga, no solo aumenta el tiempo necesario para alcanzar un cierto esfuerzo, sino también la deformación del concreto debida a flujo plástico. De este modo, al llegar a un mismo nivel de esfuerzos, la deformación del concreto puede diferir de un caso a otro, dependiendo de la rapidez con que se hayan alcanzado los incrementos de carga; es consecuencia, la deformación total que produce la falla del concreto ocurre bajo distinto valor de esfuerzos, dependiendo del tiempo tomado para aplicar la carga. Consecuentemente, para comparar resistencias de especímenes, aun cuando se intenta, es indispensable recomendar la velocidad con que se les aplica carga. Las especificaciones ASTM establecen como estándar la compresión entre 20 y 50 lb/pulg²/seg (1.4 a 3.5 kg/cm²/seg) que, para el caso de los cilindros de 15 x 30 cm (sección = 181 cm²), se concreta en una velocidad de 15 a 35 mm/min. En la fig. 1.65 (ref. 19) se presenta la tendencia del incremento de resistencia con el de rapidez de carga. Para fines ilustrativos, se señala el intervalo de velocidad que corresponde a la prueba de cilindros estándar.

Finalmente, el contenido de humedad del concreto, en el momento de la prueba, también desempeña un papel importante en la magnitud de su resistencia a compresión, la cual es mayor en un espécimen contenga su contenido de humedad menor. Como explicación a este fenómeno puede considerarse la estructura del gel de cemento, cuya característica principal es su gran desarrollo de superficie interna. Conste-



SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NORMA OFICIAL MEXICANA

DCN - D-122-1964

MANOMETROS TIPO TUBO BOURDON

DIRECCION GENERAL DE NORMAS

16/4

201 PROBLEMAS DE CONCRETO

que lo indicado en 1.4.1.2 el agua contenida en el concreto puede dilatarse en no explicable (combinada quimicamente con el cemento) y expansible (absorbida por los poros de cemento y absorbida por los empujones capilares), siendo el contenido de esta última el que define su estado de humedad. La absorbida por el pel de cemento (entra por los de distribución y capilares) puede juzgarse como una capa de humedad de agua adherida en toda su superficie interna. Debido a las fuerzas de atracción (fuerzas de van der Waals) que el ambiente es más propicio a la deshidratación (condición de sequedad) las fuerzas de atracción tienden a ser superadas y solo contra fuerzas en la estructura de la parte de cemento que le producen contracción. Lo que, al aumentar la edad, favorece la resistencia. Por lo contrario, al incrementarse el contenido de agua en el cemento (por saturación), se genera cierta presión hidrostática en el interior de los poros de cemento, que conduce a fuerzas que provocan expansión de la parte, la cual, por ser adherida a la estructura del material, hace que la resistencia disminuya. El fenómeno descrito es reversible, de tal modo que la resistencia puede incrementarse o reducirse conforme varia, en un sentido o en otro, el estado de humedad. Con objeto de mostrar este aspecto como variable en las pruebas de resistencia del concreto, nombradas re se experimenta el grado de humedad que deben poseer los especímenes en el momento de su prueba. Esta condición, conforme a la práctica local, consiste en ensayarlos con el mismo estado de humedad que alcanzarán durante su vida, bajo condiciones normales. Esta situación es requerida, es necesario que el ensayo se llave a cabo en cuanto las muestras se retiren de la cámara de curado.

en falta del concreto a compresión. No día de ser ensayo que aun cuando la prueba más completa para comprobar la calidad del concreto es la de resistencia a compresión simple, existen discrepancias en cuanto a la expresión del resultado según el cual falla el concreto cuando se le somete a esfuerzos de esa índole. Al respecto, se presenta una gráfica que muestra la influencia de tal a compresión, al fijando en cuenta las condiciones y otros factores más relevantes. Conforme se indicó en 1.4.2.1, cuando un espécimen de concreto se sujeta a esfuerzos de compresión simple, experimenta una deformación y sostiene, antes de romperse, un número y características que se clasifican como un a deformación y un comportamiento, respectivamente. Detrás de estas definiciones simultáneamente con las cargas aplicadas, se observan:

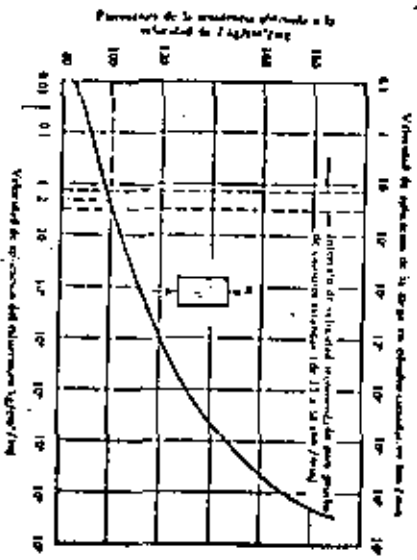


Fig. 1.53 Influencia de la cantidad de adición de ref. en la cantidad de vapor de agua

121 14 CONCRETO PARA OBRAS DE





1 DEFINICIÓN Y GENERALIDADES

1.1 DEFINICIÓN

Se entiende por manómetros tipo tubo Bourdón al instrumento metálico con un tubo flexible diseñado y construido para indicar presiones efectivas, mediante la transmisión del movimiento de flexión del tubo a un índice que recorre una escala.

1.2 GENERALIDADES

Los manómetros que se consideran en esta Norma serán exclusivamente aquellos del tipo de tubo Bourdón.

1.3 USOS

Estos instrumentos se emplean para registrar presiones manométricas, vacíos manométricos y combinaciones de presiones y vacíos, con una escala máxima de 1 400 kg/cm². Rangos superiores a 1 400 kg/cm², no quedarán sujetos a las tolerancias especificadas en esta Norma.

2 CLASIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES

2.1 CLASIFICACIÓN

2.1.1 Por su presión.- Por la presión que miden, los manómetros se dividen en 3 tipos:

Tipo I Manómetros de vacío.

Tipo II Manómetros para presión.

Tipo III Manómetros mixtos, para presión y vacío.

Reciben el nombre de manómetros de vacío aquellos que miden presiones menores a la atmosférica de 1.033 kg/cm².

Se llaman manómetros para presión, aquellos que miden presiones mayores a la atmosférica de 1.033 kg/cm².

Se denominan manómetros mixtos para presión y vacío, aquellos que miden indistintamente presiones menores y mayores a la atmosférica de 1.033 kg/cm².

NOTA.- Las mediciones de los diversos tipos de manómetros se efectúan en los límites generales que señala la gráfica 1.

2.1.2 Los manómetros se clasifican:

Por su escala y precisión en:

a) Manómetros de prueba tipo Bourdón, con escalas concéntricas.

b) Manómetros industriales tipo Bourdón, con escalas concéntricas.

c) Manómetros industriales tipo Bourdón, con escalas excéntricas.

2.1.2.1 Manómetros de prueba tipo Bourdón, con escalas concéntricas.

Para los propósitos de esta Norma, se entiende por manómetros de prueba aquellos que serán utilizados para mediciones precisas de presiones en laboratorios o en industria donde la medición directa de la presión requiere condiciones excepcionales de exactitud, cuando pueden ser obtenidas las condiciones ideales de medición.

2.1.2.2 Manómetros industriales tipo Bourdón, con escalas concéntricas.

Para los propósitos de esta Norma, se entiende por manómetros industriales aquellos que serán utilizados para mediciones normales, de acuerdo con las especificaciones que esta Norma señala. Un manómetro se dice tiene escala concéntrica, si la lectura de la presión medida se efectúa sobre una escala graduada en la que todos sus puntos son equidistantes del centro de la carátula del manómetro, como muestra la figura 1.

2.1.2.3 Manómetros industriales, con escalas excéntricas.

Se entiende por manómetros industriales con escalas excéntricas, aquellos utilizados para mediciones normales con una escala graduada en la que sus puntos no están equidistantes del centro de la carátula del manómetro.

2.1.3 Por su construcción y conexión.- Los manómetros se clasifican en:

a) Manómetros con montaje directo.

b) Manómetros con montaje en placa.

El manómetro de conexión posterior, tiene la tubería de conexión directamente atrás de la carátula.

El manómetro de conexión inferior, tiene la tubería de conexión directamente abajo de la carátula.

2.1.3.1 Manómetros tipo Bourdón, con montaje directo.

Reciben este nombre aquellos manómetros que van montados directamente sobre la tubería de conexión, sin placa o brida auxiliar. Pueden tener dos tipos de conexiones:

a) Conexión posterior.

b) Conexión inferior.

2.1.3.2 Manómetros tipo Bourdón, con montaje en placa o brida.

Reciben este nombre aquellos manómetros que no van montados directamente sobre la tubería de conexión sino que, están apoyados en una placa o brida, la que a su vez permite sujeción por medio de tornillos en una superficie plana (pared o placa metálica).

Los manómetros con montaje en placa pueden ser de 2 tipos:

a) Con montaje sobrepuesto.

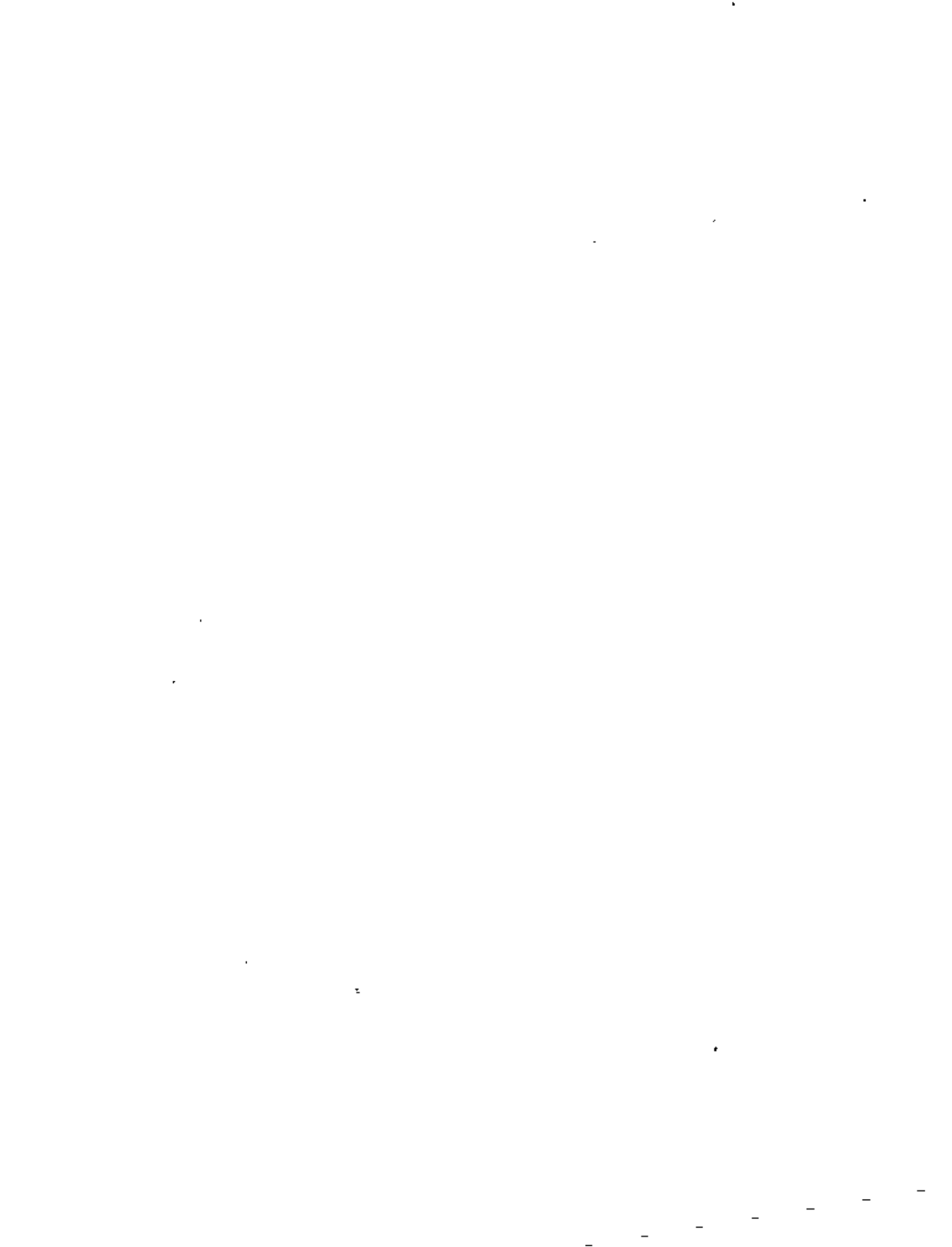
b) Con montaje a ras.

Igualmente, pueden tener conexión posterior o conexión inferior.

El manómetro con montaje sobrepuesto tiene el cuerpo del manómetro sobresaliendo de la placa o brida de sujeción.

El manómetro con montaje a ras tiene el cuerpo del manómetro atrás de la placa o

Comisión Mexicana de Normas (C.M.N.) - Comisión Mexicana de Normas (C.M.N.) - Comisión Mexicana de Normas (C.M.N.) - Comisión Mexicana de Normas (C.M.N.) - Comisión Mexicana de Normas (C.M.N.)



brida de sujeción, quedando la capátula al nivel de la brida.

2.2 ESPECIFICACIONES

2.2.1 Físicas

2.2.1.1 Presión de trabajo

Los límites de presión a que deberán construirse los manómetros industriales, se dan en la Tabla I.

T A B L A I

LÍMITES DE PRESIÓN EN kg/cm^2 , PARA MANÓMETROS TIPO BOURGON.

Tipo	Límites	Presión máxima de trabajo normal.	
		Para presiones constantes, hasta.	Para presiones variables, hasta.
		kg/cm^2	kg/cm^2
X Manómetros de vacío.	0 - 0.6	-----	-----
	0 - 1	-----	-----
II Manómetros de presión	0 - 0.6	0.45	0.36
	0 - 1.0	0.75	0.6
	0 - 1.6	1.2	0.9
	0 - 2.0	1.5	1.2
	0 - 2.5	1.8	1.5
	0 - 3.0	2.2	1.8
	0 - 4.0	2.5	2.4
	0 - 5.0	3.7	3.0
	0 - 6.0	4.5	3.6
	0 - 7.0	5.2	4.2
	0 - 10.0	7.5	6.0
	0 - 11.0	8.2	6.6
	0 - 14.0	10.5	8.4
	0 - 16.0	12.0	9.0
	0 - 17.0	12.7	10.2
	0 - 21.0	15.7	12.6
	0 - 25.0	19.0	15.0
	0 - 28.0	21.0	16.80
	0 - 35.0	26.2	21.00
	0 - 40.0	30.0	24.0
0 - 42.0	31.5	25.2	
0 - 56.0	42.0	33.6	
0 - 63.0	47.0	36.0	
0 - 70.0	52.5	42.0	
0 - 100.0	75.0	60.0	
0 - 110.0	82.5	66.0	
0 - 140.0	105.0	84.0	
0 - 160.0	120.0	90.0	
0 - 210.0	157.5	126.0	
0 - 240.0	180.0	150.0	
0 - 350.0	262.5	210.0	
0 - 400.0	300	240	
0 - 630	470	360	
0 - 700	525	420	
0 - 1000	750	600	
0 - 1050	767.5	630	
0 - 1400	1050	840	
III Manómetros dual de vacío y presión.	-1-0: 0-0.6	0.45	0.36
	-1-0: 0-1.0	0.75	0.6
	-1-0: 0-1.6	1.2	0.9
	-1-0: 0-2.0	1.5	1.2



TABLE 1 (continuación.)

Tipo	Límites	Presión máxima de trabajo normal	
		Para presiones constantes hasta...	Para presiones variables, hasta...
	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
III Manómetros mixtos de vacío y presión.	-1-0: 0-2.5	1.8	1.5
	-1-0: 0-3.0	2.2	1.8
	-1-0: 0-4.0	2.5	2.4
	-1-0: 0-5.0	3.7	3.0
	-1-0: 0-6.0	4.5	3.6
	-1-0: 0-7.0	5.2	4.2
	-1-0: 0-10.0	7.5	6.0
	-1-0: 0-11.0	8.2	6.6
	-1-0: 0-14.0	10.5	8.4
	-1-0: 0-16.0	12.0	9.0

2.2.1.2 Presión máxima de trabajo normal.

La máxima presión de trabajo a la que los manómetros deberán trabajar normalmente, corresponderá al 75 % del límite máximo de la presión de construcción del manómetro con presiones constantes, y del 60% del límite máximo de la presión de construcción del manómetro de presiones variables, como indica la tabla 1 en las columnas 3 y 4.

2.2.1.3 Exactitud de la medición.

La exactitud de la medición en un manómetro tipo Bourdon, dependerá del tipo de manómetro; por su exactitud, los manómetros industriales tipo Bourdon con carátula -concentrica se clasifican:

Tipo A. Manómetros con un error máximo del 1%.

Tipo B. Manómetros con un error máximo del 1 1/2 %

Tipo C. Manómetros con un error máximo del 2 %

Este error, indicado en los tres tipos, dependerá del límite máximo de la presión a que están graduados, en las presiones indicadas que van del 10 al 90% de la graduación en la escala del manómetro; y un error máximo del 2% en las presiones restantes de la escala para los tres tipos.

Los manómetros industriales tipo Bourdon, con carátula excéntrica, se dividen en tres grupos que son:

Tipo A. Manómetros con un error máximo del 2 %

Tipo B. Manómetros con un error máximo del 3 %

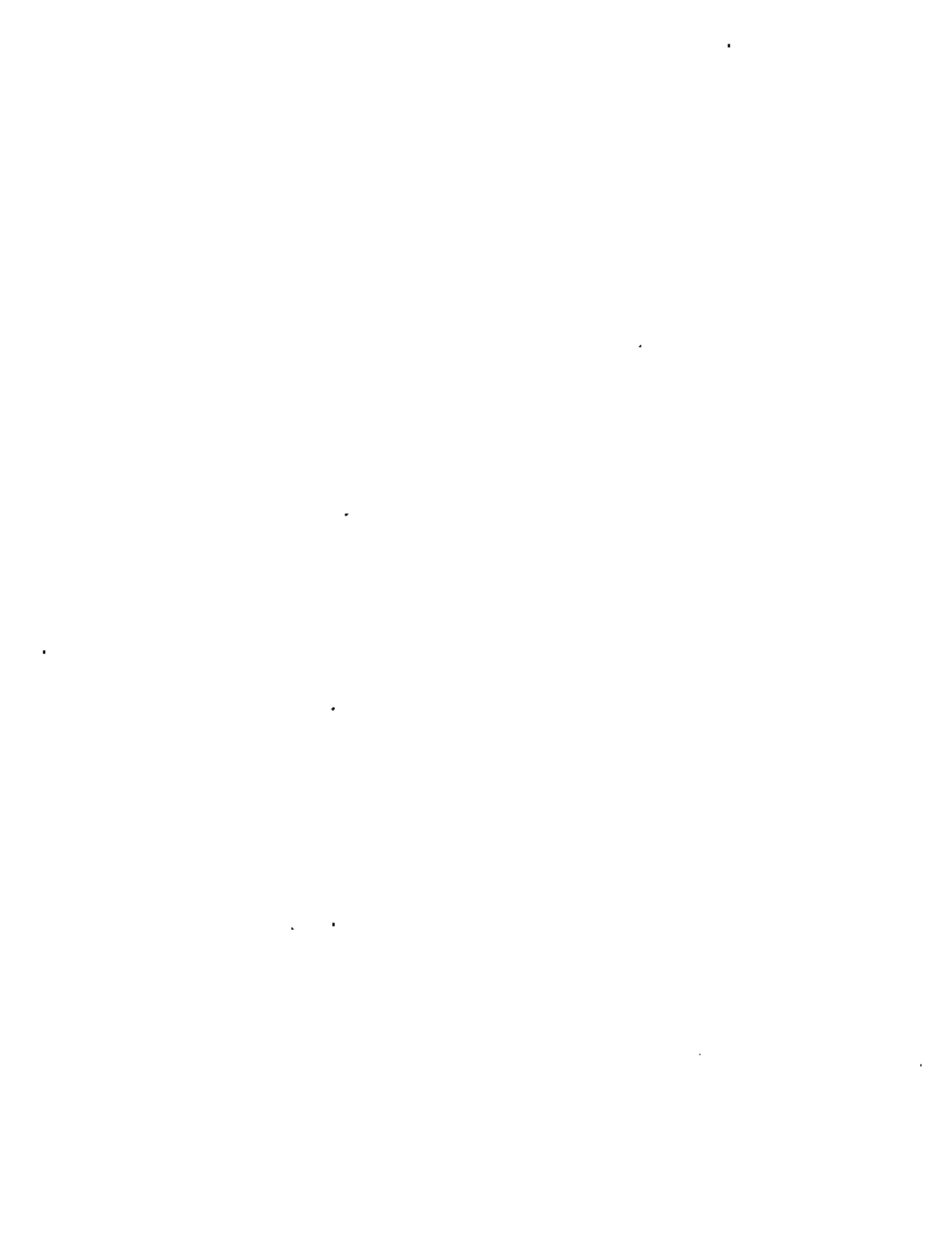
Tipo C. Manómetros con un error máximo del 4 %

Este error, indicado en los tres tipos, dependerá del límite máximo de la presión a que están graduados, en las presiones indicadas que van del 10 al 90% de la graduación en la escala del manómetro; y un error máximo del 4% en las presiones restantes de la escala para los tres tipos.

TABLE 2

ERROR PERMITIDO EN LA LECTURA DE PRESIONES PARA EL TIPO A.

Límites de lectura, kg/cm ²	Manómetros de prueba (Error permitido en 1 kg/cm ²)	Manómetros concéntricos		Manómetros excéntricos.	
		Lectura		Lectura	
		10-90 % escala	Resto de la escala	10-90% escala	Resto de la escala
		Error permitido en (±) kg/cm ²		Error permitido en (±) kg/cm ²	
0 - 0.6	0.0015	0.006	0.012	0.012	0.024
0 - 1.0	0.0025	0.010	0.020	0.020	0.040
0 - 1.6	0.0040	0.016	0.032	0.032	0.064
0 - 2.0	0.0050	0.020	0.040	0.040	0.080
0 - 2.5	0.00625	0.025	0.050	0.050	0.100
0 - 3.0	0.00750	0.030	0.060	0.060	0.120
0 - 4.0	0.0100	0.040	0.080	0.080	0.160
0 - 5.0	0.0125	0.050	0.100	0.100	0.200
0 - 6.0	0.0150	0.060	0.120	0.120	0.240
0 - 7.0	0.0175	0.070	0.140	0.140	0.280
0 - 10.0	0.0250	0.10	0.20	0.20	0.40
0 - 11.0	0.0275	0.11	0.22	0.22	0.44
0 - 14.0	0.0350	0.14	0.28	0.28	0.560
0 - 16.0	0.0400	0.16	0.32	0.32	0.640
0 - 17.0	0.0425	0.17	0.34	0.34	0.680
0 - 21.0	0.0525	0.21	0.42	0.42	0.84
0 - 25.0	0.0625	0.25	0.50	0.50	1.00
0 - 28.0	0.0700	0.28	0.56	0.56	1.12
0 - 35.0	0.0875	0.35	0.70	0.70	1.40
0 - 40.0	0.1000	0.40	0.80	0.80	1.6
0 - 42.0	0.1050	0.42	0.84	0.84	1.68
0 - 56.0	0.1400	0.56	1.12	1.12	2.24
0 - 63.0	0.1575	0.63	1.26	1.26	2.52
0 - 70.0	0.1750	0.70	1.40	1.40	2.80
0 - 100.	0.2500	1.00	2.00	2.00	4.00
0 - 110	0.2750	1.10	2.20	2.20	4.4
0 - 140	0.3500	1.40	2.80	2.80	5.6
0 - 160	0.4000	1.60	3.20	3.20	6.4
0 - 210	0.5250	2.10	4.20	4.20	8.4
0 - 250	0.6250	2.50	5.00	5.00	10.0
0 - 350	0.8750	3.50	7.00	7.00	14.0
0 - 400	1.0000	4.00	8.00	8.00	16.0
0 - 450	1.5750	6.30	12.60	12.60	25.2
0 - 700	1.7500	7.00	14.00	14.00	28.00
0 - 1000	2.500	10.00	20.00	20.00	40.00
0 - 1050	2.625	10.50	21.00	21.00	42.00
0 - 1400	3.500	14.00	28.00	28.00	56.00
-1 - 0.6	0.0015	0.005	0.012	0.012	0.024
-1 - 1.0	0.0025	0.010	0.020	0.020	0.040
-1 - 1.6	0.0040	0.016	0.032	0.032	0.064
-1 - 2.0	0.0050	0.020	0.040	0.040	0.080
-1 - 2.5	0.0062	0.025	0.050	0.050	0.100
-1 - 3.0	0.0075	0.030	0.060	0.060	0.120



T A B L A 2 (continuación)
 ERROR PERMITIDO EN LA LECTURA DE PRESIONES PARA EL TIPO A

Límite de lectura kg/cm ² .	Manómetros de prueba Error permitido en (±) kg/cm ²	Manómetros concéntricos		Manómetros excéntricos	
		Lectura		Lectura	
		10-90% escala	Resto de la escala.	10-90% escala.	Resto de la escala.
		Error permitido en (±) kg/cm ² .		Error permitido en (±) kg/cm ² .	
4.0	0.0100	0.010	0.000	0.030	0.100
5.0	0.0125	0.050	0.100	0.100	0.200
6.07	0.0150	0.05	0.100	0.120	0.250
7.0	0.0175	0.07	0.150	0.140	0.280
10.0	0.0250	0.10	0.200	0.200	0.400
11.0	0.0275	0.11	0.220	0.220	0.440
14.0	0.0350	0.14	0.280	0.260	0.560
16.0	0.0400	0.16	0.320	0.320	0.640
17.0	0.0425	0.17	0.340	0.340	0.680
21.0	0.0525	0.21	0.420	0.420	0.840

T A B L A 3
 ERROR PERMITIDO EN LA LECTURA DE PRESIONES PARA EL TIPO B.

Límite de lectura kg/cm ² .	Manómetros de prueba Error permitido en (±) kg/cm ²	Manómetros concéntricos		Manómetros excéntricos	
		Lectura		Lectura	
		10-90% escala	Resto de la escala.	10-90% escala.	Resto de la escala.
		Error permitido en (±) kg/cm ²		Error permitido en (±) kg/cm ²	
0.6	0.0015	0.009	0.012	0.018	0.024
1.0	0.0025	0.015	0.020	0.030	0.040
1.6	0.0040	0.024	0.032	0.048	0.064
2.0	0.0050	0.030	0.040	0.060	0.080
2.5	0.00625	0.038	0.050	0.076	0.100
3.0	0.00750	0.045	0.060	0.090	0.120
4.0	0.0100	0.060	0.080	0.120	0.160
5.0	0.0125	0.075	0.100	0.150	0.200
6.0	0.0150	0.090	0.120	0.180	0.240
7.0	0.0175	0.105	0.140	0.210	0.280
10.0	0.0250	0.150	0.200	0.300	0.400
11.0	0.0275	0.165	0.220	0.330	0.440
14.0	0.0350	0.210	0.280	0.420	0.560
16.0	0.0400	0.240	0.320	0.480	0.640
17.0	0.0425	0.255	0.340	0.510	0.680
21.0	0.0525	0.315	0.420	0.630	0.840
25.0	0.0625	0.380	0.500	0.760	1.000
30.0	0.0750	0.450	0.600	0.900	1.200
35.0	0.0875	0.525	0.700	1.050	1.400
40.0	0.1000	0.600	0.800	1.200	1.600
42.0	0.1050	0.630	0.840	1.260	1.680
55.0	0.1400	0.840	1.120	1.680	2.240
63.0	0.1575	0.945	1.260	1.980	2.640
70.0	0.1750	1.050	1.400	2.100	2.800
100	0.2500	1.500	2.000	3.000	4.000
110	0.2750	1.650	2.200	3.300	4.400
140	0.3500	2.100	2.800	4.200	5.600
160	0.4000	2.400	3.200	4.800	6.400
210	0.5250	3.150	4.200	6.300	8.400
250	0.6250	3.750	5.000	7.500	10.000
350	0.8750	5.250	7.000	10.500	14.000
400	1.0000	6.000	8.000	12.000	16.000
630	1.5750	9.450	12.600	19.800	26.400
700	1.7500	10.500	14.000	21.000	28.000
1000	2.5000	15.000	20.000	30.000	40.000
1050	2.6250	15.750	21.000	31.500	42.000
1400	3.5000	21.000	28.000	42.000	56.000

T A B L A 3 (continuación).

ERRORES PERMITIDOS EN LA LECTURA DE PRESIONES PARA EL TIPO B.

Límite de lectura, kg/cm ²	Manómetros de prueba, Error permitido en (±) kg/cm ²	Manómetros concéntricos		Manómetros excéntricos	
		Lectura		Lectura	
		10-90% escala	Resto de la escala	10-90% escala	Resto de la escala
		Error permitido en (±) kg/cm ²		Error permitido en (±) kg/cm ²	
1 - 5.0	0.0175	0.075	0.100	0.150	0.200
1 - 6.0	0.0150	0.090	0.120	0.180	0.240
1 - 7.0	0.0175	0.105	0.140	0.210	0.280
1 - 10.0	0.0250	0.150	0.200	0.300	0.400
1 - 11.0	0.0275	0.165	0.220	0.330	0.440
1 - 14.0	0.0350	0.210	0.280	0.420	0.560
1 - 16.0	0.0400	0.240	0.320	0.480	0.640
1 - 17.0	0.0425	0.255	0.340	0.510	0.680
1 - 21.0	0.0525	0.315	0.420	0.630	0.840

T A B L A 4
ERRORES PERMITIDOS EN LA LECTURA DE PRESIONES PARA EL TIPO C.

Límite de lectura, kg/cm ²	Manómetros de prueba, Error permitido en (±) kg/cm ²	Manómetros concéntricos		Manómetros excéntricos	
		Lectura		Lectura	
		10-90% escala	Resto de la escala	10-90% escala	Resto de la escala
		Error permitido en (±) kg/cm ²		Error permitido en (±) kg/cm ²	
0 - 0.6	0.0015	0.012	0.012	0.024	0.024
0 - 1.0	0.0025	0.020	0.020	0.040	0.040
0 - 1.6	0.0040	0.032	0.032	0.063	0.063
0 - 2.0	0.0050	0.040	0.040	0.080	0.080
0 - 2.5	0.0062	0.050	0.050	0.100	0.100
0 - 3.0	0.0075	0.060	0.060	0.120	0.120
0 - 4.0	0.0100	0.080	0.080	0.160	0.160
0 - 5.0	0.0125	0.100	0.100	0.200	0.200
0 - 6.0	0.0150	0.120	0.120	0.240	0.240
0 - 7.0	0.0175	0.140	0.140	0.280	0.280
0 - 10.0	0.0250	0.200	0.200	0.400	0.400
0 - 11.0	0.0275	0.220	0.220	0.440	0.440
0 - 14.0	0.0350	0.280	0.280	0.560	0.560
0 - 16.0	0.0400	0.320	0.320	0.640	0.640
0 - 17.0	0.0425	0.340	0.340	0.680	0.680
0 - 21.0	0.0525	0.420	0.420	0.840	0.840
0 - 25.0	0.0625	0.500	0.500	1.000	1.000
0 - 28.0	0.0700	0.560	0.560	1.120	1.120
0 - 35.0	0.0875	0.700	0.700	1.400	1.400
0 - 40.0	0.1000	0.800	0.800	1.600	1.600
0 - 42.0	0.1050	0.840	0.840	1.680	1.680
0 - 56.0	0.1400	1.120	1.120	2.240	2.240
0 - 63.0	0.1575	1.260	1.260	2.520	2.520
0 - 70.0	0.1750	1.400	1.400	2.800	2.800
0 - 100	0.2500	2.000	2.000	4.000	4.000
0 - 110	0.2750	2.200	2.200	4.400	4.400
0 - 140	0.3500	2.800	2.800	5.600	5.600
0 - 160	0.4000	3.200	3.200	6.400	6.400
0 - 210	0.5250	4.200	4.200	8.400	8.400
0 - 250	0.6250	5.000	5.000	10.000	10.000
0 - 350	0.8750	7.000	7.000	14.000	14.000
0 - 400	1.0000	8.000	8.000	16.000	16.000
0 - 630	1.5750	12.600	12.600	25.200	25.200
0 - 700	1.7500	14.000	14.000	28.000	28.000
0 - 1000	2.5000	20.000	20.000	40.000	40.000
0 - 1050	2.6250	21.000	21.000	42.000	42.000
0 - 1400	3.5000	28.000	28.000	56.000	56.000
-1 - 0.6	0.0015	0.012	0.012	0.024	0.024
-1 - 1.0	0.0025	0.020	0.020	0.040	0.040
-1 - 1.6	0.0040	0.032	0.032	0.063	0.063
-1 - 2.0	0.0050	0.040	0.040	0.080	0.080
-1 - 2.5	0.0062	0.050	0.050	0.100	0.100
-1 - 3.0	0.0075	0.060	0.060	0.120	0.120
-1 - 4.0	0.0100	0.080	0.080	0.160	0.160



T A B L A 4 (continuación)

Límite de lectura kg/cm ²	Módulos de prueba. Error permitido en (±) kg/cm ²	Parámetros concéntricos		Parámetros excéntricos	
		Lectura		Lectura	
		10-90% escala	Resto de la escala.	10-90% escala.	Resto de la escala.
		Error permitido en (±) kg/cm ²		Error permitido en (±) kg/cm ²	
-1 - 5.0	0.0175	0.100	0.100	0.200	0.200
-1 - 6.0	0.0150	0.120	0.120	0.240	0.240
-1 - 7.0	0.0175	0.140	0.140	0.280	0.280
-1 - 10.0	0.0250	0.200	0.200	0.400	0.400
-1 - 11.0	0.0225	0.220	0.220	0.440	0.440
-1 - 14.0	0.0350	0.280	0.280	0.560	0.560
-1 - 16.0	0.0400	0.320	0.320	0.640	0.640
-1 - 17.0	0.0425	0.340	0.340	0.680	0.680
-1 - 21.0	0.0525	0.420	0.420	0.840	0.840

2.2.1.4 Presión de sobrecarga.

Los manómetros tipo Bourdón, con excepción de los manómetros de prueba, deberán resistir la sobrecarga que se indica en la tabla número 5, sin que se altere su precisión de lectura.

T A B L A 5

Lectura máxima en la escala kg/cm ²	Sobrecarga en % de la lectura - máxima en la escala.
Hasta 160	25
Desde 161 hasta 630	15
Arriba de 630	10

2.2.1.5 Temperatura.

Los manómetros tipo Bourdón trabajarán dentro de los límites de tolerancia anotados anteriormente con temperaturas desde 60°C hasta 30°C, inclusive.

2.2.2 Químicos

Los materiales empleados para la fabricación de estos instrumentos deberán cumplir con las normas de calidad en vigor.

2.2.3 Construcción

Las partes que formarán un manómetro tipo Bourdón tipos A y B, son las siguientes:

- a) Caja
- b) Dispositivo de seguridad (cuando lo requiera el usuario).
- c) Anillo de sujeción.
- d) Vidrio de la carátula.
- e) Aguja indicadora
- f) Sistema Bourdón
- h) Mecanismo de registro de la medición
- i) Carátula

Para el tipo C no se tomará en cuenta el inciso b, por considerarse que este tipo de manómetros no necesita de este dispositivo.

2.2.3.1 Caja

Tipo A.- Tiene por objeto resguardar en su interior a los elementos integrantes del mecanismo de registro y sistema Bourdón debiendo estar protegido a prueba de polvo. El material usado en su construcción podrá ser de materiales de fundición o plásticos inyectables.

Tipos B y C.- Tiene por objeto resguardar en su interior a los elementos integrantes del mecanismo de registro y sistema Bourdón. El material usado en su construcción podrá ser de materiales de fundición o troquelados y plásticos inyectados.

2.2.3.2 Dispositivo de seguridad.

Tiene por objeto proteger al observador de explosiones del sistema Bourdón y estará de acuerdo con las especificaciones de cada fabricante (únicamente para los tipos A y B).

2.2.3.3 Carátula

Para el tipo A, la carátula deberá ser de plástico, acero inoxidable o aluminio anodizado. Para los tipos B y C la carátula podrá ser, además de los materiales especificados anteriormente, de latón, aluminio y lámina de acero; todos estos materiales deberán tener un acabado de esmalte sintético secado al horno que resista temperaturas de 80°C hasta por 10 horas, o una inmersión en agua a 80°C por una hora, sin quebraduras o fallas del acabado.

2.2.3.4 Vidrio de la carátula.

El vidrio deberá tener espesor uniforme y sin defectos en su superficie, debiendo cumplir con las normas en vigor, correspondientes a estos materiales.

2.2.3.5 Aguja indicadora.

Tipo A.- Debe ser de metal y estar fijada con firmeza a su eje, dotada de un sistema de ajuste micrométrico.

Tipos B y C. Debe ser de metal o materiales plásticos y estar fijada con firmeza a su eje.

Para los tres tipos, en las escalas concéntricas, la aguja indicadora deberá estar balanceada con respecto a su centro de rotación. La distancia entre la aguja y la carátula deberá ser la adecuada para evitar errores de paralaje.

2.2.3.6 Sistema de Bourdón.

El sistema de Bourdón está integrado, fundamentalmente, por el tubo de Bourdón y su montaje.



TABLA 5

TOLERANCIAS EN EXCENTRICIDAD

ESPESES NOMINAL mm.	MAXIMA EXCENTRICIDAD D-A (EN TODOS LOS MATERIALES). mm.
0.1016	0.0127
0.1524	0.0127
0.2032	0.01508
0.254	0.0254
0.3302	0.03183
0.4064	0.038
0.4826	0.0509
0.5588	0.0572
0.6351	0.0635
0.7074	0.0761
0.9398	0.095
0.0922	0.103
1.270	0.127

2.2.3.6.1 Tulo de Bourdon

El tubo de Bourdon deberá trabajar a las presiones indicadas, pudiendo ser para los tipos A y B de materiales ferrosos o no ferrosos, y para el tipo C únicamente de no ferrosos. Los tipos de tubo de Bourdon pueden ser de los siguientes materiales:

NO FERROSOS

- a) Cobre - Berilic.
- b) Bronce
- c) Aleación cobre - níquel-aluminio.
- d) Bronce fosforado.

FERROSOS

- a) Acero al carbono
- b) Aleaciones de acero-níquel-molibdeno
- c) Aleaciones con base de hierro, níquel, cromo y titanio.
- d) Aceros inoxidables.

El tubo de Bourdon deberá ser sin costura, estar limpio, libre de impurezas y defectos superficiales como rebordes, cantos o fallas que afecten su funcionamiento.

El fabricante deberá estipular en sus catálogos y en la carátula o en un lugar visible del manómetro el tipo de aleación utilizada en el tubo de Bourdon.

2.2.3.6.2 Propiedades mecánicas del tubo de Bourdon.-

El fabricante del instrumento deberá consultar al fabricante del tubo, para conocer el tratamiento térmico adecuado en los materiales y las propiedades esperadas después de dicho tratamiento.

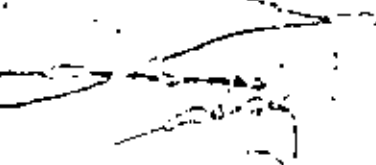
2.2.3.6.3 Montaje del sistema de Bourdon.

Los fabricantes de los manómetros tipo Bourdon deben tener cuidado especial en el montaje del tubo de Bourdon en su soporte, así como en la colocación del extremo del tubo. Los cristales pueden hacerse por soldadura, o atornillado y soldadura, dependiendo de los límites de medición de la presión, el medio y la aplicación particular para la que es requerido el manómetro, debiendo ser relevado de esfuerzos mediante tratamiento térmico.

En el caso de sistemas de Bourdon de de bronce y/o latón se puede emplear cualquier otro proceso de relevo de esfuerzos comprobables, que den los mismos resultados que el tratamiento térmico.

2.2.3.7 Mecanismo de registro de la medición

El mecanismo de registro de la medición tiene por objetivo transmitir el movimiento de expansión del tubo Bourdon hacia la aguja indicadora, por medio de un codo de balanceo y un piñón, semejante al mostrado en la fig. 1.



2.2.4 Dimensiones del cuerpo del manómetro.

Los manómetros estarán contruicidos de acuerdo con las dimensiones señaladas en la tabla 6.

2.2.4.1 Tamaño nominal.

Los tamaños nominales en el cuerpo del manómetro del tubo de Bourdon, estarán en función del diámetro exterior de la carátula circular frontal sin indicaciones y se señalan en la tabla No. 6.

2.2.4.2 Tolerancias en el tamaño nominal.

La variación permitida en el diámetro exterior de la carátula circular frontal, sin indicaciones, se señalan en la tabla No. 6.



TABLA 6
TAMAÑO NOMINAL DE LOS MANÓMETROS

Tamaño nominal del manómetro. (diámetro exterior de la carátula, sin indicaciones)					Tolerancia en el tamaño nominal.
Manómetros con pontaje directo.		Manómetros con pontaje en placa o brida.			Variación permitida en el diámetro exterior de la carátula, sin indicaciones. mm.
Manómetros de prueba.	Manómetros industriales.		Manómetros industriales.		
cm.	Esc. concéntrica, cm.	Esc. excéntrica, cm.	Esc. concéntrica, cm.	Esc. excéntrica, cm.	
	3.8	3.8	3.8	3.8	+ 3.2
	5.1	5.1	5.1	5.1	
	6.35	6.35	6.35	6.35	
	7.65	7.65	7.65	7.65	
	10.2	10.2	10.2	10.2	
	11.4	11.4	11.4	11.4	
15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	+ 3.2
16	16	16	16	16	- 6.4
21.6	21.6		21.6		+ 3.2
25.4	25.4		25.4		- 13
	30.5		30.5		

NOTA.- Si el manómetro se construye de más de 30 cm, puede tener cualquiera de las siguientes medidas nominales: 38, 45, 60, 80 ó 90 cm.

2.2.4.3 Dimensiones de la escala y de la aguja indicadora.

2.2.4.3.1 Errores de Paralelo.

A fin de reducir errores de paralelo, el extremo de la aguja indicadora debe estar lo más cerca posible de la carátula. La punta de la aguja deberá ser de tal forma que la lectura sea segura. Los manómetros de prueba deberán tener una aguja indicadora con punta recta.

Haciendo una lectura a una distancia de 3 metros con una variación de 50 cm para ca-

da lado, no debe pasarse del error máximo especificado.

2.2.4.3.2 Manómetros de escala concéntrica.

La escala se entenderá sobre un arco no menor de 270°. La punta de la aguja indicadora deberá abarcar la zona formada por los diámetros máximos y mínimos de la escala.

La longitud mínima de la aguja indicadora, midiéndola desde su eje hasta la punta, se muestra en la tabla 7.

En los manómetros que permitan medir presiones superiores a 1,400 kg/cm² la escala se extenderá sobre un arco no menor de 150°.

TABLA 7

Tamaño nominal del manómetro (cm)	Longitud mínima de la aguja indicadora (del eje a la punta) (cm).
3.8	1.4
5.1	1.9
6.35	2.3
7.65	2.9
10.2	3.6
11.4	4.2
15.2	5.70
16.0	6.4
21.6	8.64
25.4	10.16
30.5	12.70

2.2.4.3.3 Manómetros de escala excéntrica.

La longitud de la escala en los manómetros de escala excéntrica, medida sobre la línea entre sus extremos, no debe ser menor de las dos terceras partes del tamaño nominal del manómetro.

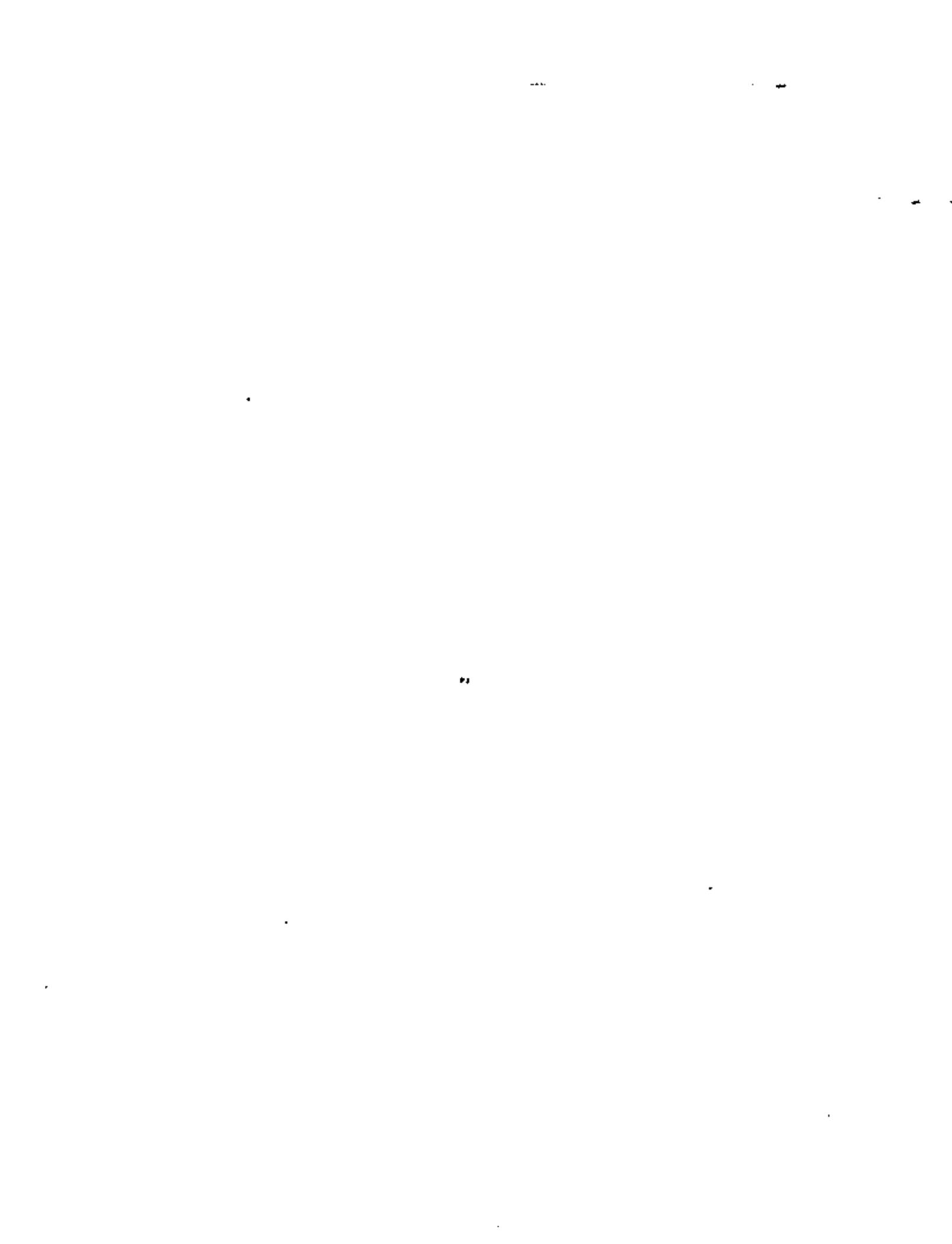
2.2.4.3.4 Unidades de lectura de la escala.

La carátula deberá tener marcado con claridad, las unidades del sistema métrico en que mide la presión. Si no cupiera el nombre, puede escribirse abreviado; kg/cm².

2.2.4.3.5 Graduaciones de la escala.

Las graduaciones y los números indicando la presión, deberán ser negros sobre una superficie blanca. Si se requiere a solicitud del comprador podrá indicar el color adecuado a su necesidad, así como indicar la presión máxima de trabajo, esto deberá indicarse por medio de una línea en la escala de color rojo o cualquier otro color que contraste con el color de fondo elegido. En los manómetros para presión manométrica y en manómetros combinados para presión manométrica y vacío, la aguja indicadora deberá moverse en el sentido de las manecillas del reloj o en sentido contrario al mismo, según se indique en la carátula, para medida que vaya incrementándose el vacío (o el ir disminuyendo la presión).

Los manómetros combinados y en los manómetros de vacío, el cero deberá estar indicado con un número más grueso que los del resto de la escala.



En manómetros simétricos, las lecturas mínimas y máximas deberán ocupar los extremos interiores del manómetro y la escala deberá estar colocada simétricamente con respecto al eje central vertical del manómetro.

Las graduaciones y numeración que deberán tener las escalas se muestran en la fig. 2

NOTA.- En esta figura 2, no se indica el tamaño de la escala.

2.2.5 Acabado

Todas las partes de que constan los manómetros, tales como superficies de rozamiento, engranajes, roscas, ejes de transmisión, deberán tener un acabado que reduzca el rozamiento y mantenga un funcionamiento preciso del aparato. Las superficies exteriores deberán tener una apariencia tersa. Las piezas metálicas que puedan ser atacadas por el agua, deberán tener un acabado galvanoplástico, a menos que estén construidas de cadmio.

Las piezas que requieran pintarse deberán tener esmalte sintético resistente a la corrosión y al desgaste.

2.2.6 Marcas

2.2.6.1 En la carátula.

Deberá llevar marcada en forma visible y abreviada las unidades que correspondan a la graduación de su escala.

2.2.6.2 En el manómetro

En la parte exterior del manómetro deberán aparecer los siguientes datos:

- Nombre del fabricante o marca de fábrica (impreso en la carátula).
- Modelo y tipo del aparato (impreso en la carátula).
- Número de autorización de la D.G.M. (estampado o fundido en la caja o impreso en la carátula).
- Sello de Garantía de la D.G.M. (debe estar colocado en la caja del manómetro)
- La leyenda "HECHO EN MEXICO" (estampada o fundida en la caja o impresa en la carátula).

EXPECIFICACIONES PARA LA FABRICACION Y MANTENIMIENTO DE CAROLAS DE CONCRETO ASFALTICO

1.1 Definiciones.

a) CONCRETO ASFALTICO

Se entenderá por concreto asfáltico para revestimiento de un canal, una mezcla controlada de concreto asfáltico y agregados minerales (grava-arena-fina) elaborada en planta, con la homogeneidad adecuada para poder colocarla y compactarla, a fin de formar el revestimiento de concreto asfáltico.

b) REVESTIMIENTO DE CONCRETO ASFALTICO

Se le llama a la capa de concreto asfáltico colocado y compactado sobre las juntas y juntas reversas del canal de acuerdo con lo indicado en estas especificaciones.

c) BORDILLO

Se entenderá por bordillo al elemento de concreto asfáltico colocado con molde especial en el borde de la terracería previamente sacada y adherente al revestimiento de concreto asfáltico colocado.

1.2 Materiales.

a) AGREGADOS MINERALES

Los agregados minerales serán obtenidos del tipo II indicado en el Plano General de Obras.

La composición granulométrica de la mezcla de agregados (grava-arena-fina), deberá estar comprendida dentro de los límites indicados en la Tabla I.



T A B L A I

LIMITES DE TOLERANCIA DE LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA EN LA ELABORACION DE CONCRETO ARMADO PARA EL TRAFICO DE CAMIONES.

ESTABLECIMIENTO DE LA COMPARACION DE RESULTADOS DE PRUEBAS.

VALLA EMPLEADA		POR CIENTO DE PÉRDIDA EN LA VALLA, EN TERN	TOLERANCIA EN LA COMPARACION DE RESULTADOS
Resistencia en MPa	Designación	Tamaño (diámetro) en milímetros	
19,000	3/4"	100	
12,500	1/2"	75-100	± 4
9,500	3/8"	50-75	± 4
4,750	Nº 4	12-50	± 2
2,000	Nº 10	7-25	± 2
0,800	Nº 20	3-15	± 2
0,400	Nº 40	1.5-7.5	± 2
0,200	Nº 60	0.75-3.75	± 2
0,100	Nº 100	0.375-1.875	± 1
0,050	Nº 200	0.1875-0.9375	± 1

NOTA:

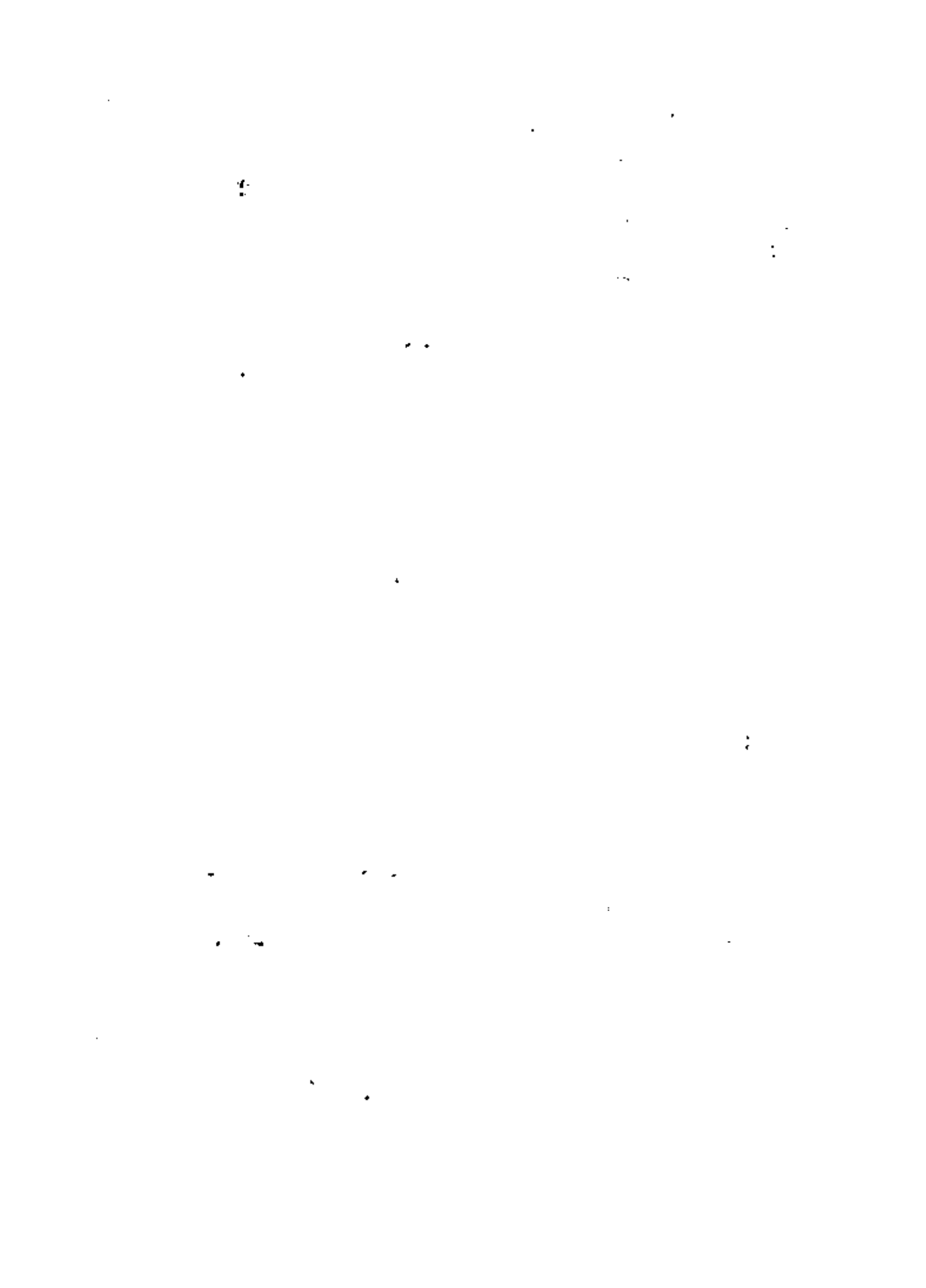
[1] contenido de cemento asfáltico podrá variar en ± 0.5 del porcentaje fijado en la novela de diseño.

110-14 PRUEBA DE DESGASTE LOS ANGELES.

110-14.1 En esta prueba se describió el procedimiento para conocer el desgaste que tienen los agregados pétreos que se emplean en la construcción de mezclas asfálticas, riegos de sello, etc., para lo cual dichos agregados, secos y con una gradación determinada, se introducen en el cilindro de la máquina Los Angeles, junto con esferas de acero, para someterlos a un proceso de rotación, produciéndose entre las esferas y el material, cargas abrasivas y de impacto. Este procedimiento también puede utilizarse en la comprobación del desgaste de los agregados pétreos ligeros y de los que integran obras ya construídas; los valores de desgaste obtenidos dan idea del agregado de alteración ocasionada por los agregados, de su resistencia estructural y de la presencia de planas de debilitamiento, planas de cristalización, partículas en forma de lascas y de aguijones, que pueden ocasionar fallas.

110-14.2 El equipo necesario para efectuar esta prueba es el siguiente:

Máquina de abrasión Los Angeles como la que se ilustra en la figura N.º 1, constituida por un cilindro de acero, hueco, cerrado en sus extremos, con un diámetro interior de setecientos once (711) milímetros (28") y longitud interior de quinientos ocho (508) milímetros (20"), provisto de una abertura para la introducción del material, la cual podrá cerrarse herméticamente.



CLASIFICACION GRANULOMETRICA Y CARGA
ABRASIVA DEL MATERIAL PETREO

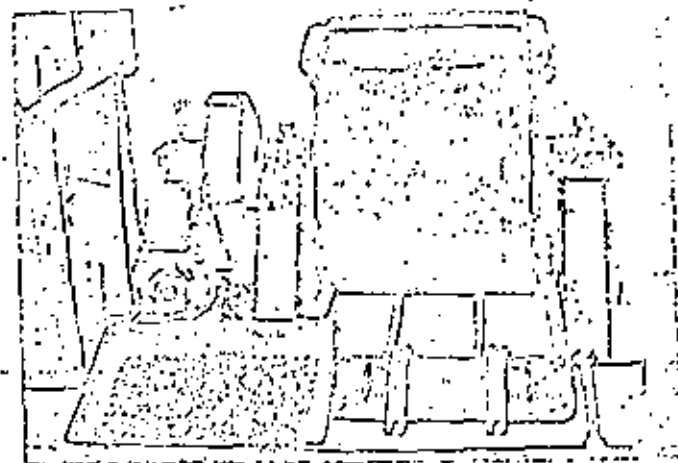


Figura No. 1.- Máquina de abrasión "Los Angeles".

ticamente por medio de una cubierta dispuesta de manera que conserve el contorno de su superficie interior; el cilindro llevará en su parte interior y a todo lo largo una placa de acero, radial, removible, de ochenta y nueve (89) milímetros (3.5") de ancho; dicho cilindro estará montado en una base rígida, mediante ejes fijos unidos a los centros de las tapas del mismo, de manera que pueda girar en una posición horizontal, con una velocidad de treinta (30) a treinta y tres (33) revoluciones por minuto.

Esferas de acero con un diámetro de cuarenta y siete punto seis (47.6) milímetros (1 7/8"), con un peso comprendido entre trescientos noventa (390) y cuatrocientos cuarenta y cinco (445) gramos, cada esfera.

Mallas U. S. Standard de aberturas cuadradas de las siguientes denominaciones y dimensiones:

TIPO	GRANULOMETRIA		PESO DE LA MUESTRA EN GRAMOS	CARGA ABRASIVA	
	PASA MALLA	RETIENE		NUMERO DE ESFERAS	PESO TOTAL EN GRAMOS
A	38.1mm (1 1/2")	25.4mm (1")	1250 ± 25	12	5000 ± 25
	25.4mm (1")	19.0mm (3/4")	1250 ± 25		
	19.0mm (3/4")	12.7mm (1/2")	1250 ± 10		
	12.7mm (1/2")	9.5mm (3/8")	1250 ± 10		
T O T A L			5000 ± 10		
B	19.0mm (3/4")	12.7mm (1/2")	2500 ± 10	11	4584 ± 25
	12.7mm (1/2")	9.5mm (3/8")	2500 ± 10		
T O T A L			5000 ± 10		
C	9.5mm (3/8")	6.35mm (1/4")	2500 ± 10	8	3330 ± 20
	6.35mm (1/4")	4.75mm (3/16")	2500 ± 10		
T O T A L			5000 ± 10		
D	4.75mm (3/16")	2.35mm (3/32")	5000 ± 10	8	2500 ± 15
T O T A L			5000 ± 10		
E	76.1mm (3")	64.0mm (2 1/2")	2500 ± 50	12	5000 ± 25
	64.0mm (2 1/2")	50.8mm (2")	2500 ± 50		
	50.8mm (2")	38.1mm (1 1/2")	5000 ± 50		
T O T A L			10000 ± 60		
	50.8mm (2")	38.1mm (1 1/2")	5000 ± 50	12	5000 ± 25
	38.1mm (1 1/2")	25.4mm (1")	5000 ± 25		
T O T A L			10000 ± 75		
	38.1mm (1 1/2")	25.4mm (1")	5000 ± 25	12	5000 ± 25
	25.4mm (1")	19.0mm (3/4")	5000 ± 25		
T O T A L			10000 ± 50		

número de revoluciones faltantes para completar quinientas (500) o mil (1000), según el tipo de granulometría seleccionado.

110-14.5 En esta prueba deberá calcularse y reportarse lo siguiente:

A) El porcentaje de desgaste del agregado pétreo, deberá calcularse con la siguiente expresión:

$$D = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

En donde:

D = Desgaste del material pétreo, en por ciento.

W₁ = Peso inicial de la muestra de prueba, en gramos; en el caso de materiales ligeros para la muestra en que se reduce la carga abrasiva este valor deberá sustituirse por W₁'.

W₂ = Peso final de la muestra de prueba, en gramos.

B) Cuando se hagan determinaciones para conocer el grado de uniformidad, calcúlese la relación del desgaste a las cien (100) revoluciones, entre el desgaste a quinientas (500) revoluciones para materiales de los tipos A, B, C y D, o bien, la relación del desgaste a mil (1000) revoluciones, para materiales de los tipos E, F y G; los materiales que tienen dureza homogénea presentan un grado de uniformidad inferior a cero punto dos (0.2).

110-14.6 En esta prueba deberán tenerse las siguientes precauciones:

- A) Que el lavado a que se sujeta la muestra no sea deficiente.
- B) Que al girar el cilindro de la máquina este no presente cabeceo.
- C) Que no existan pérdidas de material durante el procedimiento de prueba.

ENSAYE BRINZ DE INVESTIGACION COMPRESION.

Esta prueba sirve para determinar la afinidad del material pétreo con el asfalto y es un índice de la durabilidad del concreto asfáltico.

No absolutamente.

EQUIPO NECESARIO:

Un molde metálico cilíndrico de 80 mm. de diámetro y 150 mm. de altura.

Base metálica de 120 mm. de diámetro y 12.7 mm. de espesor.

Platón metálico de 75 mm. de diámetro y 170 mm. de altura.

Preso para carga estática con una capacidad de 5,000 kgs.

Farrilla eléctrica o de gas.

Un termómetro de 0 a 150°C y aproximación de 1°C.

Una cuchara de albañil.

Una espátula metálica.

Cherolas de hierro.

Quantas de asbesto.

Un cuarto con temperatura constante de 18°C.

Balanza con una sensibilidad de un décimo de gramo.

PROCEDIMIENTO:

En un recipiente metálico de 1,000 c.c. de capaci-



des se pesan los diferentes tamaños de escoria con la proporción granulométrica proyectada. Los finos de relleno se pesan en un recipiente también metálico de 500 c.c. de capacidad, - las pesadas que se hagan de los diferentes tamaños se hará para completar 1,000 gra. en las proporciones establecidas. En otro recipiente metálico de 1,000 c.c. de capacidad se pesará la cantidad de cemento asfáltico que le correspondan a 1,000 gra. de agregados. Los agregados contenidos en los recipientes se pondrán en una parrilla durante una hora hasta obtener 140°C. El recipiente conteniendo el cemento asfáltico será mantenida durante 1 hora a 100°C en la parrilla. Después de esto se vaciará sobre los agregados, revolviéndolos con la espátula metálica hasta homogeneizarlos, posteriormente se le adicionarán los finos de relleno siguiendo mezclando todos los materiales hasta obtener una mezcla homogénea.

El molde se lubricará ligeramente con un trapo, con aceite de sésamo y glicerina para evitar que se adhiera la probeta.

Una vez colocada la mezcla en el cilindro se aplica una presión de compactación lenta y progresivamente correspondiente a 1 kg/cm^2 . Esta presión se sostiene durante 5 minutos suprimiéndola lentamente durante otros 5 minutos, se deja el cilindro reposar durante 24 hrs. en un cuarto a 18°C , extrayendo después al espécimen. En estas mismas condi-

ciones se elaborarán 12 especímenes de los cuales 6 se dejarán en un cuarto a 18°C . y las otras 6 sumergidas en agua también a 18°C . después de 7 días se sacarán del cuarto y se dejarán durante 4 horas para que pierdan el agua libre y adquieran la temperatura del local probándose en su resistencia a la compresión; antes de probarlos se colocarán con yeso o cemento seco con el objeto de tapar por completo. Se sacará el valor medio que se obtenga tanto de las 6 probetas curadas al aire como de las 6 que estuvieron inmersas en el agua, después de lo que se eliminarán los valores excesivos que se obtengan. ?

La relación de resistencia a la compresión entre las probetas inmersas en agua y las curadas al aire nos dará - el valor buscado, el cual para juzgar la afinidad entre agregados pétreos y el cemento asfáltico como de buena ^{que} deberá ser superior a 0.9 a dicho en otros términos si la relación es inferior a 0.9, la afinidad no es satisfactoria.

~~R (agua) = 0.9~~
~~R (aire)~~

$\frac{R(\text{agua})}{R(\text{aire})} = 0.9$

OFICINA DE INVESTIGACION EN MATERIAS ASFÁLTICAS Y EN EL DOMINIO DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES ASFÁLTICOS.

El objeto de la prueba es determinar el grado de dureza de un cemento asfáltico original, o del residuo obtenido de la destilación de asfaltos rebajados.

EQUIPO NECESARIO:

Una caja metálica de forma cilíndrica de 55 mm. de diámetro por 35 mm. de altura aproximadamente.

Una aguja de penetración de acero, cilíndrica de 1.0 a 1.2 mm. de diámetro con punta tronco-cónica, cuyo peso, incluido el del vástago, es de 100 grs. en la prueba estándar.

Un aparato de penetración con carátula graduada que permite leer el desplazamiento de la aguja en décimas de milímetro.

Un recipiente para introducir en agua la caja metálica con el cemento asfáltico y mantenerlo a la temperatura de prueba.

Un termómetro Engholt-Viscosity de vidrio con rango de 19° a 27°C.

Un cronómetro graduado con décimas de segundo.

Una lupa para precisar el punto de contacto de la aguja con la superficie del cemento asfáltico.

Una franela con solvente para limpiar la aguja.

Una lámpara para proporcionar luz directa.

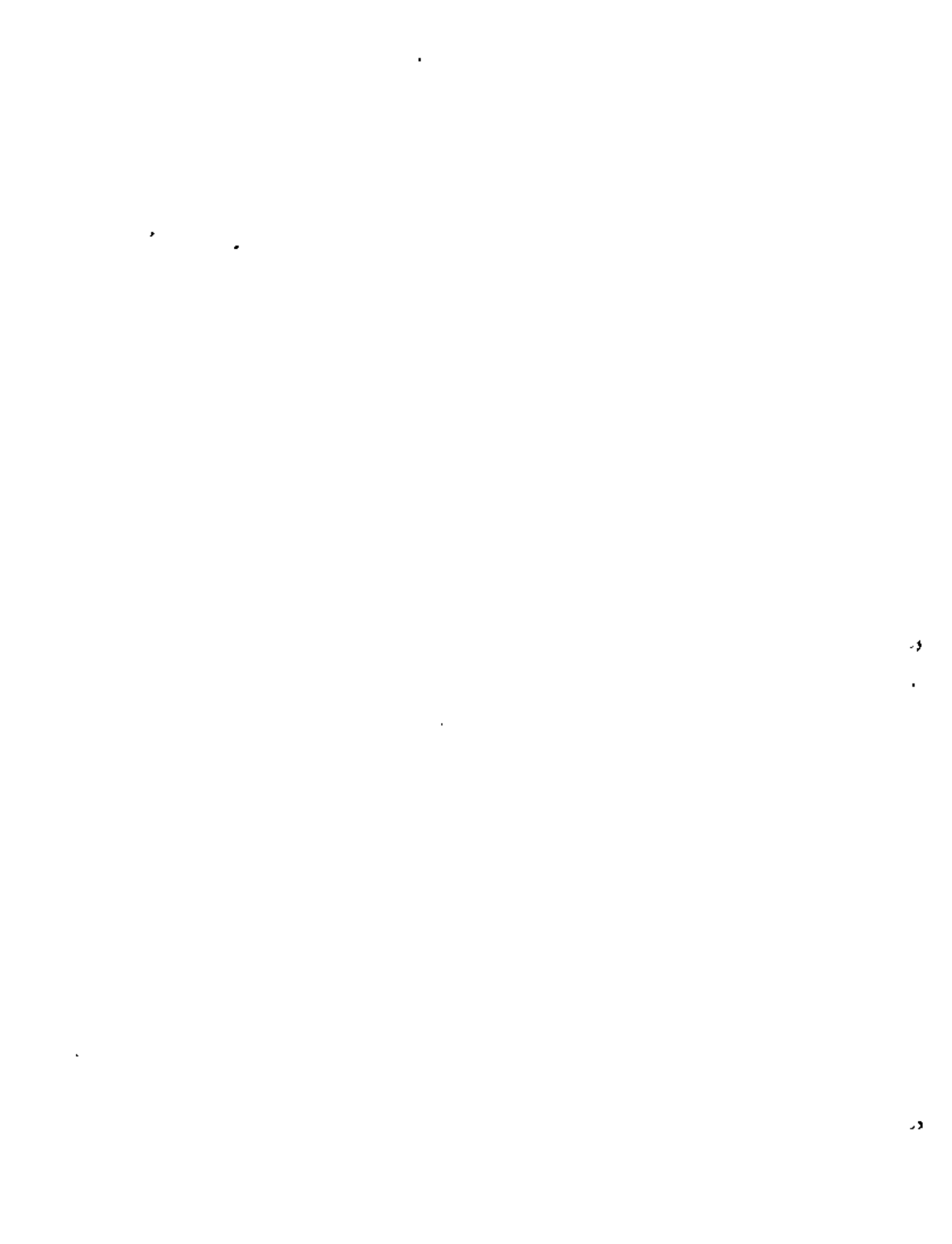
PROCEDIMIENTO:

a).- Se calentará lentamente el cemento asfáltico hasta la temperatura más baja que permita vaciarlo a la caja de penetración, procurando que no quede aire atrapado.

b).- Se dejará enfriar el espécimen de prueba hasta que adquiere la temperatura ambiente. Después de esto se colocará dentro del baño de agua que deberá estar a una temperatura de (25°C) completamente sumergida y se mantendrá así por espacio de 2 hrs. con el objeto que el cemento asfáltico adquiere dicha temperatura.

c).- Se colocará el recipiente con agua que contiene la caja con el asfalto, bajo el aparato de penetración; se colocará la aguja en contacto con la superficie de la muestra ayudado con la lupa y la lámpara y se ajustará la carátula a (0), se dejará caer libremente la aguja durante (5) segundos al cabo de los cuales se medirá en la carátula la distancia penetrada. Se harán de 4 a 5 penetraciones, tomando la precaución de limpiar perfectamente la aguja después de cada prueba, y se tomará el promedio de lecturas de todas ellas. En caso de que una de las lecturas discrepe notablemente, se desechará para el cálculo del promedio. Si más de 2 lecturas difieren notablemente deberá repetirse la prueba completa comenzando por calentar el asfalto para vaciarlo a la caja de penetración.

d).- La penetración se expresará en décimas de milímetros, que se denominarán grados de penetración.



d).- La diferencia entre la lectura más alta y más baja no debe exceder de más de 4 unidades.

ERRORES DE LA PRUEBA EN CALIENTE:

- a).- La presencia de aire atrapado en la masa de asfalto, lo cual da penetraciones superiores a las reales. Para evitar esto, téngase el cuidado de agitar lentamente el asfalto caliente con el objeto de eliminar el aire atrapado y obtener un producto homogéneo, conseguido lo cual se realizará con toda precaución en la caja de penetración.
- b).- Que la temperatura al momento de hacer la prueba no sea la especificada.
- c).- Que no esté limpia la aguja al hacer la penetración.
- d).- Que no esté correcto el peso de la aguja y el sistema.
- e).- Que la aguja toque el fondo de la cápsula antes de finalizar el tiempo estipulado.
- f).- Que la aguja de penetración no esté en contacto con la superficie al ajustar a (0) la carátula.

PRUEBA MARSHALL.

El método de Marshall está limitado al proyecto y control de elaboración de mezclas asfálticas, hechas en plantas fabricadoras, en caliente utilizando cemento asfáltico. En esta prueba se determinan los valores de Estabilidad, Flujo y Peso Unitario en especímenes cilíndricos compactados axialmente con un sistema determinado y probados a 60°C. El valor de estabilidad se determina, midiendo la carga necesaria para producir la falla del espécimen, aplicada en sentido normal a su eje. La deformación vertical producida en el espécimen por dicha carga, será el valor de flujo. El valor de estabilidad expresa la resistencia estructural de la mezcla compactada y está afectada principalmente por el contenido de asfalto, la composición granulométrica y tipo de agregado. Principalmente el valor de estabilidad es el índice de la calidad del agregado. El valor del flujo representa la deformación requerida, en el sentido del diámetro del espécimen para producir su fractura. Este valor es una indicación de la tendencia de la mezcla, para alcanzar una condición plástica y consecuentemente de la resistencia que alcanzará la carjeta al deformarse bajo la acción de las cargas impuestas, o la capacidad para adaptarse a las deformaciones del terreno.

EQUIPO PARA PRUEBA MARSHALL.

- a).- Molde de compactación provisto de un collarín y de una placa de base.
- b).- Un asiento del molde de compactación, para sujetar firmemente al molde.



c).- Un pisón de compactación con superficie circular de espesor, de 98.4 milímetros ($3\frac{7}{8}$ " de diámetro) equipado con una pesa deslizante de 4,536 Kgs. (10 libras) cuya altura de caída es de 45.7 cm. (18").

d).- Una máquina de compresión torbell, acondicionada con motor eléctrico que permite aplicar cargas por medio de una anbuza de prueba conforma de anillo succionado a una velocidad de 50.0 milímetros/minuto (2" min.) Este aplica de con un anillo calibreado, para determinar el valor de las cargas y un extensómetro para medir las deformaciones del anillo.

e).- Un medidor de flujo.

f).- Un tanque de saturación con dispositivo eléctrico para mantener constante la temperatura del agua.

g).- Hornillo eléctrica para calentar los agregados.

h).- Charolas de lámina.

i).- Cucharderos de lámina.

j).- Un termómetro blindado para registrar temperaturas entre 10°C - 200°C.

k).- Una balanza con capacidad de 20 Kgs. y sensibilidad de 1 gramo.

l).- Una cuchara de albañil.

m).- Una espátula.

n).- Un baño de agua para calentar el pisón de compactación y el molde.

ASPECTOS QUE SE CONSIDERAN PARA LA ELABORACION DE LOS ESPECIMENES:

a).- Fijada la granulometría de la mezcla asfáltica se determina el porcentaje en peso de los siguientes tamaños en que ha sido separado previamente el material pétreo.

Materia] retenido en malla 12.7 mm. ($\frac{1}{2}$ ")

Materia] retenido en malla 6.35 mm. ($\frac{1}{4}$ ") y que pasa 12.7 mm. ($\frac{1}{2}$ ").

Materia] retenido en la malla #10 y que pasa la malla de 6.35 mm. ($\frac{1}{4}$ ").

Materia] retenido en la malla # 40 y que pasa la malla # 10.

Materia] que pasa la malla # 40.

Para cada contenido de asfalto, se fabrican 3 especimenes, cada uno de los cuales requiere aproximadamente, 1200 - - gramos. de agregado pétreo. Se tomará de cada uno de los tamaños mencionados, la cantidad de muestra que resulte de multiplicar el porcentaje en peso de cada fracción por el peso total de la muestra. Las fracciones ya pesadas se mezclan previamente a la adición del cemento asfáltico. La cantidad de cemento asfáltico que deberá agr



para a cada muestra, se calcula sobre la base del contenido mínimo de asfalto que se determina por el método de Marshall. No deberá omitirse la corrección así mencionada para el caso de los cementos asfálticos que tienen un menor poder de cubrimiento que los asfaltos agregados.

Estos contenidos de cemento asfáltico deberán corresponder a los siguientes porcentajes de cemento asfáltico, expresados en relación al peso del material pétreo:

Contenido calculado - 3%

Contenido calculado neto.

Contenido calculado más 0.5%

Contenido calculado más 1.0%

Contenido calculado más 1.5%

Contenido calculado más 2.0%

Se mezclan los agregados y el cemento asfáltico, calentados previamente a la temperatura de 175°C y 170°C (material pétreo 175°C y cemento asfáltico 170°C) respectivamente, hasta obtener una distribución uniforme del asfalto. La temperatura de la mezcla no deberá ser menor de 100°C al momento de elaborar el espécimen; en ningún caso la mezcla deberá ser re calentada.

Para compactar la mezcla asfáltica se procede en la forma siguiente:

El plato de compactación y el molde se calientan en baño de agua hirviendo, una vez caliente se saca el equipo del ba-

ño y se coloca un papel filtro en el fondo del molde y se llena este con la mezcla caliente. Se apoya el plato sobre la mezcla y se aplican 10 golpes con la pesa deslizante, la cara del plato será mantenida paralela a la base del molde durante el proceso de compactación. Se quitará el collarín y se invertirá la posición del molde; se colocará nuevamente el collarín y se aplicarán otros 50 golpes en el espécimen.

El procedimiento de compactación anteriormente dicho, se aplicará al estudio de las mezclas asfálticas proyectadas y al control durante la elaboración de las escalas en la planta para la determinación de los pesos volumétricos que servirán de base para comparar con los pesos volumétricos determinados sobre corzonas extraídas del revestimiento del canal y poder controlar los grados de compactación del concreto asfáltico colocado.

Se removerá el collarín y la placa de base y el molde con su contenido se sumergirá en agua fría por un tiempo mínimo de 2 minutos. Se extrae el espécimen del molde, se identifica y se deja enfriar a la temperatura ambiente, durante un tiempo de 12 - 24 hs. Los especímenes compactos deben tener una altura de 63.5 mm. (2 1/2") con una tolerancia de 3.2 mm. (1/8") y en caso contrario deberá repetirse el proceso.

La prueba de los especímenes, comprende la determinación del peso volumétrico y de los valores de estabilidad y de flujo. La determinación del peso volumétrico del espécimen

.

-

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

cinem ya completado, se hará de acuerdo con el procedimiento que se indicará adelante. Los valores de estabilidad y de flujo se obtienen ensayando los espécimenes en el aparato de Marshall siguiendo el procedimiento que a continuación se describe:

Se sumerge el espécimen en el tanque de saturación con agua, a la temperatura de 60°C con 0.5°C de tolerancia y se mantiene en esta condición por un tiempo de 20 - 30 minutos. Mientras los espécimenes se encuentran en el tanque de saturación, se limpia la superficie del anillo seccionado y se lubrican los puntos guía, de tal manera que la sección superior del anillo deslice libremente; se ajustará a cero (0) en el extensómetro del anillo de carga. Terminado el período de inmersión, se sacará el espécimen entre las dos secciones de la cámara de prueba y se centrará el conjunto en la máquina de compresión, se coloca el medidor de flujo en el poste guía y se ajusta a cero (0) su corchete.

Se aplica la carga al espécimen a una velocidad constante de 50 mm. por minuto hasta que la falla del espécimen ocurre. La carga mínima aplicada para producir la falla del espécimen a la temperatura de 60°C se registra como el valor de estabilidad Marshall. Mientras la prueba se lleva a efecto, se debe sostener firmemente el medidor de flujo, sobre el poste guía y se removerá tan pronto se haya aplicado la carga máxima, anotándose la deformación sufrida por el espécimen. Esta lectura en su momento el valor de flujo; se promedian los valores de estabilidad

y de flujo de los tres espécimenes elaborados con el mismo contenido de asfalto, debiendo desecharse para el cálculo, el valor que discrepa notablemente. La prueba anteriormente descrita deberá completarse dentro de un período de 30 segundos, contados a partir del momento en que los espécimenes sean sacados del tanque de saturación.

DETERMINACIÓN DEL PISO VOLUMÉTRICO DEL ESPÉCIMEN:

EXEMPO INSTRUMENTOS:

Parafina.

Balanza de 2 kg. con sensibilidad de 1/10 de gm.

Un dispositivo para sostener la balanza.

Un recipiente con agua para determinación del volumen desalojado.

Un cordel con canastilla para suspender el espécimen.

PROCEDIMIENTO:

Se harán las mediciones de altura y diámetro de los espécimenes.

Se removerán las partículas sueltas y se limpiará con un cepillo al espécimen.

El primer paso para la determinación del peso volumétrico consiste en obtener el peso del espécimen en el aire, sin parafina y posteriormente se enfría a una temperatura de aprox. 18°C con el fin de sumergirlo en parafina previamente

fundida para formar una película que lo cubra totalmente de tal manera que quede impermeable y de un espesor aproximado de 0.5 mm.

Se pesará para determinar el peso del espécimen más parafina.

Una vez concluido este peso se procede a hacer el peso del espécimen sumergido en el agua.

Con los datos determinados se hacen las siguientes cálculos:

$$\text{Vol. Parafina} = \frac{\text{Peso Parafina}}{\text{Densidad específica Parafina}}$$

$$\text{Peso Parafina} = (\text{Peso del Especimen + Parafina}) - (\text{Peso del Especimen en el aire})$$

$$\text{Vol. del Especimen + Parafina} = \frac{(\text{Especimen}) \text{ Peso en el aire} - (\text{Especimen + Parafina}) \text{ Peso en el agua}}$$

$$\text{Vol. del Especimen} = \frac{(\text{Vol. Especimen + Parafina}) - (\text{Volumen Parafina})}{}$$

$$\text{Peso Vol. del Especimen} = \frac{(\text{Peso de Especimen en aire}) - (\text{Volumen del Especimen})}{}$$

ENSAYE DE ESTABILIDAD DE TALLIZ. (PRUEBA DE FLUENCIA)

El objeto de este ensayo es conocer si la mezcla es plástica es suficientemente estable para resistir su flujo en una pendiente dada, a la temperatura máxima probable. Para ello es necesario reproducir una mezcla, con sus agregados y espesor, - igual a la propuesta para el revestimiento.

EQUIPO NECESARIO:

- 1.- Aparato para la Prueba (Estabilómetro) *(1 pieza por personal D/D/E)*
- 2.- Rodillo liso metálico de 75 kg. de peso por 30.0 cm. de longitud y diámetro de 30 cms. para que dé una presión unitaria de contacto de 0.4 a 0.5 kg/cm². *(idem)*
- 3.- Charola 60 x 40 x 15 cms. para hacer la mezcla.
- 4.- Mallas de 1/2", 3/8", 4", # 10, 20, 40, 60, 100 y 200.
- 4.- Parrilla eléctrica o de gas.
- 5.- 2 Paños de guantes de esbeto.
- 6.- Ducharones de lámina.
- 7.- Ducharillas de albañil.
- 8.- Báscula de 120 kg/ capacidad con ducharón.
- 9.- Balanza de 2 kg. de capacidad con sensibilidad - 0.1 gra.
- 10.- Termómetro graduado de 0 a 200°C.



- 11.- Molde de fierro o de madera de 0.50 x 1.00 x 10cm
0.10.
- 12.- Rebarudor o cortador de concreto.
- 13.- Deformímetros de .01 mm.
- 14.- Mesa para instalación de la fuente de calor.

PROCEDIMIENTO:

Teniéndose la granulometría de proyecto, se criba el material en tamaños pasando por las mallas 1/2", 3/8", Nos. 4, 10, 20, 40, 60, 100 y 200. Se calculan las pesadas que se deberán hacer de cada tamaño, multiplicando el porcentaje que indica la granulometría de proyecto por el total del material necesario para hacer el espécimen.

Ya pesados todos los tamaños se ponen en la charola metálica grande en la parrilla de gas y se elevará la temperatura gradualmente hasta obtener 175°C. $140 + 15 = 165$

Enseguida se calcula el porcentaje de cemento asfáltico, multiplicando este por el total de material pétreo, ya pesado el cemento asfáltico se calienta lentamente hasta alcanzar 135°C.

Enseguida se procede a calcular la cantidad de fierro en la misma forma que las anteriores; y se calienta por separado hasta alcanzar 150°C.

Teniendo calentados los materiales en su temperatura

respective, se mezclan los agregados pétreos y el cemento as -

fáltico y enseguida se le adiciona la cel y se mezclan hasta alcanzar una mezcla homogénea.

Se tendrá cuidado de mantener la temperatura durante la revaultura.

ELABORACION DE LAS PASTILLAS.

1).- Una vez ya preparada la mezcla diseñada por cualquier método (Hyson, Marshall o Hubbard-Field) se vierte en el recipiente cuadrado a una temperatura de 140°C. , por cada vez para dar el espesor deseado, compactando con 4 pasadas del rodillo cada capa, cuando la mezcla adquiere una temperatura de 110°C.

2).- 24 horas después, ya que la mezcla adquiere la misma temperatura que la ambiente, se extrae del molde y se corta en dos pastillas de 40×40 , recortándose las orillas que son las que presentan defectos de acomoda por la imposibilidad de que el rodillo compacte las cabezeras; a ambas pastillas se les recorta un choflan en el extremo inferior.

3).- Una vez recortada la pastilla a las dimensiones indicadas en 2) se fija en el estabilómetro, conectando el deformómetro en la parte superior de la pastilla.

4).- Se anota la lectura del deformómetro o micrómetro y se conecta la fuente de calor, teniéndolo en observación durante 7 días a temperatura de 60° a 70°C. , registrando las lecturas del micrómetro cada 24 horas.

15% asfalto
de 1.00
de 1.00
= 2.00

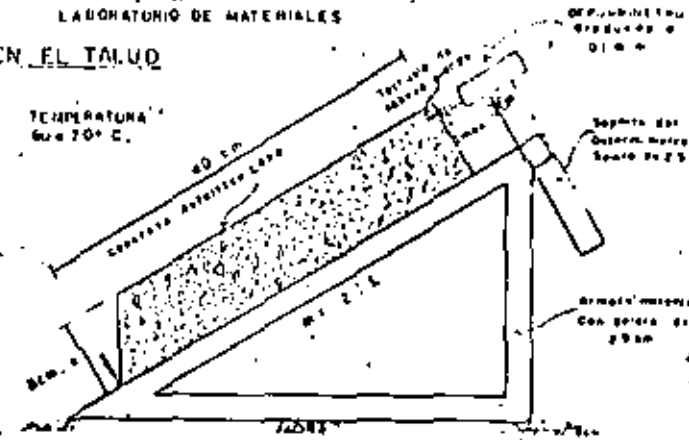


Con las lecturas observadas se construye una gráfica, determinándose la fluencia o flujo de la mezcla, habida entre el 2o. y 7o. día.

ESTABILIDAD EN EL TALUD

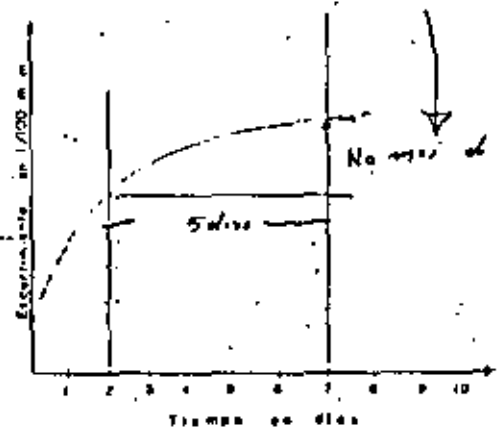
PLACA CUENADA
 D 40-1.440

TEMPERATURA
 6u 70° C.



CONDICION

$f_1 \leq 10/100 \text{ m.m.}$





EQUIPO DE ELABORACION:

El objeto de esta ensayo es diseñar las mezclas para que cumpliendo primeramente con los requisitos de durabilidad, impereabilidad y Estabilidad en talud tengan cierto grado de Flexibilidad que les haga aptos para absorber pequeñas deformaciones del terreno de apoyo sin que se agrieten.

EQUIPO DE ENSAYO:

- 1.- Un aparato para la Prueba (Estabilómetro)
- 2.- Rodillo liso metálico de 75 kg. de peso por 30.0 cm. de longitud y diámetro de 30 cms. para que dé una presión unitaria en contacto de 0.4 a 0.5 kg/cm².
- 3.- Charola 60 x 40 x 15 cms. para hacer la mezcla.
- 4.- Balles de 1/2", 3/8", 4", # 10, 20, 40, 60, 100 y 200.
- 4'.- Parrilla eléctrica o de gas.
- 5.- 2 Paños de guanta de asbesto.
- 6.- Cucharones de 1/4-litro.
- 7.- Ocho-pillos de albañil.
- 8.- Pátula de 170 kg/capacidad con cucharón.
- 9.- Balanza de 2 kg. de capacidad con sensibilidad - - 0.1 grs.
- 10.- Termómetro graduado de 0 a 200°C.
- 11.- Molde de fierro o de madera de 0.60 x 1.00 x 0.10.

PROCEDIMIENTO:

Se siguen los mismos pasos que los indicados para la Prueba de Estabilidad en el talud.

ELABORACION DE LAS PASTILLAS Y COMETA:

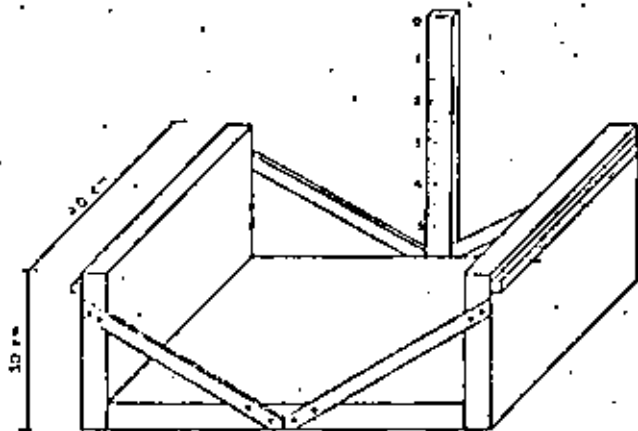
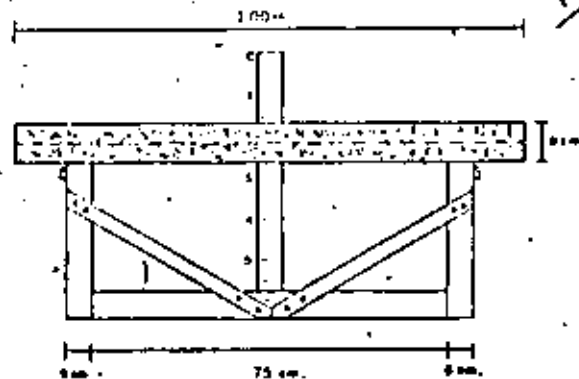
1).- Una vez ya preparada la mezcla diseñada por cualquier método (Hveem, Marshall o Huberd-Field) se vierte en el recipiente cuadrado a una temperatura de 140°C, por capas hasta dar el espesor deseado, compactando con 4 pasadas del rodillo cada capa, cuando la mezcla adquiere una temperatura de 110°C.

2).- 24 horas después, ya que la mezcla adquiere la misma temperatura que la del laboratorio, se extrae del molde, se coloca en el aparato y se registra la flecha a la hora de la falla.

El requisito que debe de cumplirse al ensayar las losas libremente apoyado, con claro de 75 centímetros, 40 centímetros de ancho y al espesor de proyecto, es que no debe producirse la menor fisura al ocurrir una flecha de 3.75 cms.



RVO



APARATO PARA PRUEBA DE FLEXIBILIDAD

ENSAYO DE IMPERMEABILIDAD:

Permeómetro de Membrana Tipo "AIX"

(Hecho en el D.I.E.)

a).- Descripción del Permeómetro.

La originalidad de este permeómetro consiste en garantizar la impermeabilidad lateral de la muestra con una membrana de hule latex, la presión lateral aplicada por la membrana es superior a la presión del agua que está sometida la probeta.

Este permeómetro (Fig. 1) se compone de: Una base y una tapa, provistos ambas de 2 llaves (Valvulas de presión),

En un receptáculo cilíndrico con los bordes redondeados, equipado de una válvula de cámara de aire o de tubo que permite realizar lo siguiente: Aplicar un ligero vacío para poder colocar la membrana en el molde y facilitar el montaje de la probeta; Inflar la membrana a una presión de aire superior a la presión del agua, para asegurar la impermeabilidad alrededor de la probeta.

Con el fin de poder efectuar ensayos sobre probetas de diámetros diferentes (80 y 100 mm. en nuestras obras) se dispone de cilindros de diámetro apropiado que se acoplan en las ranuras concéntricas hechas en la base y la tapa.

La impermeabilidad se asegura por medio de juntas biseladas que van colocadas en estas ranuras, el ajuste se efectúa por medio de vástagos con cuerdas articuladas.



Las cuatro llaves permiten:

- a).- Ajustar el aparato para la aplicación de vacío.
- b).- Aplicar la presión de agua desde un depósito de nivel constante.
- c).- Purgar el aparato en el momento de su llenado.

Las membranas de latex tienen las dimensiones siguientes:

- Espesor igual a 10/100 mm.
 Longitud igual a 250 mm.
 Diámetro 20 mm. para probetas de 80 mm. de diámetro
 90 mm. para probetas de 100 mm.

b).- Montaje del aparato:

La membrana se introduce en el cilindro y se dobla en ambos extremos sobre la pared exterior del cilindro con el fin de tener un recubrimiento de 3 a 4 cm., lo que basta para oponerse al deslizamiento sobre el metal en el momento del montaje de la probeta.

Se realiza un ligero vacío para poder adherir la membrana contra el cilindro metálico.

La probeta, a la cual previamente se le ha revestido con grasa de silicón o vaselina, se introduce en el cilindro; en este momento puede suprimirse el vacío, sosteniéndose la probeta por la presión de la membrana.

En los casos en que se cuenta con probetas muy cortas, puede hacerse una mezcla de concreto poroso para cubrir las y lograr la altura requerida, esta precaución permite evitar, ya sea un deslizamiento de la probeta o una deformación de esta bajo la presión, o una deformación de la membrana que podría conducir a una reducción de la sección de escurrimiento.

El montaje termina con el ajuste de los vástagos con tuercas y el inflado de la membrana a una presión ligeramente superior a la presión de agua exigida para el ensayo (por ejemplo 300 a 350 gr/cm², para una carga del agua de 2 m).

a).- Desarrollo del ensayo normal con saturación bajo vacío:

Para este tipo de ensayo, la presión de agua aplicada a la parte inferior del aparato, se ejerce sobre la cara del lado de la superficie del revestimiento de la muestra la cual ha sido colocada en posición invertida.

Puede colocarse un tabeado de concreto poroso sobre la parte superior de la probeta, si esta presenta una longitud menor de la requerida.

Las llaves A y D se mantienen cerradas para aplicar el vacío sobre las dos caras de la probeta a través de las llaves B y C.

Después de una hora de desairar bajo vacío, la llave C es desconectada, la llave D se pasa a la línea del recipiente de nivel constante.



El llenado de la cámara inferior se obtiene dejando el permeámetro con el fin de purgar el aire a través de la llave C.

Durante la saturación, el vacío se mantiene en la parte superior a través de la llave B. Esta fase del ensayo se interrumpe ya sea por la aparición de agua en el tubo de vacío o al término de 10 horas en caso de que no haya escurrimiento.

En este último caso, la cámara superior del aparato se rellena de agua a través de la llave B, la purga de aire se efectúa por medio de la llave A. Una vez terminadas estas operaciones se procede a las mediciones del gasto, siempre que este se haya establecido (cuando el gasto es constante), la llave D se conecta a una probeta graduada.

d).- Desarrollo del ensayo rápido sin vacío previo

1).- Preparación del ensayo.

Con el fin de poder analizar mejor los resultados indicados por el ensayo "in situ" se han efectuado en el permeámetro de membrana, mediciones de permeabilidad sobre probetas según un procedimiento idéntico al utilizado en las medidas "in situ", se decide escurrimiento durante 2 horas sin saturación previa bajo vacío.

Estos ensayos tienen por objeto:

- a).- Estudiar la influencia de la saturación con o sin vacío sobre la permeabilidad, comparando los resultados obtenidos mediante el procedimiento descrito en el inciso anterior y en el inciso que sigue.

- b).- Determinar la importancia de las fugas laterales en el ensayo "in situ" comparando los resultados obtenidos por este ensayo y los obtenidos en laboratorio con saturación previa sin vacío.

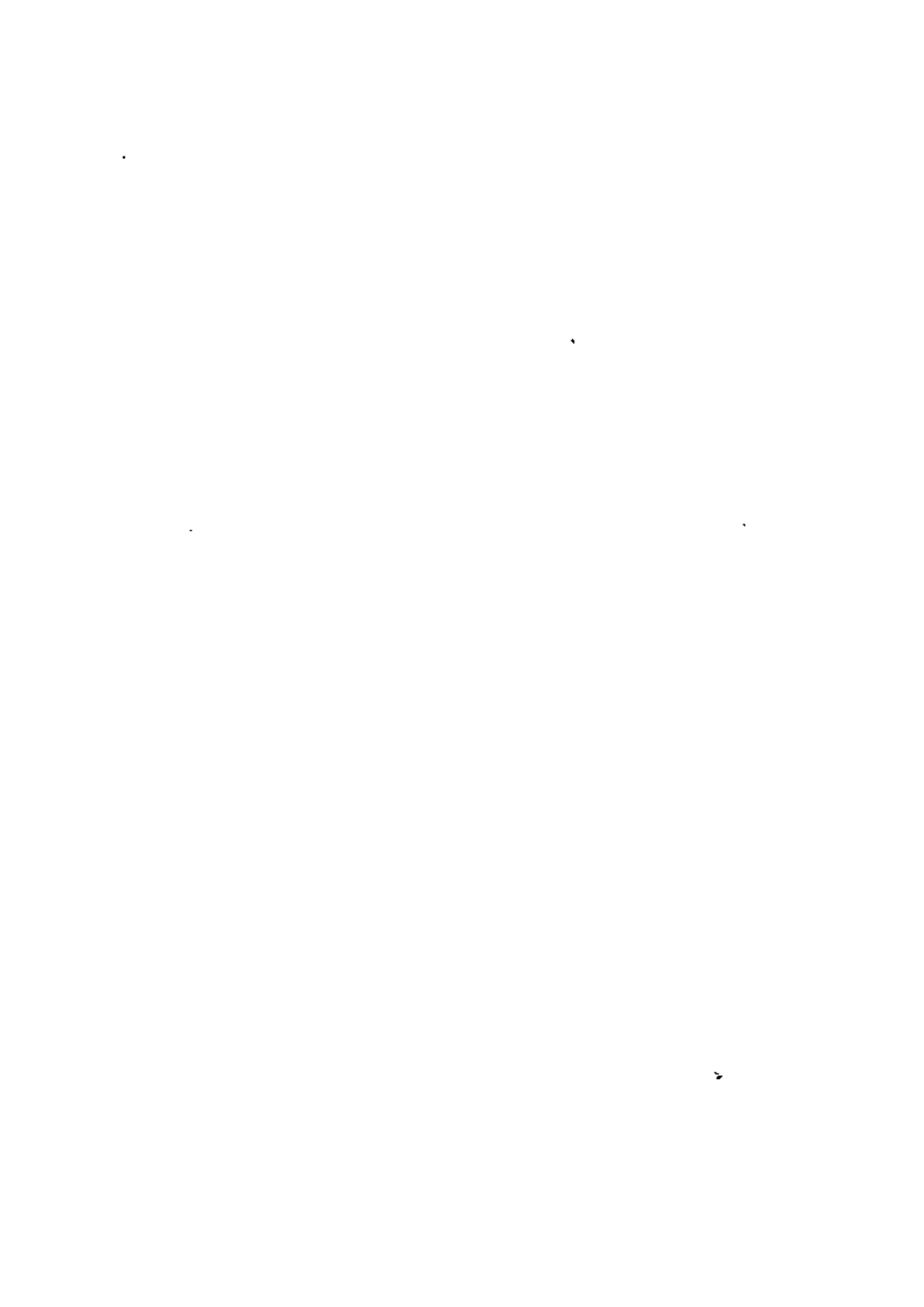
2).- Procedimiento de saturación

Contrariamente al método con vacío, la probeta se coloca normalmente en el permeámetro, estando aplicada la presión de agua en la cámara superior; en este caso el cabeceo del concreto poroso se coloca bajo la probeta.

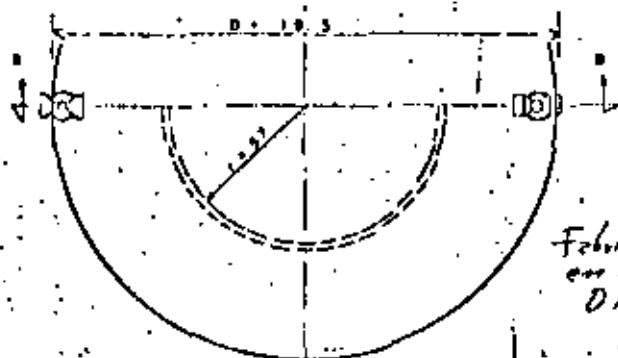
El relleno de la cámara superior se hace a través de la llave B evacuando el aire a través de la llave A.

Después de media hora de saturación, el gasto se determina, ya sea por medición del descenso del nivel de agua en el tubo con el que se aplica la carga (caso de la obra) o sea por medida acumulada del agua de saturación de la probeta y del gasto de escurrimiento, en el caso en que la aplicación de la carga se haga mediante un recipiente de nivel constante.

Si se adopta este tipo de ensayo, la pesada de la probeta antes y después del ensayo es indispensable para todas las permeabilidades menores de 5×10^{-7} cm/s, para las cuales no hay escurrimiento susceptible de ser medido al cabo de 2 horas; es por esto aconsejable la utilización del recipiente de nivel constante (con medida del gasto y pesada optativa de probeta), para las altas permeabilidades; por el contrario es recomendable el tubo graduado para la aplicación de la carga para los concretos de baja permeabilidad.

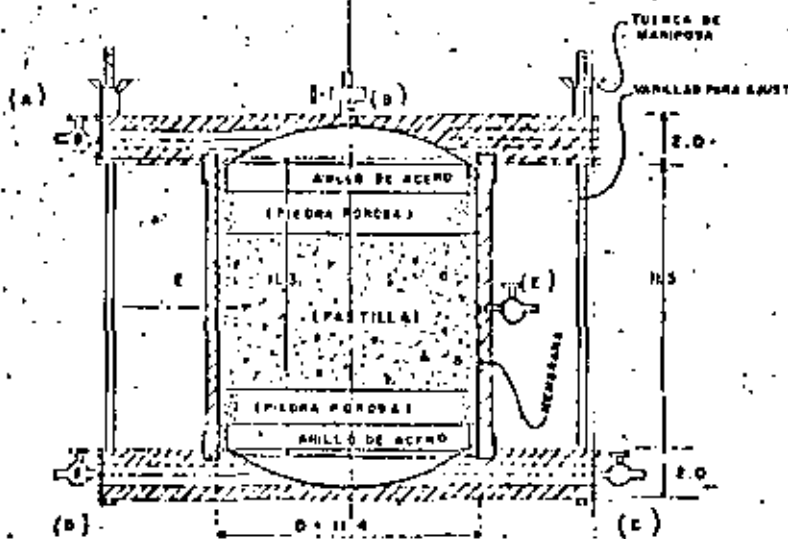


SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS
 Distrito de Riego N° 14 - 160 Colorado H.G. y Son.
GRUPO DE OBRAS DE REHABILITACION
 LABORATORIO DE MATERIALES



*Fabricado
 en el
 DIE*

VISTA SUPERIOR



CORTE B-B

NOTA: Acoraciones 90 cm.
 LAS POCHE DE VALVULAS SON 6/8"

PERMEAMETRO DE MEMBRANA AIX



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

**CURSO: INTRODUCTORIO DE FORMACION DE RESIDENTES
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EXPERIMENTAL,
S.A.R.H.**

**CALIBRACION E INSTRUMENTOS
DE MEDICION.**

PROF. ING. ALFONSO PEREZ TELLO

DICIEMBRE, 1981.

Tabla de Equivalencias

Kg/Cm ²	Lbs/Pulg ²	Tonq.	cm ²	Lbs.	K-Gravitas	A. de C.
1	14.2	0.18	100.0	375.0	17.0	7.3
2	28.4	0.36	500.0	750.0	33.2	14.5
3	42.6	0.54	500.0	1,100.0	50.8	21.8
4	56.8	0.72	700.0	1,580.0	70.0	29.1
5	71.0	0.90	900.0	1,980.0	85.0	36.4
6	85.2	1.08	1,050.0	2,370.0	105.0	45.6
7	99.4	1.26	1,200.0	2,770.0	120.0	52.9
8	113.6	1.44	1,400.0	3,160.0	140.0	60.2
9	127.8	1.62	1,600.0	3,560.0	156.4	67.4
10	142.0	1.80	1,800.0	3,960.0	170.0	74.7
20	284.0	3.6	3,600.0	7,920.0	332.0	146.0
30	426.0	5.4	5,400.0	11,800.0	508.0	218.9
40	568.0	7.2	7,200.0	15,840.0	704.0	291.0
50	710.0	9.0	9,000.0	19,800.0	850.0	364.0
60	852.0	10.8	10,800.0	23,700.0	1,000.0	436.0
70	994.0	12.6	12,600.0	27,720.0	1,200.0	509.0
80	1,136.0	14.4	14,400.0	31,680.0	1,400.0	582.0
90	1,278.0	16.2	16,200.0	35,640.0	1,584.0	654.0
100	1,420.0	18.0	18,000.0	39,600.0	1,760.0	727.0
200	2,840.0	36.0	36,000.0	79,200.0	3,520.0	1,460.0
300	4,260.0	54.0	54,000.0	118,800.0	5,280.0	2,180.0
400	5,680.0	72.0	72,000.0	158,400.0	7,040.0	2,910.0
500	7,100.0	90.0	90,000.0	198,000.0	8,500.0	3,640.0
600	8,520.0	108.0	108,000.0	237,000.0	10,000.0	4,360.0
700	9,940.0	126.0	126,000.0	277,200.0	11,520.0	5,090.0
800	11,360.0	144.0	144,000.0	316,800.0	14,000.0	5,820.0
900	12,780.0	162.0	162,000.0	356,400.0	15,840.0	6,540.0
1000	14,200.0	180.0	180,000.0	396,000.0	17,600.0	7,270.0

PARTES Y MEDIDAS CORRESPONDIENTES DE ESTE EQUIPO
PRESENTADO EN SECCIONES.

RELACION DE PARTES DE LA SECCION A-A

Núm. DE GRABADO	Núm. DE CONTROL	NOMBRE DE LA PIEZA	MEDIDAS Y	CANTIDAD
905- 1219	36 ⁷	Empaque circular y redond.	3/16 x 5/16 x 1/16	C - 1
905- 1220.0	37	Empaque circular "	5/16 x 7/16 x 1/16	C - 1
501- 6022.2	9	Flecha de la Válvula de descarga		
500 - 3593.2	12	Resorte de compresión:		C - 1
501-6023.0	10	Tornillo de ajuste de la Válvula:		C - 1
		(36, 37, 9, 12, 10) [Válvula de descarga de baja presión]		

RELACION DE PARTES DE LA SECCION B-B

36	Empaque circular y redondo.	C - 1
37	" " "	3/16 x 5/16 x 1/16
9	Flecha de la válvula de descarga	5/16 x 7/16 x 1/16
12	Resorte de compresión	C - 1
10	Tornillo de ajuste de válvula.	C - 1
905 - 1214.6		C - 1
31		
905 - 0361.9	Tuerca	PT.SKT.SET 5/8-18NFX5/8 FWT-
18	Bala	C - 2 9/16" Ø
500-7151.3		
14	Resorte de compresión	C - 2
501-872.0		--

Núm. DE GRABADO Núm. DE CONTROL	NOMBRE DE LA PIEZA	MEDIDAS Y CANTIDAD
------------------------------------	--------------------	--------------------

14 A ** 905 - 0678.2	Resorte	C.2 ---
24 905 - 0881.5	Bala	C.2 9/16" Ø
29 905 - 0714.2	Tuerca	PT.SKT.SET 1/4-28NF x 1/4 FLAT--
27 501-6294.2	Bala	C.2 7/16 Ø
13 905 - 0436.4	Resorte de compresión	C.2 -----
21	Bala	C.4 9/32" Ø

RELACION DE PARTES DE LA SECCION C-C

905-0678.2 24	Bala	C.2 3/16" Ø
905-0881.5 29	Tuerca	PT.SKT.SET. 1/4-28NF x 1/4 FLAT

RELACION DE PARTES DE LA SECCION D-D

501-3550.3 1	Palanca de control de la Unidad	C.1 -----
501-4416.2 4	Flecha de control	C.1 -----
905-0056.3 17	Anillo	C.1 1/4x3/8 PACK-UP
905-0418.6 20	Empaque circular y redondo	C.1 1/4 x 3/8 x 1/16
905-0824.6 28	Tapón	C.1 1/16 NPT - Tubo
905-0410.0 19	Empaque circular y redondo	C.2 3/8 x 1/2 x 1/16
500-3338.7 11		

RELACION DE PARTES DE LA SECCION E-E

500-3338.7 11	Filtro conexión de manguera	C.1 -----
905-0014.0 16	Empaque circular y redondo	C.1 5/8 x 3/4 x 1/16
905-0436.4 21	Bala	C.4 9/32" Ø

Núm. DE GRABADO Núm. DE CONTROL	NOMBRE DE LA PIEZA	MEDIDAS Y CANTIDAD
------------------------------------	--------------------	--------------------

905-0714.2 27	Bala	C.2 7/16" Ø
905-0361.9 18	Bala	C.2 9/16" Ø
905-0915.3 30	Tapón de tubería	C.1 1/4" NPT Entrada de tubería
905-1214.6 31	Tuerca	C.2 PT.SKT.SET 5/16-18 NF x 5/8 FLAT
500-71513 14	Resorte de compresión	C.2 -----
501-8270.8 14-A	Resorte	C.2 -----
501-6294.2 13	Resorte de compresión	C.2 -----
905-0456.9 22	Tuerca	C.2 PT.SKT.SET 3/8"-24 NF x 3/8 FLAT

RELACION DE PARTES DE LA SECCION F-F

905-1218.9 35	Anillo de retenedor	C.6 -----
501-6021.4 8	Pasador de la palanca	C.3
905-1221.9 38	Anillo empaque (limpiador)	C.1 1-1/2x1-7/8 x 3/16
905-1217.0 34	Empaque circular y cuadrado	C.1 1-1/2x1-3/4x1/8
501-8228.4 6-6A	Inyector	C.1 -----
6017.6-5 8229.3-5A	Entrada del inyector	C.1 -----
905-1216.2 33	Empaque circular y redondo	C.1 -----
905-1213.8 25	Anillo del regreso	C.2 1/2 x 1/16 x 3/32
905-0883.1 25-A	Anillo	C.2 3/8x1/2 $\frac{0.056}{0.054}$
905-0713.4 26	Empaque circular y redondo	C.2 1/2x11/16x3/32
905-0168.3 26-A	Empaque circular y redondo	C.2 3/8x1/2x1/16



Núm. de GRABADO Núm. de CONTROL	NOMBRE DE LA PIEZA	MEDIDAS Y CANTIDAD
501-8230.7 15-15A	Rondana del sellado del inyector	C.1 -----
905-0501.8 23	Tapón de tubería	C.1 1/8 NPT
501-6016.8 3	Cuerpo de la bomba	C.1 -----
905-0678.2 24	Balín	3/16 \emptyset
905-0881.5 29	Tuerca	PT SKT SET 1/4-28NF X 1/4 FLAT
905-1215.4 32	Empaque circular y <u>re</u> dondo.	C.3 7/16 x 9/16 x 1/16
905-0410.0 19	Empaque circular y <u>re</u> dondo.	C.2 5/8 x 1/2 x 1/16
905-0014.8 16	Empaque circular y <u>re</u> dondo.	5/8 x 3/4 x 1/16





**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

**CURSO: INTRODUCTORIO DE FORMACION DE RESIDENTES
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EXPERIMENTAL.
S.A.R.H.**

PROF. ING. ALFONSO PEREZ TELLO.

DICIEMBRE, 1981.

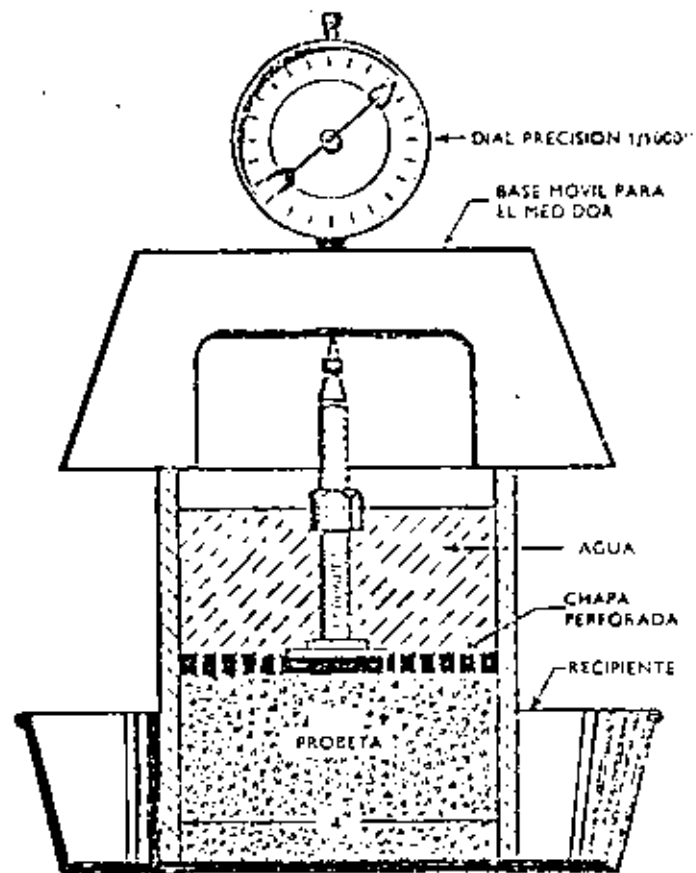


Figura III-20. Ensayo de entumecimiento.



Especificaciones normalmente empleadas para los ensayos.

A) ASFALTOS			
Párrafo		AASHO	ASTM
Betón asfáltico			
3.02	Penetración	T49	D5
3.03	Viscosidad (Véase también el ensayo Saybolt-Furud, Método de ensayo AASHO T72 o Método de ensayo ASTM D88.)	T201	D2140
3.04	Punto de inflamación (Véase también el punto de inflamación Pensky-Martens, Método AASHO T73 y ASTM D93.)	T48	D92
3.05	Ensayo en estado en película delgada	T179	D1753
3.06	Ductilidad	T51	D113
3.07	Solubilidad	T44	D4
3.08	Peso específico	T43	D70
3.09	Punto de ablandamiento	T53	D36
Asfaltos de curado rápido y medio			
3.10	Punto de inflamación	T79	D1310
3.11	Viscosidad (Véase también el ensayo Saybolt-Furud, Método de ensayo AASHO T72 o Método de ensayo ASTM D88.)	T201	D2170
3.12	Destilación	T78	D402
3.13	Ensayos sobre el residuo (véase <i>Resinas asfálticas</i> , párrafos 3.02 a 3.07).		
3.14	Peso específico	T43	D70
Asfaltos de curado lento			
3.15	Punto de inflamación (véase <i>Resinas asfálticas</i>)	T48	D92
3.16	Viscosidad (véase <i>Asfaltos de curado rápido y medio</i>)	T201	D2170
3.17	Contenido de humedad	T55	D105
3.18	Destilación	T78	D402
3.19	Ensayo del flotador	T50	D139
3.20	Residuo de asfalto de penetración 100	T56	D243
3.21	Ductilidad	T51	D113
3.22	Solubilidad (véase <i>Resinas asfálticas</i> y <i>Asfaltos de curado rápido y medio</i>)	T44	D4
3.23	Peso específico	T43	D70
Párrafo		AASHO	ASTM
3.43	Compactador por amasado	—	D1561
3.43	Método Hubbard-Field ¹	T169	D1138
3.44	Método triaxial ¹	—	—
3.45	Densidad ¹	T166	D1188
3.46	Huecos ¹	—	—
3.47	Extracción		
	Procedimiento centrífugo	T164	D2172
	Procedimiento de reflujo	T170	D1856
3.48	Recuperación del asfalto	T170	D1856
3.49	Determinación de humedad y/o volátiles por destilación	—	D255
	Otros métodos	T110	D1461
3.50	Entumecimiento	T101	—

Párrafo		AASHO	ASTM
Emulsión asfáltica			
3.24	Viscosidad	T59	D244
3.25	Residuo de destilación	T59	D244
3.26	Sedimentación	T59	D244
3.27	Desnatabilidad	T59	D244
3.28	Tamizado	T59	D244
3.29	Mezclado con cemento	T59	D244
3.30	Ensayos sobre el residuo (véase <i>Resinas asfálticas</i> , párrafos 3.02 a 3.07)		
3.31	Peso específico	T43	D70
B) ARIDOS			
3.33	Tamizado	—	—
	Tamizado por vía seca	—	—
	Aridos gruesos y finos	T27	C136
	Filler	T37	D546
	Tamizado por vía húmeda (Véase <i>Asphalt Plant Manual</i> , Instituto del Asfalto, MS-3.)	—	—
3.34	Equivalente de arena	T176	—
3.35	Abrasión (desgaste)	T96	C131
3.36	Resistencia a los sulfatos	T104	C48
3.37	Peso específico:		
	Aridos gruesos	T85	C127
	Aridos finos	T88	C128
3.38	Peso unitario	T19	C29
3.39	Humedad	—	—
C) MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTACIÓN			
3.41	Ensayo Marshall ¹	—	D1559
3.42	Método de Hveem ¹	—	—
	Ensayos del estabilómetro y del cohesiómetro	—	D1560

PAZ DE PETRÓLEO

ESQUEMA DE FABRICACIÓN DE LOS PRODUCTOS ASFÁLTICOS

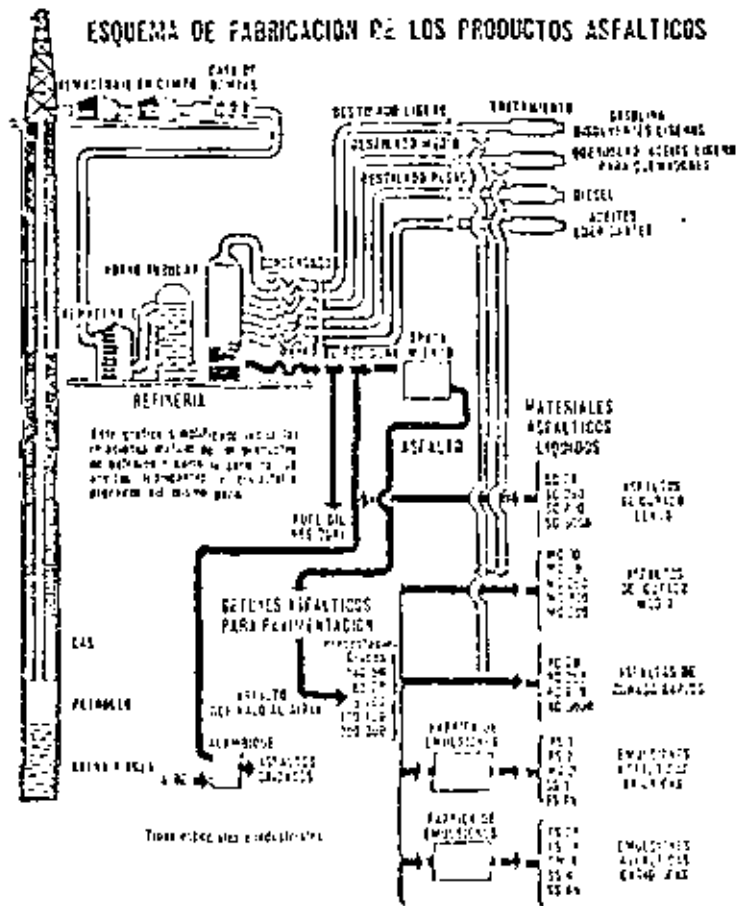


Figura 1-1. Diagrama de fabricación de los productos asfálticos.

GASOLINA O NAFTA	KEROSENO	ACEITES NO VOLÁTILES O DE EVAPORACIÓN LENTA	AGUA Y EMULSIFICANTE	AGUA Y EMULSIFICANTE
BETUN ASFÁLTICO	BETUN ASFÁLTICO	BETUN ASFÁLTICO	BETUN ASFÁLTICO	ASFALTOS LÍQUIDOS RC, MC o SC
CURADO RÁPIDO (RC)	CURADO MEDIO (MC)	CURADO LENTO (SC)	EMULSIONES ASFÁLTICAS	EMULSIONES ASFÁLTICAS INVERSAS

NOTA. Las dimensiones de estos diagramas no son proporcionales a la composición.

Figura 1-2. Productos asfálticos líquidos.

ESPECIFICACIONES NORMALMENTE EMPLEADAS PARA LOS ENSAYOS

A) Asfalto

Párrafo	AASHTO	ASTM
<u>BETUN ASEALTICO</u>		
3.02 Penetración	T49	D5
3.03 Viscosidad	T201	D2140
(Vease también en ensayo Saybolt-Furrol, Método de ensayo AASHTO T72 o Método de ensayo ASTM D83.)		
3.04 Punto de inflamación	T48	D92
(Vease también el punto de inflamación Pensky-Martens, Método AASHTO T73 y ASTM D93.)		
3.05 Ensayo de estufa en película delgada	T179	D1754
3.06 Ductilidad	T51	D113
3.07 Solubilidad	T44	D4
3.08 Peso específico	T43	D70
3.09 Punto de reblandecimiento	T53	D36

ASFALTOS DE CURADO RAPIDO Y MEDIO

3.10 Punto de inflamación	T79	D1310
3.11 Viscosidad	T201	D2170
(Vease también el ensayo Saybolt-Furrol, Método de ensayo AASHTO T72 o Método de ensayo ASTM D88.)		
3.12 Destilación	T78	D402
3.13 Ensayos sobre el residuo (Vease Betunes asfálticos, párrafos 3.02 al 3.07)		
3.14 Peso específico	T43	D70

ASFALTOS DE CURADO LENTO

3.15 Punto de inflamación (Vease - - Betún Asfáltico.)	T48	D92
3.16 Viscosidad (Vease Asfaltos de - curado rápido y medio	T201	D2170
3.17 Contenido de humedad	T55	D95
3.18 Destilación	T78	D402
3.19 Ensayo del flotador	T50	D139
3.20 Residuo de asfalto de penetra- ción 100	T56	D243
3.21 Ductilidad	T51	D113
3.22 Solubilidad (Vease Betún y As- faltos de curado rápido y me- dio.)	T44	D4
3.23 Peso específico	T43	D70
Compactador por amasado	—	D1561
3.43 Método Hubbard-Field'	T169	D1138
3.44 Método traxial'	—	—
3.45 Densidad	T166	D1188
3.46 Huecos	—	—
3.47 Extracción:		
Procedimiento centrífugo	T164	D2172
Procedimiento de reflujo	T170	D1856
3.48 Recuperación del asfalto	T170	D1856
3.49 Determinación de humedad y/o - volátiles por destilación ...	—	D255
3.50 Entumecimiento	T101	—
<u>EMULSION ASFALTICA</u>		
3.24 Viscosidad	T59	D244
3.25 Residuo de destilación	T59	D244
3.26 Sedimentación	T59	D244

3.27	Demulsibilidad	T59	D244
3.28	Tamizado	T59	D244
3.29	Mezclado con cemento	T59	D244
3.30	Ensayados sobre el residuo - - (Vease Betunes asfálticos, pá- rrafos 3.02 a 3.09.)		
3.31	Peso específico	T43	D70

B) Aridos

3.33	Tamizado:		
	Tamizado por via seca	---	---
	Aridos gruesos y finos	T27	C136
	Filler	T37	D546
	Tamizado por vía húmeda	---	---
	(Vease Asdhalt Plant Manual, Instituto del Asfalto, MS-3.)		
3.34	Equivalente de arena	T176	---
3.35	Abrasión (desgaste)	T96	C131
3.36	Resistencia a los sulfatos....	T104	C88
3.37	Peso Específico:		
	Aridos gruesos	T85	C127
	Aridos finos	T88	C128
3.38	Peso unitario	T19	C29
3.39	Humedad	---	---

C) Mezclas Asfálticas para Pavimentación

3.41	Ensayo Marshall'	---	D1559
3.42	Método de Hveem:		
	Ensayos del estabilómetro y - del cohesiómetro	---	D1560

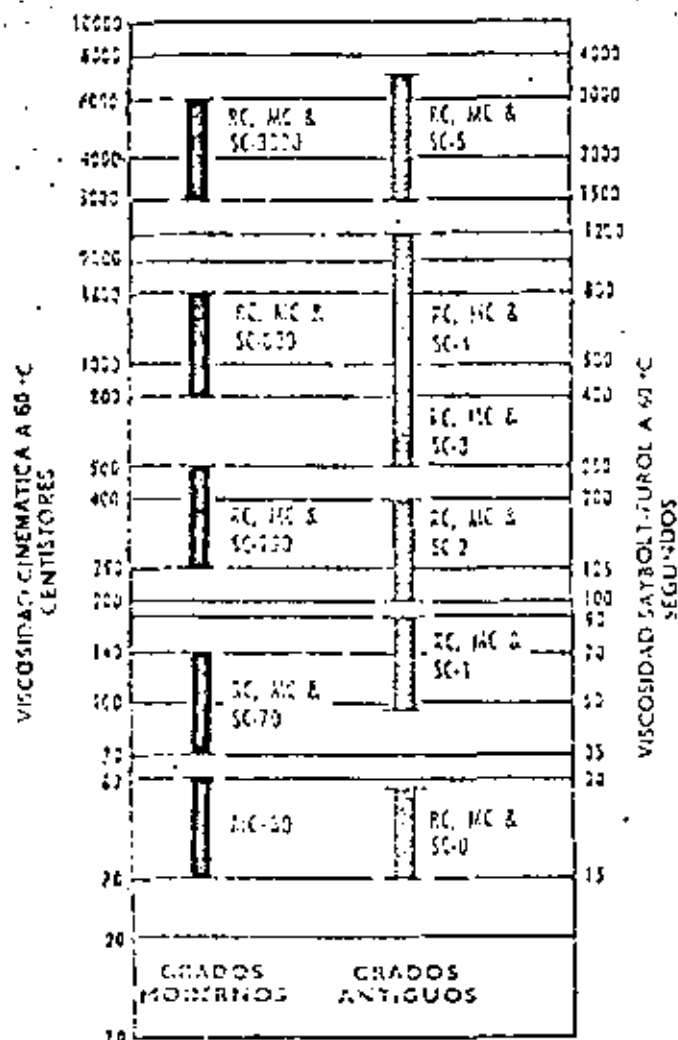


Tabla IV-1. COMPARACION DE LOS GRADOS ANTIGUOS Y MODERNOS DE ASFALTO LIQUIDO.

Tabla IV-1—ESPECIFICACIONES PARA BETUNES ASFALTICOS

Características	Método de ensayo A.A.S.H.O.	Método de ensayo ASTM	TIPOS				
			Industriales y especiales	Pavimentación			
Penetración 25° C, 100 pr. 5 seg.	T-49	D-5	40-50	60-70	85-100	120-150	200-300
Viscosidad a 135° C. Saybolt-Furol, SSF	—	E-102	120+	100+	85+	70+	50-
Cinematíca, centistokes.	—	D-445	240+	200+	170-	140+	100+
Punto de inflamación (vaso abierto Cleveland), °C	T-43	D-92	232+	232+	232+	232+	177+
Ensayo en balsa en película delgada. Penetración después del ensayo, 25° C, 100 pr. 5 seg., % de la original	T-173	—	—	—	—	—	—
	T-49	D-5	52+	50+	45+	42+	37+
Ductilidad: A 25° C, cms.	T-51	D-113	100+	100+	100+	60+	—
A 15.6° C, cms.	—	—	—	—	—	—	60+
Solubilidad en CCl ₄ , %	T-44*	D-4*	92.5-	92.5+	92.5+	92.5+	92.5+
Condiciones generales.			El asfalto se preparará por destilación del petróleo. Será uniforme en su naturaleza y no formará espuma al calentarlo a 177° C.				

* Salvo que se emplee tetracloreto de carbono como disolvente en lugar de sulfuro de carbono, el procedimiento n.º 1 del método A.A.S.H.O. T-44, o el n.º 1 del Método ASTM D-4.

Tabla I-1

PENETRACION RECOMENDABLE PARA DIVERSOS TIPOS DE BETUNES ASFALTICOS

PAVIMENTACION	CLIMA			
	Cálido árido	Cálido húmedo	Moderado	Frio
Aeropuertos				
Pistas de despegue	60-70	60-70	60-70	85-100
Caminos auxiliares	60-70	60-70	60-70	85-100
Aparcamientos	60-70	60-70	60-70	85-100
Carreteras				
Tráfico pesado y muy pesado	60-70	60-70	60-70	85-100
Tráfico medio a ligero	85-100	85-100	85-100	100-150
Calle				
Tráfico pesado y muy pesado	60-70	60-70	60-70	85-100*
Tráfico medio a ligero	85-100	85-100	85-100	85-100
Caminos particulares				
Industriales	60-70	60-70	60-70	85-100
Estaciones de servicio	60-70	60-70	60-70	85-100
Residenciales	60-70	60-70	85-100	85-100
Aparcamientos				
Industriales	60-70	60-70	60-70	60-70
Comerciales	60-70	60-70	60-70	65-100
Zonas de recreo				
Pistas de tenis	85-100	85-100	85-100	85-100
Terranos de juego	85-100	85-100	85-100	85-100
Bordillos	60-70	60-70	60-70	85-100

* Normalmente se emplea en el sheet asphalt asfalto de penetración 60/70.

Tabla IV-2-ESPECIFICACIONES PARA ASFALTO FLUIDIFICADO DE CURADO RÁPIDO (RC)

Características	Método de ensayo AASHTO	Método de ensayo ASTM	GRADOS					
			RC-0	RC-1	RC-2	RC-3	RC-4	RC-5
Punto de inflamación, vaso abierto, °C	T-79	D-1310	—	—	29.7	29.7	29.7	29.7
Viscosidad Furdic a 25° C, seg.	T-72	D-63	75-150	—	—	—	—	—
" " " a 50° C, seg.			—	75-150	—	—	—	—
" " " a 60° C, seg.			—	—	100-200	—	—	—
" " " a 77.2° C, seg.			—	—	—	—	125-250	200-600
Destilación: Destilado (porcentaje del total destilado a C):	T-78	D-402	15+	15+	—	—	—	—
A 150° C.			55+	50+	40+	25+	8+	—
A 225° C.			75+	70+	60+	55+	40+	25+
A 260° C.			90+	85+	87+	85+	80+	70+
Residuo de destilación a 360° C, porcentaje en volumen por diferencia.			10+	10+	11+	11+	12+	12+
Ensayos sobre el residuo de destilación: Penetración, 25° C, 100 grs. 5 seg.	T-49	D-5	60-120	60-120	60-120	60-120	60-120	
Ductilidad, 25° C, cms.	T-51	D-113	100+	100+	100+	100+	100+	
Solubilidad en CCl ₄ , %	T-44*	D-4*	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	
Condiciones generales.	El material no contendrá agua.							

* Salvo que se emplea tetracloruro de carbono como disolvente en lugar de sulfuro de carbono, el procedimiento n.º 1 del Método AASHTO T-44, o el n.º 1 del Método ASTM D-4.

Tabla IV-3-ESPECIFICACIONES PARA ASFALTO FLUIDIFICADO DE CURADO MEDIO (MC)

Características	Método de ensayo AASHTO	Método de ensayo ASTM	GRADOS					
			MC-0	MC-1	MC-2	MC-3	MC-4	MC-5
Punto de inflamación, vaso abierto, °C	T-79	D-1310	37.8	37.8	45.6	45.6	45.6	45.6
Viscosidad Furdic a 25° C, seg.	T-72	D-63	75-150	—	—	—	—	—
" " " a 50° C, seg.			—	75-150	—	—	—	—
" " " a 60° C, seg.			—	—	100-200	—	—	—
" " " a 77.2° C, seg.			—	—	—	—	125-250	200-600
Destilación: Destilado (porcentaje del total destilado a 360° C):	T-78	D-402	25+	20+	10+	5+	0	0
A 150° C.			40-70	25-45	15-25	5-15	20+	20+
A 225° C.			75-90	70-90	60-80	55-65	40-60	25-75
A 260° C.			90+	85+	87+	85+	80+	70+
Residuo de destilación a 360° C, porcentaje en volumen por diferencia.			10+	10+	11+	11+	12+	12+
Ensayos sobre el residuo de destilación: Penetración, 25° C, 100 grs. 5 seg.	T-49	D-5	120-300	120-300	120-300	120-300	120-300	
Ductilidad, 25° C, cms.	T-51	D-113	100+	100+	100+	100+	100+	
Solubilidad en CCl ₄ , %	T-44**	D-4**	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	
Condiciones generales.	El material no contendrá agua.							

** Si la penetración del residuo es superior a 200 y su ductilidad a 25° C es inferior a 100, el material será aceptable si su ductilidad a 13.8° C es 100+.

** Salvo que se emplea tetracloruro de carbono como disolvente en lugar de sulfuro de carbono, el procedimiento n.º 1 del Método AASHTO T-44, n.º 4, o 1 del Método ASTM D-4.

Tabla IV-4—ESPECIFICACIONES PARA ASFALTO FLUIDIFICADO DE CURADO LENTO (SC)

Características	Método de ensayo AASHTO	Método de ensayo ASTM	GRADOS					
			SC-0	SC-1	SC-2	SC-3	SC-4	SC-5
Punto de inflexión, vaso abierto, °C	T-48	D-77	65.8+	65.8-	73.4-	63.2+	107.0+	101.1+
Viscosidad Furel a 25° C, seg.			75-150	—	—	—	—	—
" " a 50° C, seg.			—	75-150	—	—	—	—
" " a 60° C, seg.	T-72	D-28	—	—	100-200	250-500	—	—
" " a 82.2° C, seg.			—	—	—	—	100-200	500-600
Agua %	T-55	D-35	0.5-	0.5-	0.0	0.0	0.0	0.0
Destilación:								
Total destilado a 360° C.	T-78	D-402	15-40	10-30	5-25	2-15	10-	5-
Ensayo del flotador sobre el residuo de destilación a 90° C, seg.	T-50	D-139	15-100	20-100	25-100	50-125	60-150	75-200
Residuo asfáltico de penetración 100, %		D-243	40-	50+	60-	70+	75-	50+
Ductilidad del residuo asfáltico de penetración 100, a 25° C, cms.	T-51	D-113	100+	100+	150+	160+	100+	100+
Solubilidad en C. Cl ₄ %	T-44*	D-4*	97.5+	97.5+	97.5+	97.5+	97.5+	97.5+

* Salvo que se emplea tetracloruro de carbono como disolvente en lugar de sulfuro de carbono, el procedimiento n.º 1 del Método AASHTO T-44, o el n.º 1 del Método ASTM D-4. Si el material cumple las condiciones de solubilidad para aceptación de la especificación en sulfuro de carbono es 97.5% y la proporción de batus (material soluble en sulfuro de carbono) soluble en tetracloruro de carbono es 97.5%.

Tabla IV-5—ESPECIFICACIONES PARA EMULSIONES ASFALTICAS

Características	Método de ensayo AASHTO	Método de ensayo ASTM	GRADOS			
			Ruptura rápida		Ruptura media	Ruptura lenta
			RS-1	RS-2	MS-2	LS-1
ENSAYOS SOBRE LA EMULSION						
Viscosidad Furel a 25° C, seg.			20-100	—	100+	20-100
" " a 50° C, seg.			—	75-400	—	—
Residuo de la destilación, %			57-62	62-69	62-69	57-62
Sedimentación, 3 días, %			3-	3-	3-	3-
Demulsibilidad:	T-29	D-244				
35 ml. de C ₄ Cl ₄ 0.02 N, %			60+	50+	—	—
30 ml. de C ₄ Cl ₄ 0.02 N, %			—	—	30-	—
Tamizado (retenido en el tamé n.º 200) %			0.10-	0.10-	0.10-	0.10-
Mezcla con cemento %			—	—	—	2.0-
ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO						
Penetración, 25° C, 100 gr., 5 seg.	T-49	D-5	100-200	100-200	100-200	100-200*
Solubilidad en C. Cl ₄ %	T-44**	D-4*	97.5+	97.5+	97.5+	97.5+
Ductilidad, 25° C, cms.	T-51	D-113	40+	40+	40+	40+

* Para algunos usos especiales, tales como emulsión asfáltica fluida para capas de sellado, puede preferirse un residuo de penetración inferior. En tales casos la penetración del residuo a 25° C debe ser 40-60 y el grado se designará como SS-1h.

** Salvo que se emplea tetracloruro de carbono como disolvente en lugar de sulfuro de carbono, el procedimiento n.º 1 del Método AASHTO T-44, o el n.º 1 del Método ASTM D-4.

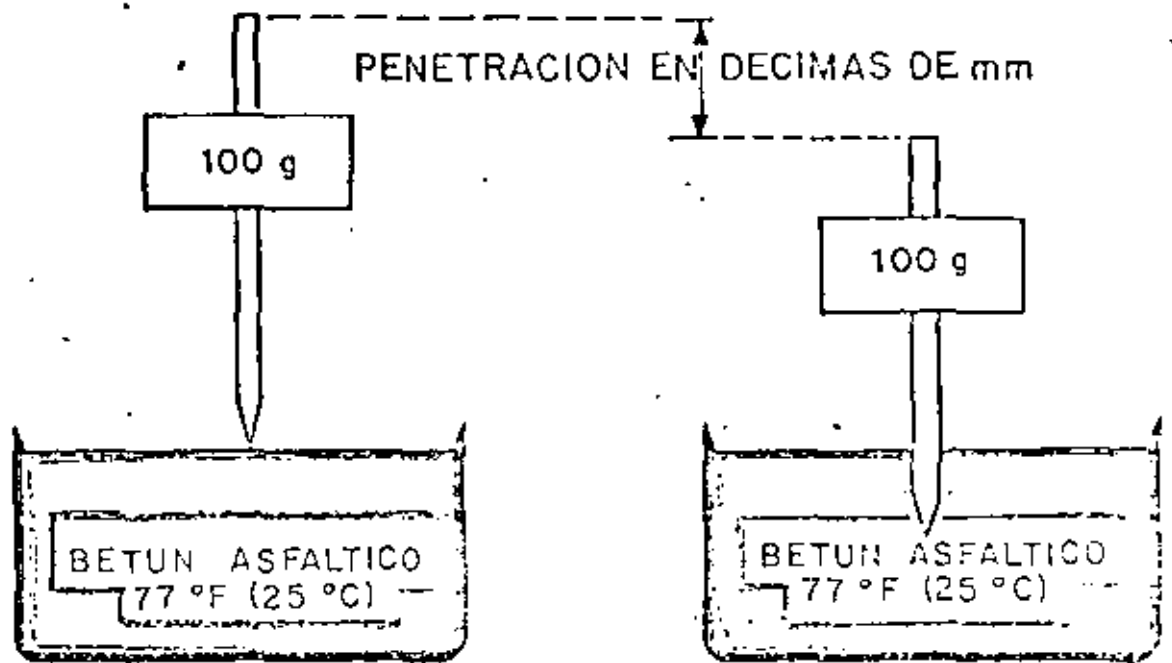


Figura III-1. Ensayo normal de penetración.

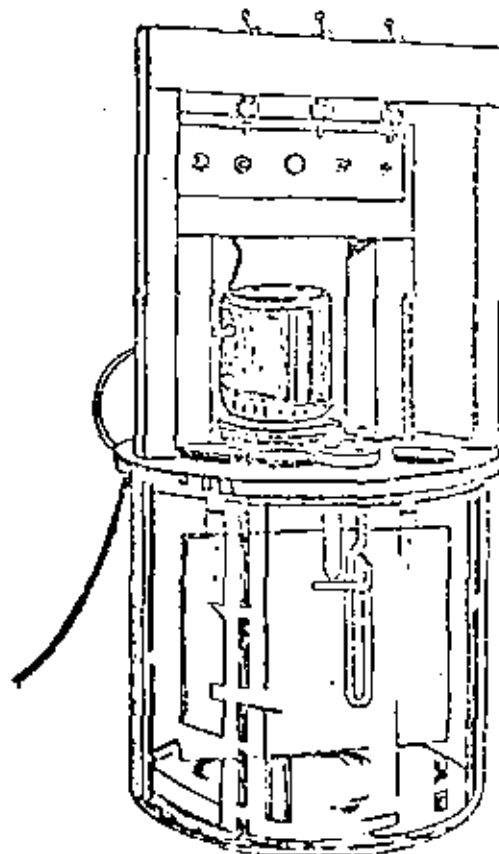


Figura III-2. Ensayo cinemático de viscosidad capilar



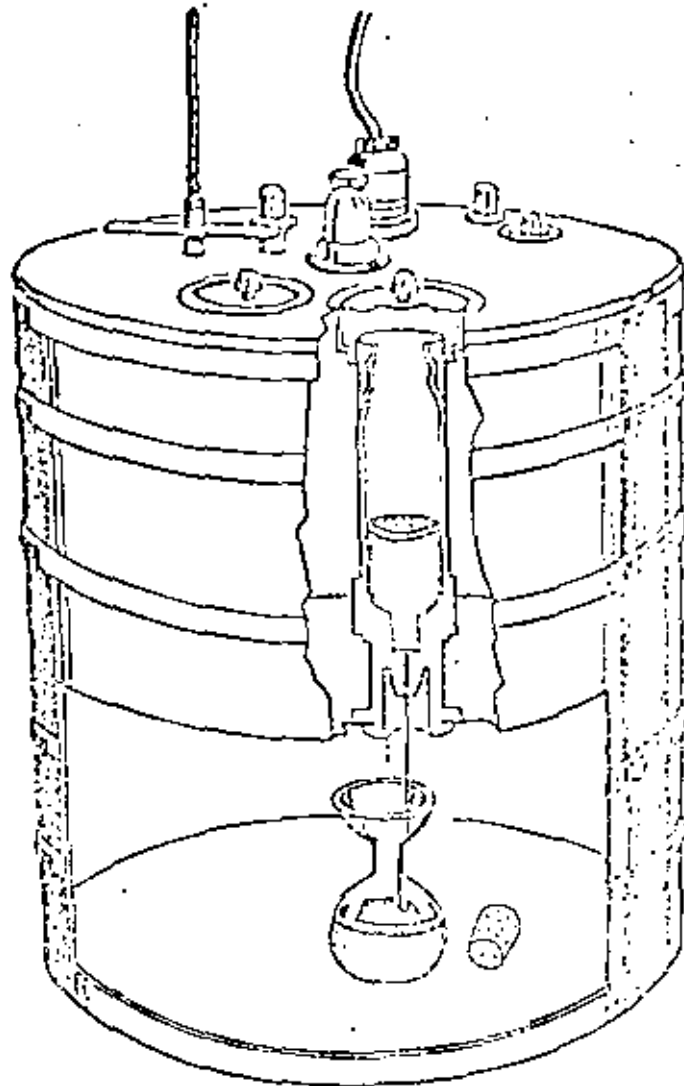


Figura III-3. Determinación de la viscosidad Saybolt - Furol

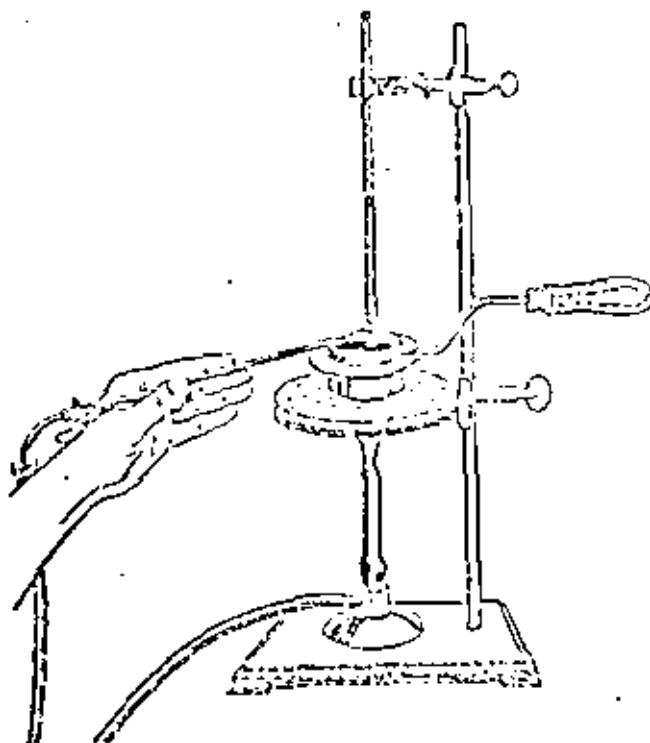


Figura III-4. Determinación del punto de inflamación en vaso abierto cleveland.

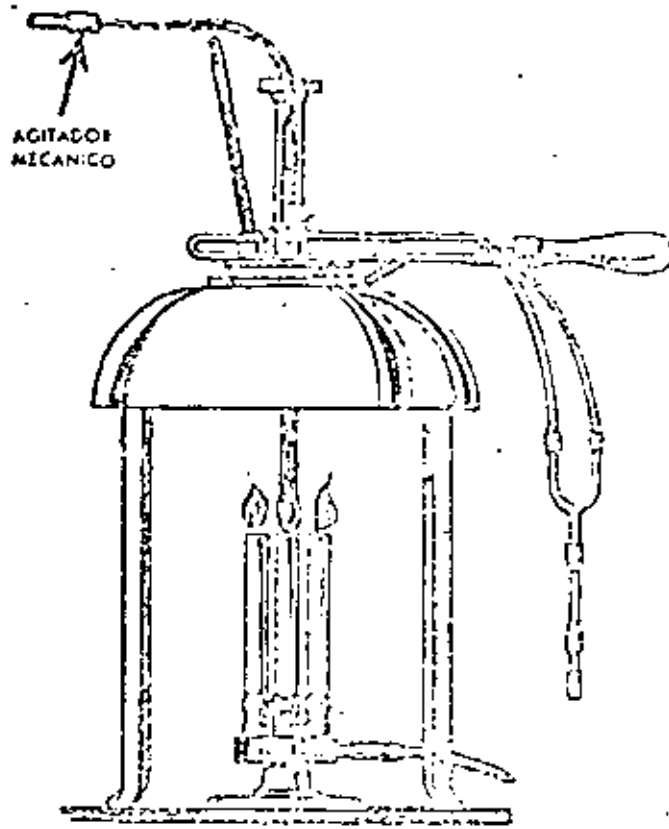


Figura III-5. Determinación del punto de inflamación.
Pensk-Martens.

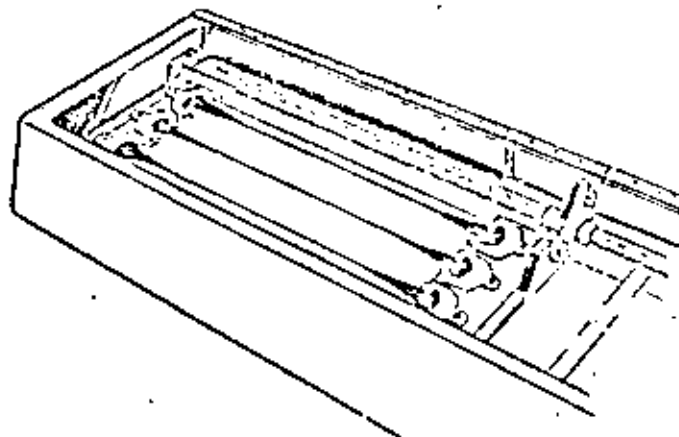


Figura III-6. Ensayo de ductilidad.

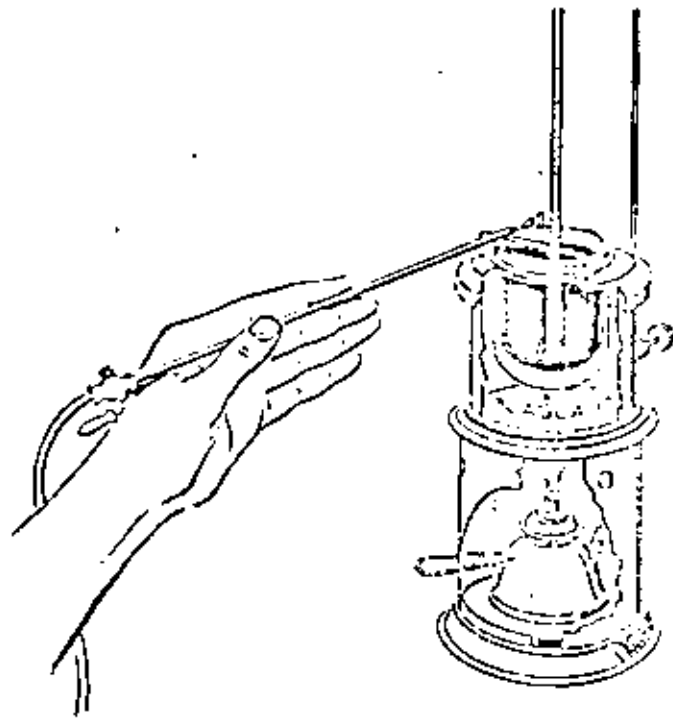


Figura III-8. Determinación del punto de inflamación en vaso abierto (asfalto fluidificado).

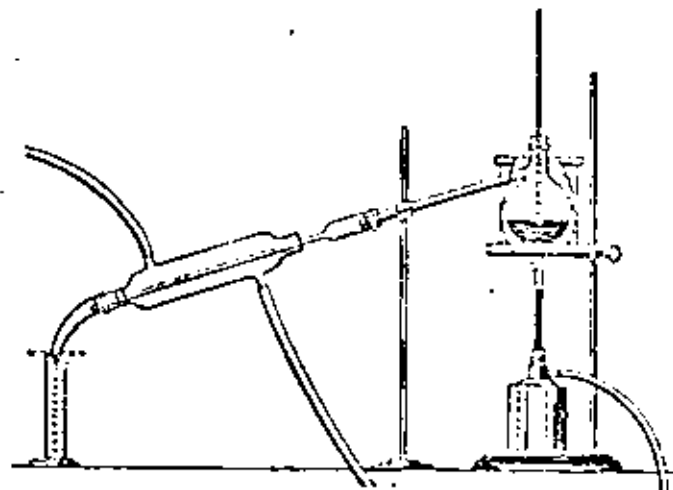


Figura III-9. Ensayo de destilación.



ENSAYO DE VISCOSIDAD MODIFICADO

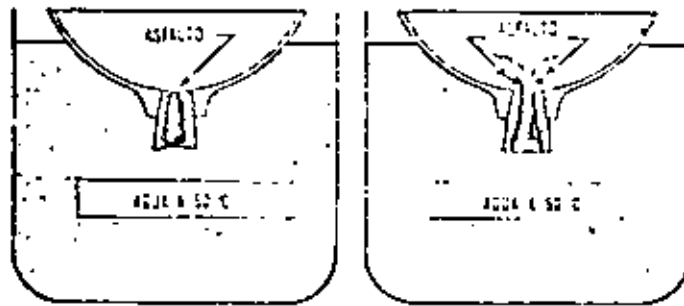


Figura III-10. Ensayo del flotador.

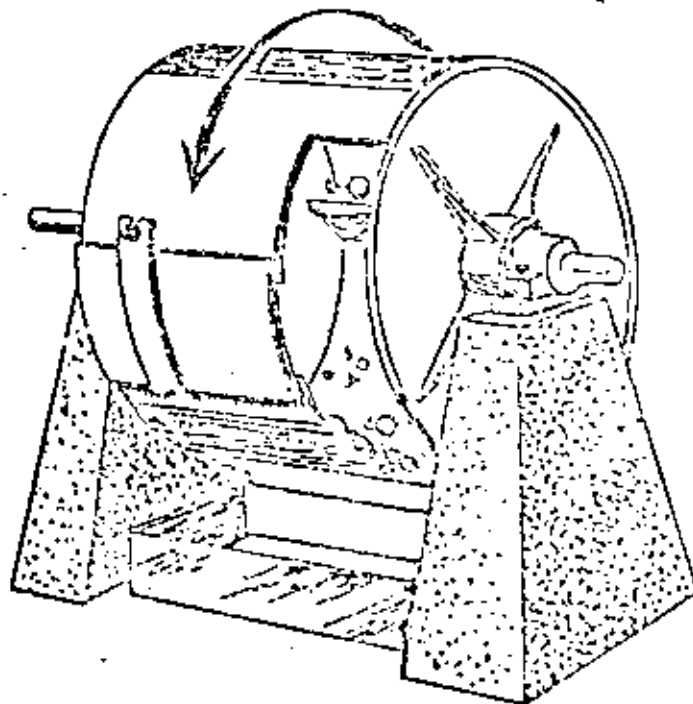


Figura III-12. Ensayo Los Angeles.



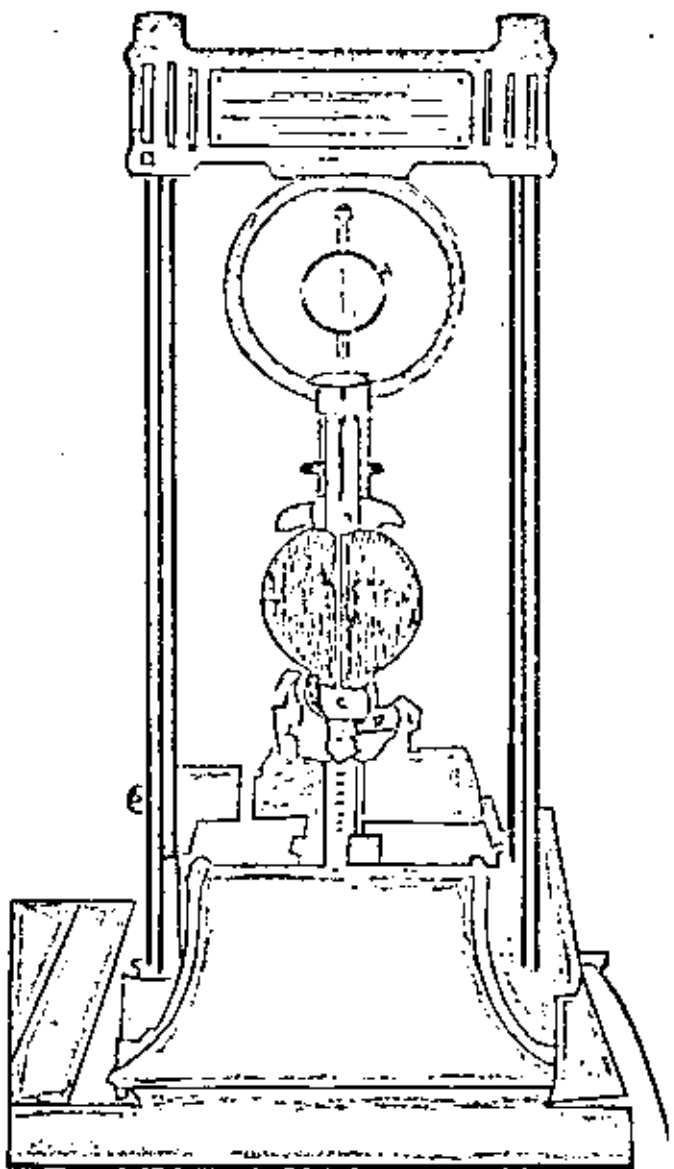


Figura III-13. Ensayo Marshall de estabilidad y fluencia



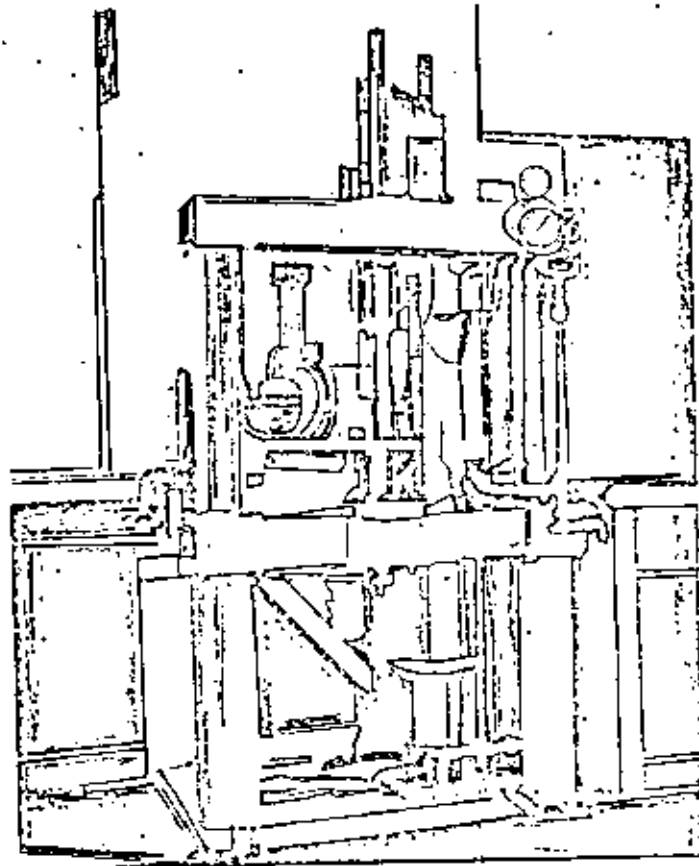


Figura III-14. Compactador por amasado para preparación de probetas.

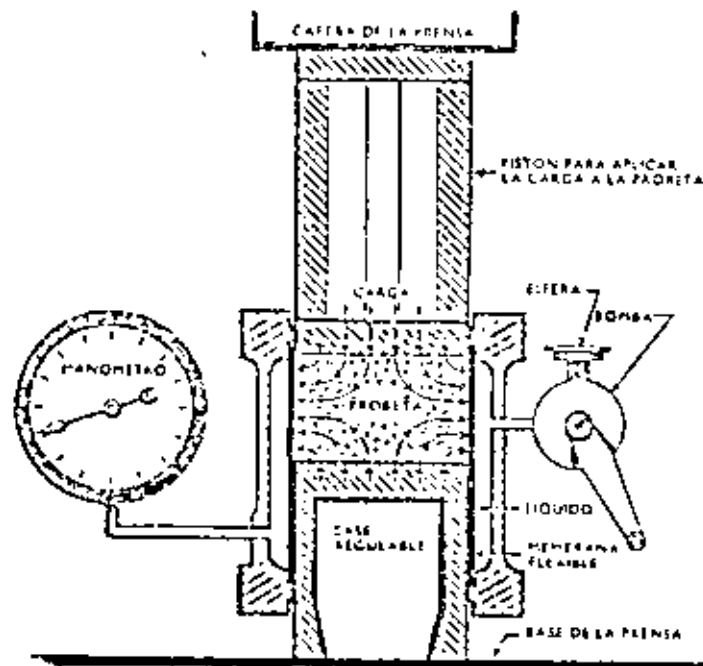


Figura III-15. Ensayo del estabilometro de Hvem.



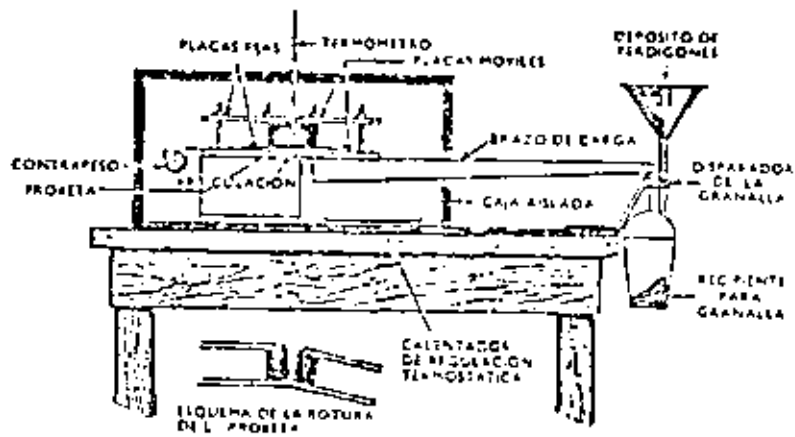


Figura III-16. Ensayo del cohesiometro de Hveem.

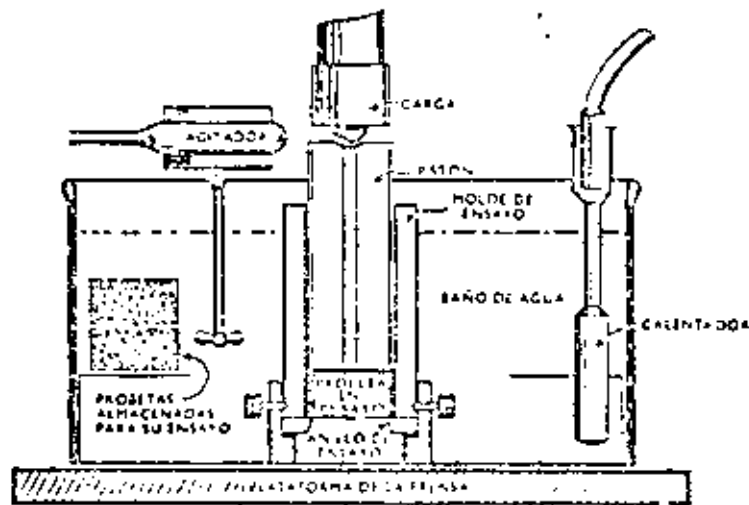


Figura III-17. Ensayo Hubbar-Field de probetas de 2" de diametro.



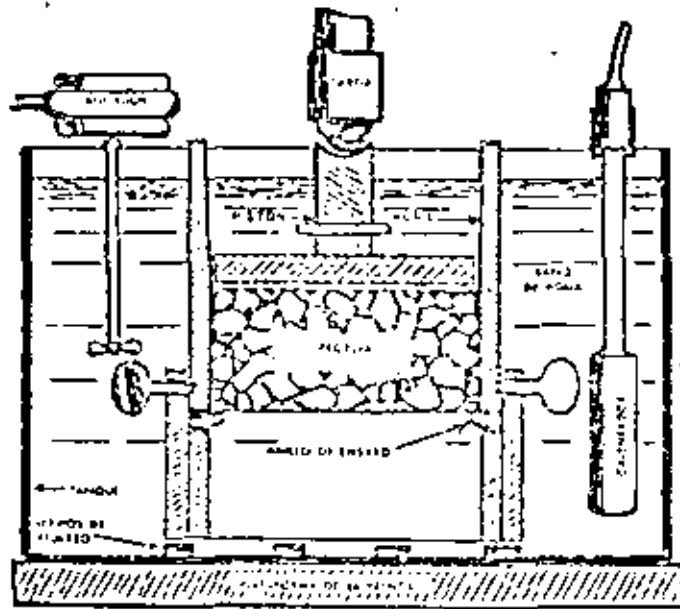


Figura III-18. Ensayo Hubbert-Field de probetas de 6" de diámetro.

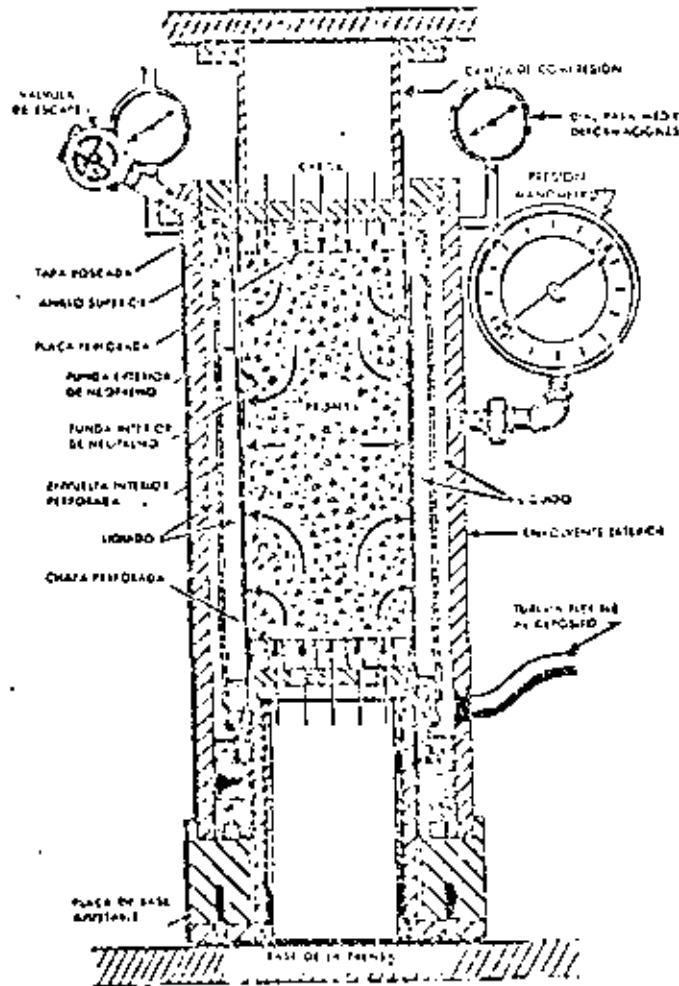
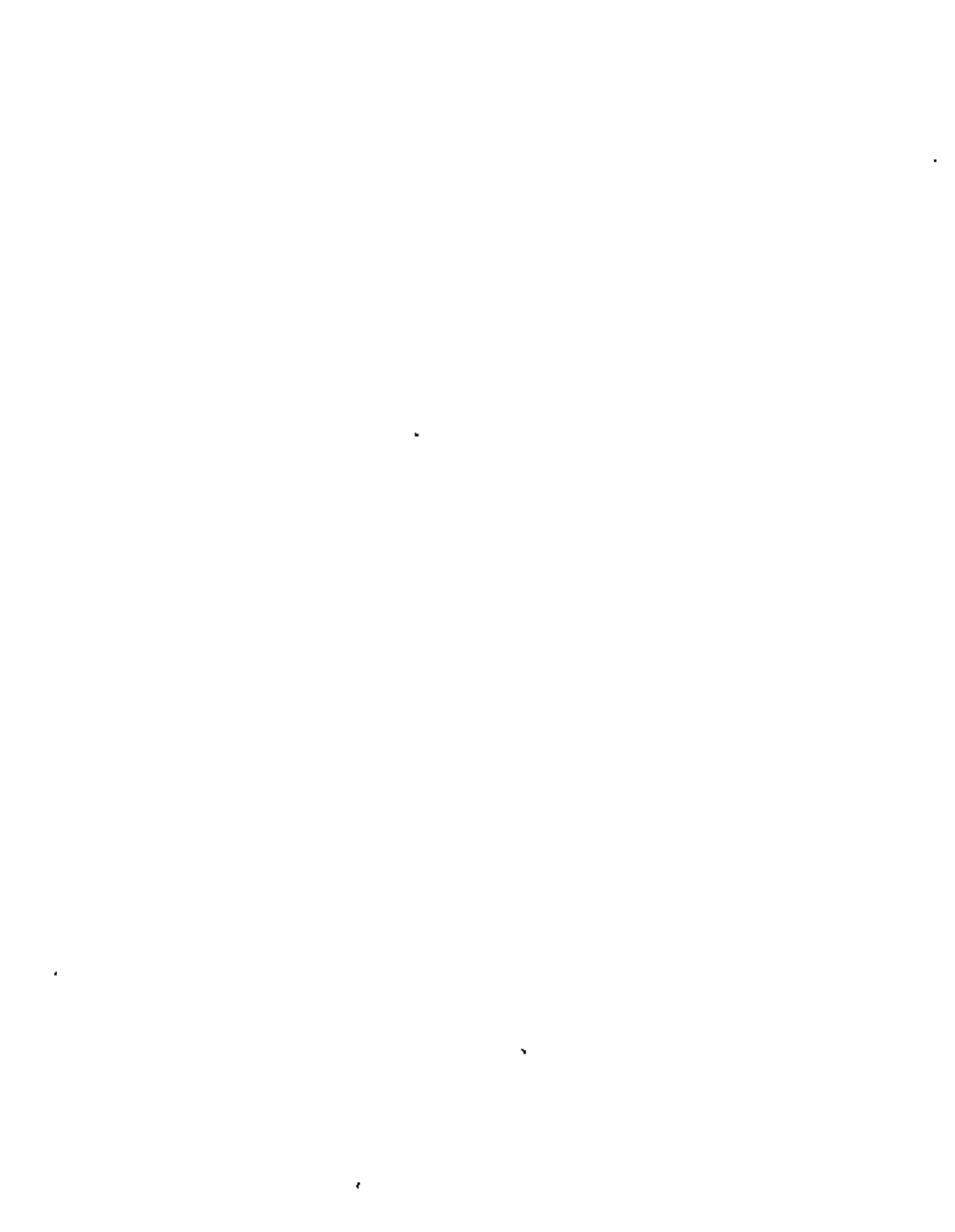


Figura III-19. Ensayo triaxial de Smith.



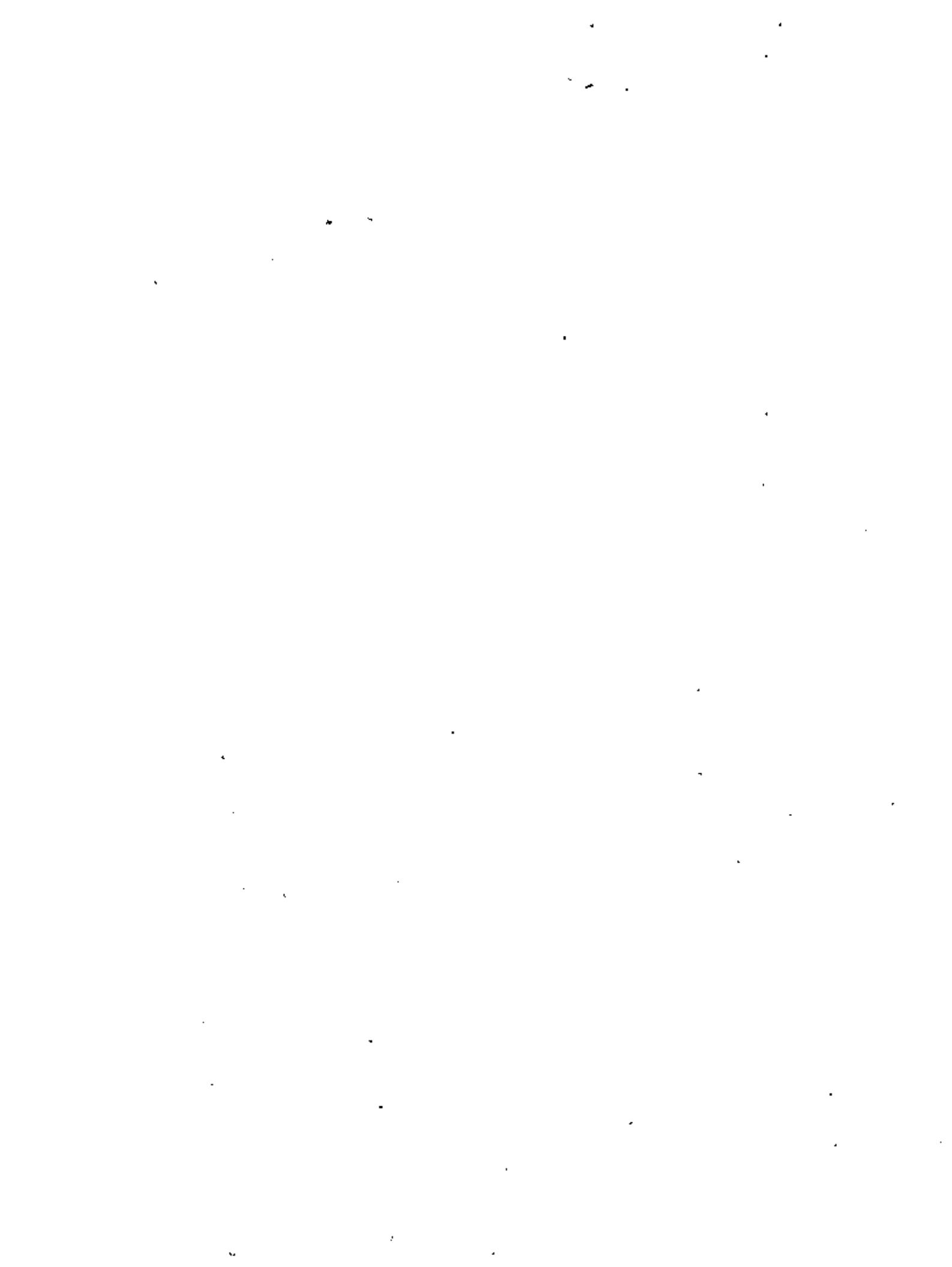


**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CURSO: INTRODUCTORIO PARA LA FORMACION DE RESIDENTES DE
INVESTIGACION Y DESARROLLO EXPERIMENTAL. S.A.R.H.

A S F A L T O S

DICIEMBRE, 1981.



A S F A L T O S

Cementos Asfálticos {
C.A. Tipo 3
C.A. Tipo 6
C.A. Tipo 7
C.A. Tipo 8

Cementos Asfálticos rebajados con solventes. {
Fraguado Rápido — Gasolina o Nafta
Fraguado Medio — Queroseno
Fraguado Lento — Petroleo

Emulsiones Asfálticas Base Agua {
Emulsiones Asfálticas Aniónicas {
Rompimiento
Rompimiento
Rompimiento
Emulsiones Asfálticas Cationicas {
Rompimiento
Rompimiento
Rompimiento

NOTA: Las emulsiones se dividen de acuerdo a la rapidéz relativa en la que se presenta el fenómeno de ruptura que es la coagulación o sea la separación de la fases dispersas o continuas.

CONTROL DE CALIDAD EN CONCRETOS ASFALTICOS EN OBRAS HIDRAULI
CAS DE LA S.A.R.H

DEFINICION DEL ASFALTO

INSTITUTO DEL ASFALTO.

Es un material aglomerante de color, que varía de pardo obscuro a negro, de consistencia sólida, semisólida o líquida, cuyos constituyentes predominantes son betunes que se dan en la naturaleza como tales o que se obtienen en la destilación del petróleo. El asfalto entra en proporciones variables en la constitución de la mayor parte de los crudos.

DEFINICION A.S.T.M.

Materiales aglomerantes sólidos o semisólidos de color que varía de negro a pardo obscuro y que se licúan gradualmente al calentarse, cuyos constituyentes predominantes son betunes que se dan en la naturaleza en forma sólida o se obtienen de la destilación del petróleo.

PRESENTACION DEL ASFALTO.

El asfalto es un componente natural que se encuentra en el petróleo, en lo que se encuentra en disolución, - el petróleo crudo se destila para separar sus diversas fracciones y recuperar el asfalto. Hay yacimientos naturales

de asfaltos en alguno de los cuales el material se encuentra practicamente libre de materias extrañas, mientras que en -- otros esta mezclado con cantidades variables de minerales, - agua y otras substancias. Las rocas porosas saturadas de asfalto que se encuentra en yacimientos naturales se conocen - con el nombre de rocas asfálticas.

PROPIEDADES DEL ASFALTO.

El asfalto es un material aglomerante, resistente, muy adhesivo, altamente impermeable y duradero, es una sustancia plástica que da flexibilidad controlable a las mezclas. Además es resistente a la mayor parte de los ácidos, alcalis y sales.

ORIGEN DEL ASFALTO

Esquema de fabricación de productos asfálticos Fig. I-1 y Fig. I-2

El asfalto proveniente del petróleo se produce en una variedad de tipos y grados que va desde solidos duros y quebradizos a líquidos casi tan fluidos como el agua.

La forma semisólida conocida como betún asfáltico es el material básico.

Los productos asfálticos líquidos se preparan generalmente diluyendo o mezclando los betunes asfálticos con destilados del petróleo o emulsificandolos con agua.

Los betunes asfálticos se clasifican en grados según su dureza o consistencia por medio de la penetración, el Instituto del Asfalto ha adoptado cuatro grados de betón asfáltico para pavimentación comprendidas dentro de los márgenes 60 - 70, 85 - 100, 120 - 150 y 200 a 300 además del 40 - 50 que se usa en aplicaciones especiales e industriales, los aparatos y procedimientos para realizar esta prueba se describen en el método AASHO T 49 y el ASTM-D5

PRUEBA DE VISCOSIDAD

(Fig. III-3 Determinación de la Viscosidad, Fig. III-2 Ensayo Cienemático de Viscosidad capilar).

La finalidad de la prueba o ensayo de viscosidad es determinar el estado de fluidez de los asfaltos a la temperatura que se emplean durante su aplicación. La Viscosidad o consistencia del betón asfáltico se mide en el ensayo de viscosidad Saybolt-Furol o en el ensayo de Viscosidad Cinemática.

a) Prueba Saybolt-Furol

Fig. III-3

Para esta prueba se emplea un viscosímetro Saybolt con orificio furol. Se coloca en un tubo normalizado cerrado con un tapón de corcho una cantidad específica de betón asfáltico, la temperatura para la determinación de la viscosidad de los betunes asfálticos son superiores a los 100°C, el baño de temperatura constante del viscosímetro se llena con algún

tipo de aceite. Cuando el asfalto alcanza una temperatura establecida, se quita el tapón y se mide el tiempo en segundos en que el material asfáltico pasa a través del orificio furol, el tiempo se mide para 60 ml³ de material. Entre mas viscoso sea el material, mas tiempo es necesario para que pase a través del orificio, los valores obtenidos se expresan en segundos Saybolt Furol (SSF), los aparatos y procedimientos para la realización de esta prueba se describen detalladamente en el método ASTM-E102.

b) Prueba de Viscosidad Cinemática

Fig. III-2

La viscosidad cinemática del betún asfáltico se mide normalmente con viscosímetros de tubo capilar de cristal y debido a la amplia gama de viscosidades de los asfaltos se ocupan varios viscosímetros calibrados que difieren entre si en el tamaño del tubo capilar, la medición es el tiempo necesario para que fluya un volumen constante, la unidad es el centistokes. El procedimiento de la prueba, aparatos necesarios y el procedimiento de calibración para el viscosímetro se describen en el método ASTM-D445. Los factores de conversión para transformar las viscosidades cinemáticas en segundos Saybol-Furol se encuentran contenidos en la publicación ASTM "Viscosity Tables for Kinematic Viscosity Conversions and Viscosity Index Calculation".- Tablas de Viscosidad Cinemática y Cálculo de Índice de Visco-

PUNTO DE INFLAMACION.

Fig. III-4 En vaso abierto claveland, Fig. III-5 Pensky-Martens.

Punto de Inflamación en Vaso Claveland.

El punto de inflamación del betón asfáltico indica la temperatura a que puede calentarse el material sin peligro de inflamación en presencia de llama. El punto de inflamación de un betón asfáltico se mide por el ensayo en vaso abierto claveland, registrando la temperatura por medio de un termómetro, la prueba consiste en un vaso abierto de latón - se llena parcialmente de betón asfáltico y se calienta a una velocidad establecida. Se hace pasar periódicamente sobre la superficie una pequeña llama, y se define como punto de llama la temperatura a la que han desprendido vapores suficientes para producir una llamarada repentina. Los aparatos y procedimientos se describen en los métodos AASHO-T 48 y ASTM D 92.

PUNTO DE INFLAMACION PENSKY-MARTENS

Fig. III-5

El punto de inflamación Pensky-Martens se emplea -- con los mismos fines que la prueba en vaso abierto cleveland, sin embargo, el material necesario y el procedimiento de ensayo difieren esencialmente en que en esta prueba se tiene una continua agitación de la muestra durante el período de ensayo.

El material y procedimiento se describen en el método - ---
AASMO-T33 y ASTM-D93.

Ensayo en Estufa en Película Delgada.

Esta prueba en estufa en película delgada se emplea para tener un conocimiento del endurecimiento que puede esperarse se produzca en un betón asfáltico durante la operación de mezclado en la mezcladora o planta. Esta tendencia del en durecimiento se mide por ensayos de penetración realizados an tes y después del tratamiento en estufa. Este ensayo se realiza colocando una muestra de 50 grde betón asfáltico en un recipiente cilíndrico de 13.97 cm (5.5") de diámetro interior y 9.525 mm (3/8") de profundidad, con fondo plano. Así se ob tiene una probeta de asfalto de 3 mm el recipiente con la pro beta se coloca en un soporte giratorio en un horno ventilado y se mantiene a una temperatura de 163°C durante 5 hrs. El procedimiento se explica con detalle en el método AASHO-T 179

DUCTIBILIDAD

Fig. III-6

La ductibilidad de los cementos asfálticos esta in timamente ligada con la adhesividad de los mismos. Aquellos que posean mas ductibilidad seran mas adhesivos. Los betunes asfálticos ductiles tienen normalmente mejores propiedades de aglomerantes. El ensayo consiste en moldear en condiciones - y con dimensiones normalizadas una probeta de betón asfáltico

y temperatura normalizada se somete a alargamiento con una velocidad especificada hasta que uno de los dos extremos rompe, la longitud en cm a la que el hilo rompe define la ductibilidad. Este ensayo se determina en los métodos AASHO-T 51 y -- ASTM-D 13

SOLUBILIDAD.

Esta prueba se ha establecido para dar una idea de la pureza del cemento asfáltico; aquella parte que es soluble en tetracloruro de carbono representa el constituyente activo del cementante. La prueba se realiza por disolución del cemento asfáltico en tetracloruro de carbono, separando la parte soluble de la insoluble con papel filtrante. La realización de este ensayo se describe en los métodos AASHO-T 44 y ASTM-D 4.

PESO ESPECIFICO.

Aunque normalmente no se especifica, es deseable conocer el peso específico del betún asfáltico. Este conocimiento es útil para hacer las correcciones de volumen cuando este se mide a temperaturas elevadas. El peso específico del betún asfáltico se determina normalmente por el método del pignómetro descrito en los métodos AASHO-T 43 y ASTM-D 70.

PUNTO DE REBLANDECIMIENTO.

Los asfaltos de diferentes tipos reblandecen a tem

peraturas diferentes. El punto de reblandecimiento se determina usualmente por el método de ensayo arbitrario de anillo y bola. Aunque este ensayo no se incluye en las especificaciones, nos indica la temperatura a que estos asfaltos se hacen fluidos.

Consiste en llenar de asfalto fundido un anillo de latón de dimensiones normalizadas, la muestra así preparada se suspende en un baño de agua y sobre el centro de la muestra se sitúa una bola de acero de dimensiones y peso especificados, a continuación se calienta el baño a una velocidad determinada y se anota la temperatura en el momento en que la bola de acero toca el fondo del vaso de cristal. Esta temperatura se llama punto de reblandecimiento del asfalto. Los procedimientos y aparatos necesarios se describen en los métodos AASHO-T 53 y ASTM-D36.

Por la gran variedad de cementos asfálticos únicamente se describieron los ensayos para el betón asfáltico, para los demás ensayos de cementos asfálticos, aridos y diseño de mezclas que a continuación se mencionan quedan descritos sus ensayos en la tabla de "Especificaciones Normalmente Empleadas para los Ensayos" .

EMPLEO DEL ASFALTO EN OBRAS HIDRAULICAS

Los objetivos fundamentales al utilizar concepto asfáltico en las obras hidráulicas son:

- a) Pérdida de agua por filtración
- b) Proteger las laderas o taludes de la erosión.
- c) Disminuir el rozamiento.

Dentro de los trabajos que se realizan en la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos esta el revestimiento asfáltico expuesto por canales, revestimientos asfálticos para cauces de avenidas.

GENERALIDADES.

1. REVESTIMIENTO ASFALTICOS EXPUESTOS PARA CANALES.

Los revestimientos de esta clase son aquellos donde los materiales asfálticos de revestimiento se colocan directamente sobre la subrasante del canal, sin ninguna cubierta protectora, los materiales que se usan en esta clase de revestimiento son: concreto asfáltico mezclado en caliente, concreto asfáltico mezclado en frío, mortero asfáltico aplicado neumáticamente, macédan asfáltico, membranas delgadas prefabricadas, membranas prefabricadas gruesas y membrana de impregnación.

Los factores de ingeniería que se analizan en la selec

cción y diseño de revestimientos asfálticos expuesto: para canales son el coeficiente de rugosidad, velocidad de la corriente, ancho del fondo del canal, a la profundidad, los taludes - laterales, al bordo libre y al espesor del revestimiento. Sin embargo los requisitos para la construcción son rigurosos, se debe proporcionar cimentación firme y lisa para el apoyo del - revestimiento, se requiere compactación de los bordos, no debe de haber arcillas expansivas en la subrasante y se debe proporcionar drenaje en la subrasante para prevenir la subpresión -- hidrostática, el control de hierbas por medio de sustancias - que esterilicen el suelo.

2. REVESTIMIENTOS DE MEMBRANA ENTERRADA PARA CANALES.

Estos revestimientos consisten de una membrana asfáltica relativamente delgada, pero impermeable que se coloca sobre la subrasante del canal y que se entierra debajo de una -- cubierta protectora de suelo que da forma a la sección del canal. En esta categoría se incluye las membranas de riego en caliente fabricadas en el lugar y las membranas delgadas prefabri cadas.

El diseño de un revestimiento de membrana asfáltica - enterrada deberá ser impermeable y su apoyo en la subrasante - debe ser firme y lisa. El diseño del material de la cubierta - protectora es importante porque debe prevenir daños a la membrana, la estabilidad de la sección del canal es esencial y requiere

re analizar la acción del oleaje, la presión hidrostática externa como también la sección adecuada de taludes, razón del ancho del fondo a la profundidad y velocidad de la corriente.

3. REVESTIMIENTO ASFALTICO DE CAUCES Y AVENIDAS.

para prevenir la erosión y mejorar propiedades hidráulicas, el concreto asfáltico es el tipo principal de revestimiento que se usa.

Las condiciones de diseño son semejantes a los que rigen para revestimientos expuestos para canales. Otros tipos de revestimiento que se han usado en forma limitada son: el mortero asfáltico aplicado neumáticamente y el macádam asfáltico.

COMPORTAMIENTO.

De los revestimientos asfálticos usados los que han tenido mayor aplicación son los revestimientos del concreto asfáltico mezclado en caliente y las membranas asfálticas de riego en caliente y enterradas, otros tipos de revestimiento que han tenido aplicación limitada son: Las membranas asfálticas delgadas prefabricadas enterradas, membranas prefabricadas gruesas expuestas, el mortero asfáltico aplicado neumáticamente y el macádam asfáltico. Ningún otro tipo de revestimiento se considera de uso satisfactorio en la actualidad.

METODO DE CONSTRUCCION

13

La construcción de un canal con revestimiento asfáltico, sigue el mismo sistema de construcción que para canales con revestimiento hidráulico, el orden normal de las operaciones son: desmonte y desenraice del derecho de via, excavación del prisma del canal, colocación y compactación de bordos preparación de la subrasante aplicación de la substancia esterilizante para control de hierbas, colocación del revestimiento y limpia final, cuando se construye un revestimiento de membrana asfáltica enterrada se coloca una cubierta.

REVESTIMIENTOS ASPALTICOS EXPUESTOS PARA CANALES

INTRODUCCION.

Se describe en forma general el revestimiento de canales que se construyen con asfalto y quedan expuestos directamente al agua corriente. Dentro de esta categoría se incluyen:

Revestimiento de pavimento o superficie dura.

Revestimiento de membrana asfálticas delgadas

Revestimiento de membrana asfálticas prefabricadas

Todos estos revestimientos se colocan directamente sobre el prisma del canal.

Dentro de los materiales asfálticos tenemos:

concreto asfáltico prefabricado y cemento asfáltico, todos -- estos han sido usados como revestimientos expuestos, de todos ellos, los revestimientos de concreto asfáltico son los que -- han dado mejores resultados, los demás han alcanzado unica mente un éxito limitado.

CONSIDERACIONES DE DISEÑO

A. GENERALIDADES.

Se deben considerar varios factores en la selección y diseño de revestimientos asfálticos expuestos para canales.

Es permisible en general en general usar velocidades mas altas - cuando se usan revestimientos asfálticos y también se puede usar una razón mas pequeña del ancho al fondo del canal.

REQUISITOS PARA LA SUBRASANTE.

La subrasante es la parte del fondo y taludes de un canal sobre la que se coloca el revestimiento asfáltico. El requisito principal es tener una cimentación firme, que reduzca la cantidad de agrietamiento y el peligro de asentamiento de la subrasante, los suelos inalterados en las secciones en corte -- usualmente tienen una densidad adecuada para proporcionar ^{una} ~~una~~ cimentación firme, cuando el canal pasa por suelos de baja densidad natural, los suelos se deberán compactar o bien remover y reemplazar con material adecuado.

PROBLEMAS DEL SUELO.

La presencia de arcillas expansivas en los suelos de la subrasante, la inestabilidad de los taludes es también peculiar en los suelos expansivos, para contrarrestar la expansión se controla sobreexcavando la subrasante variando de 30 a 60cm la sobreexcavación y colocando un material inerte. En caso de esperar una expansión pequeña, una parte de la presión externa queda equilibrada por el peso del revestimiento y del agua del canal, algunas veces sirve de ayuda aumentar el espesor del revestimiento al pie del talud y el labio del revestimiento en -

na de tamaño uniforme, pueden causar problemas debido a la falta de apoyo en la parte superior del talud o por presión excesiva al pie del talud, esto se puede corregir usando taludes mas tendidos o aumentando el espesor del revestimiento. Otro problema del suelo es la estabilidad de los suelos colapsibles, propensos a asentarse cuando se humedecen por primera vez, cuando se presenta esta condición hay dos consideraciones importantes desde el punto de vista de la estabilidad.

1) Estabilización de los suelos, 2) Estabilidad de los terraplenes del canal.

Los suelos colapsibles se estabilizan principalmente por inundación formando estanques, la construcción de los terraplenes en suelos colapsibles puede causar movimientos adicionales y densificación, no se debe colocar el revestimiento del canal sobre un terraplén sino 6 meses después de que ha sido construido para dar tiempo a que el terraplén se estabilice, además se debe rodillar con rodillos neumáticos pesados para mejorar la densidad de la cimentación que sustenta el revestimiento.

TERRAPLENES (FIG. III-1)

Los métodos de construcción para la formación de terraplén son los mismos que se utilizan para revestimiento de concreto hidráulico, con algunas variantes como la esterilización del terreno natural.

PRINCIPALES ENSAYOS . DE LOS DIVERSOS TIPOS DE PRODUCTOS ASFAL
TICOS.

Tabla I-2

PRUEBAS DE ENSAYE DE MATERIALES ASFALTICOS.

El asfalto se presenta en una amplia variedad de tipos y grados normalizados. Los ensayos de laboratorio tienen como finalidad determinar si los asfaltos cumplen con las especificaciones. Los ensayos aplicables son los siguientes.

PRUEBAS PARA EL BETUN ASFALTICO

PRUEBA DE PENETRACION

Fig. III-1 Tabla I-1

La prueba de penetración determina la dureza o consistencia relativa del betún asfáltico midiendo la distancia que una aguja normalizada penetra verticalmente en una muestra de asfalto en condiciones especificadas de temperatura, carga y tiempo. Cuando no se mencionan específicamente otras condiciones, se entiende que la medida de la penetración se hace a 25°C, que la aguja esta cargada con 100 g y que la carga se aplica durante 5 s. La penetración determinada en estas condiciones se llama penetración normal.

La unidad de penetración es la décima de milímetro, es evidente que cuanto mas blando sea el betún asfáltico mayor será la cifra que indique su penetración.

DRENAJE DE LA SUBRASANTE

Un problema potencial en cualquier tipo de revestimiento de canal es el drenaje inadecuado de la subrasante, en los casos donde el nivel del agua freática atrás del revestimiento es mas alto que el nivel del agua en el canal, la subpresión hidrostática puede ser suficiente para romper el revestimiento o empujar o desprender grandes secciones. Cuando es posible que ocurra esas condiciones, se pueden colocar drenes de tubo para conducir el agua en exceso lejos del canal, o se pueden instalar drenes debajo del revestimiento con salidas diseñadas para impedir el flujo de retorno.

BORDO LIBRE Y ALTURA.

Se debe proporcionar bordo libre adecuado para prevenir que la parte superior del revestimiento quede sumergida y los posibles daños consiguientes, los factores que normalmente se consideran para determinar el bordo libre son: tamaño del canal, velocidad de la corriente, la acción del viento y el oleaje y las fluctuaciones de la superficie del agua causadas por los métodos de operación previstos. El bordo libre normalmente varía de 15 cm para laterales pequeños a 60 cm para grandes canales.

BANQUETA DEL CANAL

Se dispone una banqueta al nivel de la parte superior del revestimiento, el ancho de la banqueta que se necesita de-

pende de los metodos de construcción y del tipo de maquinaria que se vaya a usar.

VELOCIDADES PERMISIBLES

La velocidad permisible de la corriente depende de la resistencia del revestimiento a la erosión. La velocidad máxima que se recomienda para revestimientos rigidos asfálticos es de 1.5 m/seg.

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

En el coeficiente de rugosidad representa el grado de rugosidad de la superficie del revestimiento y de su efecto retardador sobre el movimiento del agua. El coeficiente de rugosidad (N) recomendado para uso en la formula de Manning es como sigue.

TIPO DE REVESTIMIENTO	VALOR DE (N) EN LA FORMULA DE MANNING
Revestimiento de Concreto Asfáltico colocado a máquina.	0.014
Revestimiento de Concreto Asfáltico colocado a mano	0.016
Mortero Asfáltico Aplicado Neumáticamente	0.017
Revestimiento Asfálticos Prefabricados Expuestos	0.015

Uno de los principales problemas que se presentan en los revestimientos de concreto asfáltico es la presencia de hierbas, raíces y semillas en la subrasante. El único método práctico de control de hierbas es el uso de un producto esterilizador del suelo. El esterilizante que se debe usar, debe ser un compuesto que permanezca efectivo por un extenso período y que ataque raíces, semillas y vegetación, se han probado varios materiales para esterilizar, incluyendo cloruros boratos y arseniatos. Los esterilizantes preferidos son compuesto de boro (Principalmente Borax y Acido Borico) que se usan principalmente con cloratos. Los boratos tienden a lixiviarse lentamente y por lo tanto permanecen efectivos por mayor tiempo.

REVESTIMIENTOS ASFALTICOS DE PAVIMENTOS O DE SUPERFICIE DURA.

REVESTIMIENTOS ASFALTICOS DE PAVIMENTOS O DE SUPERFICIE DURA

- 1) Concreto Asfáltico Mezclado en en Caliente.
- 2) Concreto Asfáltico Mezclado en frío.
- 3) Macadam Asfáltico Aplicado Neumáticamente.
- 4) Mortero Asfáltico Aplicado Neumáticamente.

NOTA * De todos los revestimientos asfálticos antes mencionados el único que ha dado buenos resultados es el concreto asfáltico mezclado en caliente y de el nos ocuparemos.

ésta recibe el nombre de fase dispersada o interna, y el otro líquido en el cual no se observa división alguna y sólo sirve de medio a la suspensión recibe el nombre de fase continua o externa.

Para formar una emulsión, se agitan juntos violentamente dos líquidos que no se mezclan. Al agitar los líquidos uno de ellos se subdivide en gotas muy pequeñas, pero tiende luego a flotar el líquido menos denso y en poco tiempo sobreviene la separación. Si se toma un pequeño porcentaje de aceite y se agita junto con agua, se formará una emulsión muy diluida de aceite, que no se separará fácilmente si la subdivisión del aceite se reduce a gotas suficientemente pequeñas. Pero a medida que se pretenda hacer las emulsiones más ricas, se ve que tienden a separarse con mayor rapidez. Esta separación se efectúa por la diferencia de densidad de los líquidos, por la tensión interfacial de los mismos y por movimientos de partículas muy pequeñas que reciben el nombre de movimientos Brownianos.

La tendencia que tienen todos los sistemas de dos fases a separarse, puede reducirse hasta casi desaparecer, si a uno de los líquidos se le agregan ciertas sustancias, como la gelatina, gomas, jabones y en general sustancias capaces de formar películas delgadas y resistentes. Lo que da por resultado, que en realidad el sistema de dos fases se transforma en tres fases.

Las sustancias que poseen la propiedad de producir la estabilidad de las emulsiones reciben el nombre de emulsificadores o estabilizadores y forran cada una de las partículas del líquido dispersado con una película delgada.

Estos productos influyen de dos maneras en la estabilidad de las emulsiones: En primer lugar disminuyendo la tensión interfacial y segundo, de acuerdo con la teoría de Helmholtz, forma con cada gota, un verdadero condensador, que permite una diferencia de potencial eléctrico, entre las fases externas e internas, lo que permite un aumento de la estabilidad.

Es conveniente fijar la atención al tamaño microscópico de las partículas de la fase interna y debe de tomarse muy en cuenta los movimientos de que están dotadas, ya que tienen influencia en la estabilidad de las emulsiones.

Movimientos Brownianos.

Al observar el microscopio cualquier emulsión, se notará que las pequeñas gotas de la fase interna están en constante movimiento dentro del líquido de la otra fase, siendo este movimiento más intenso mientras más pequeñas son las gotas mencionadas.

Este mismo fenómeno se presenta en cualquier sustancia - que se encuentra en suspensión en un líquido y fué observado - en 1827 por el botánico Inglés Robert Brown, que el polen sus- pendido en el agua se encuentra en constante movimiento, y pro- siguiendo sus observaciones con diversas sustancias suspendi- das en líquidos vió que al alcanzar cierto grado de subdivi- sión estas partículas poseen los mismos movimientos.

Observando una suspensión de estas partículas, animadas - de estos movimientos, se nota que son provocadas por choques - de las mismas con otros elementos que las golpean en todas di- recciones, imprimiéndoles siempre velocidades inversamente pro- porcionales a la masa y por lo tanto al tamaño de las particu- las de la fase dispersada. Lógicamente se supuso que estos -- choques son contra las moléculas de la fase continua, lo que - se llegó a verificar posteriormente por el cálculo.

Estos movimientos son apenas perceptibles en partículas - de 5 micrones (milésimas de milímetro) y son perfectamente ob- servables en los de 2 micrones o menos. Ya advertimos que su- velocidad aumenta a medida que su tamaño disminuye y cuando -- tienen menos de 0.5 micrones, su aceleración es mayor que la - gravedad y las suspensiones se convierten entonces en verdade- ras soluciones coloidales, que no se sedimentan ni con reposo- prolongado ni con movimientos centrífugos a 20,000 R.p.M.

Este fenómeno influye en las emulsiones, ya que puede con- siderarse que les imparte una estabilidad mecánica, que por lo mismo no altera para nada la naturaleza de las sustancias que- forman la emulsión. De aquí, que es muy importante el aprove- char este fenómeno para la fabricación de las emulsiones hasta su máximo, para lograr la estabilidad mecánico-eléctrica. No- pueden lograrse emulsiones estabilizadas 100% a base de estos- movimientos, porque los mismos son causa de numerosos choques- entre los glóbulos de la fase interna y sobreviene una nueva - fuerza que tiende a coagular la emulsión siendo ésta la ten- sión superficial de los líquidos.

Esta nueva fuerza, provoca la reunión de los glóbulos au- mentando paulatinamente su tamaño, hasta que su aceleración -- disminuye lo suficiente para que la gravedad provoque la sedi- mentación.

Cargas electrostáticas de las emulsiones.

Como cada una de las partículas del aceite posee carga -- igual, la repulsión eléctrica creada viene a evitar parcialmen- te al menos, los choques citados anteriormente y como por otra parte tiende a mantener a las partículas igualmente separadas, esta repulsión por sí misma contribuye a la estabilidad de las emulsiones y puede producirla permanentemente, en emulsiones - de 4 a 5% de concentración, si la carga de la fase dispersada- es de 70 mili-volt por partícula, desapareciendo prácticamente la influencia de las cargas eléctricas si éstas bajan de 30 mi

1) REVESTIMIENTO DE CONCRETO ASFALTICO MEZCLADO EN CALIENTE

Estos revestimientos consisten de una mezcla de cemento asfáltico y agregados minerales (petreos) graduados.

Calentada a una alta temperatura para su colocación - además de usarse como material de revestimiento para canales, también se puede usar como material para recubrir revestimiento de concretos deteriorados, los requisitos para el revestimiento asfáltico son: que sea estructuralmente adecuado, de alta impermeabilidad y que tenga suficiente tenacidad para soportar las operaciones de limpieza.

~~Cemento asfáltico.~~~~Asfalto duro
aceites no volátiles.~~~~Asfalto duro~~~~Asfalto duro~~

Los productos asfálticos líquidos, que muy pronto desarrollan un alto poder cementante al usarse, y que provienen de la destilación del petróleo crudo se dividen en tres grandes grupos:

- 1o.- Emulsiones: En las cuales el asfalto se encuentra -- emulsionado en un líquido, por medio de algún agente emulsificador. Según sea la calidad de dicho agente se tienen emulsiones de fraguado lento, medio y rápido.
- 2o.- Asfaltos rebajados: En los cuales el asfalto se hace manejable por medio de un solvente, que proviene de destilados volátiles del petróleo, según sean dichos solventes, así es el tipo del asfalto fluxado en -- cuanto a su fraguado. Si se usa como solvente Diesel, se tienen los fraguados lentos, que contienen -- en su composición, cemento asfáltico, aceites de volatilización lenta y aceites no volátiles. Si se usa -- como solvente Kerosina, se tienen los fraguados medios, que contienen en su composición cemento asfáltico y Kerosina. Si se usa como solvente gasolina, -- se tienen los fraguados rápidos, que contienen en su composición cemento asfáltico y gasolina.
- 3o.- Cementos Asfálticos: En los cuales el asfalto se hace manejable, exclusivamente por temperatura.

Rocas asfálticas: Son rocas sedimentarias impregnadas de asfalto natural.

Emulsiones asfálticas:

Como en el curso del presente estudio, se tendrá que hacer referencia a algunas propiedades de las emulsiones asfálticas, que son comunes a las emulsiones en general, de las cuales las de asfalto son un pequeño pero interesante grupo, se dará una idea de la teoría de las emulsiones con objeto de lograr la mejor interpretación de algunos fenómenos que se presentan en la manufactura y uso de las emulsiones asfálticas. -- En el curso correspondiente a Química verán ustedes con mayor amplitud la teoría de las emulsiones.

✓ Se da el nombre de emulsión a la dispersión de un líquido con otro, con el cual no se mezcla, formándose lo que se conoce con el nombre de fenómeno de dos fases. Una de estas fases está formada por gotas microscópicas de uno de los líquidos y

livolts.

25

La comprobación de la carga eléctrica de las partículas, se verifica haciendo pasar una corriente eléctrica continua a través de una emulsión, y si ésta es del tipo aceite en agua, como las partículas tendrán una carga negativa, se notará que se mueven hacia el electrodo positivo, con la velocidad que da la fórmula de Stokes correspondiente al movimiento de esferas dentro de un medio fluido y bajo la influencia de una fuerza determinada.

$$v = \frac{2}{9} \frac{r^2 (D - D_s) F}{n}$$

V = velocidad de las esferas.

r = radio de las mismas.

D = densidad del medio en que se mueve la esfera.

D_s = densidad de la substancia que forma la esfera.

F = intensidad de la fuerza motora.

n = viscosidad del medio.

Este fenómeno de repulsión aumenta añadiendo un electrólito al líquido dispersante, lo que sucede con las emulsiones asfálticas. Añadiendo otros electrólitos a las emulsiones se pueden modificar las cargas electrostáticas de las partículas, provocando la coagulación.

Agentes Emulsores.

Como vimos al principio, las emulsiones de dos fases a pesar de las fuerzas electrostáticas y los movimientos brownianos tienden a sedimentarse y coagularse durante el almacenamiento, lo que en el caso de las emulsiones asfálticas sería un grave inconveniente, pero también hemos visto que existen algunas substancias que agregadas a estas emulsiones, hacen cesar estos procesos de separación de los mismos.

Las substancias ya indicadas que poseen la propiedad de estabilizar las emulsiones, reciben el nombre genérico de agentes emulsificadores. Estos agentes producen su efecto principalmente, disminuyendo la tensión superficial, para lo cual sólo se requiere forrar cada partícula dispersada con un espesor no mayor de una molécula. El uso de una cantidad mayor que la estrictamente necesaria para este fin no aumenta la estabilidad y si en cambio se perjudica la calidad; por esta circunstancia, en la fabricación de emulsiones en general y en los de asfalto en particular, no debe aceptarse más de 1% de emulsificador.

Cuando se usa el jabón como agente emulsificador, no debe agregarse más de 1/2%, porque las películas de agua jabonada demasiado gruesas, son muy poco flexibles y se rompen con facilidad espontáneamente, cesando entonces sus efectos protectores sobre las partículas y observándose también que en las emulsiones asfálticas estabilizadas con jabón, se pueden modificar las propiedades de los asfaltos, si la cantidad de jabón es excesiva.

Además de servir de dieléctricos y contribuir a los fenómenos electrostáticos, los agentes emulsificadores tienen otra propiedad que es la más importante, disminuyen la tensión entre los líquidos que la forman.

Tensión interfacial.

La capa superficial de un líquido en contacto con un gas, que para mayor facilidad puede suponerse que es el aire se encuentra sometida a fuerzas intermoleculares de atracción dirigidas hacia el interior del líquido, que se manifiestan como si la mencionada capa superficial, estuviera resistiendo fuerzas que tendieran a dilatarle, es decir como si fuera una membrana tensa, estas fuerzas constituyen la tensión superficial.

Esta misma fuerza existe en la superficie de separación de dos líquidos, aunque en este caso, recibe el nombre de tensión interfacial.

La tensión superficial difiere mucho según los líquidos y una pequeña cantidad de un líquido, sobre la superficie del otro, modifica profundamente en algunos casos la tensión superficial del segundo, por ejemplo, una pequeña cantidad de éter sulfúrico disminuye notablemente la tensión superficial del agua, el mismo fenómeno se verifica agregando alcohol o aceite. Cuando un líquido no está sometido a la acción de fuerzas exteriores, la gravedad principalmente, la tensión superficial lo hace tomar la forma esférica.

Ahora veremos, de qué modo influya esta fuerza en la coagulación espontánea de las emulsiones de dos fases. Hemos dicho que causa de los movimientos brownianos de las partículas, éstas sufren choques muy frecuentes y al verificarse el choque de dos gotas, la suma de energía que bajo la forma de tensión superficial tienen las dos gotas separadas, es mayor que la que poseería una sola gota formada por la unión de los dos y de acuerdo con el principio de la degradación de la energía, el segundo sistema es más estable. Por consiguiente, si no interviene una fuerza extraña que modifique la tensión interfacial, al producirse el choque de dos partículas es probable que se reúnan en una sola y por una serie de choques se producirá la floculación y sedimentación de las emulsiones.

El papel principal de los agentes emulsificadores, es la reducción de la tensión interfacial, para evitar el fenómeno -

citado en el párrafo anterior, pero también ayudan mecánicamente a entorpecer la fusión de las partículas, en virtud de la propiedad que tienen los coloides, de concentrarse en la superficie de los líquidos en que están contenidos o en la superficie de separación, si el líquido está en contacto con otro con el cual no se mezcla, en el caso de una emulsión esta superficie de separación viene a estar constituida por la superficie de cada una de las gotas de la fase interna y es allí donde se concentra el emulsificador, formando una membrana protectora que tendría que ser rota para permitir la fusión de dos gotitas, se impide pues mecánicamente dicha fusión.

Hemos visto someramente ya todos los factores que intervienen en la estabilidad de las emulsiones, y sólo nos falta agregar que en la manufactura de una buena emulsión, la estabilidad mecánica y electrostática debe llevarse tan lejos como sea posible y lo ideal será utilizar un emulsificador tan sólo como un factor de seguridad, es decir producir emulsiones que no lo necesiten.

Emulsiones Asfálticas.

Son líquidos, de color chocolate, casi tan fluidos como el agua, de la cual contienen de un 40% a un 50%, éste al parecer elevado porcentaje de una substancia que no se aprovecha como aglutinante, tiene en realidad un papel muy importante, pues permite la aplicación del asfalto en frío, permite cubrir el material pétreo de los pavimentos con partículas más delgadas que las obtenidas con los asfaltos calientes, facilita la penetración del asfalto, porque las emulsiones no se coagulan en contacto con el material pétreo húmedo y en tiempo de frío.

Quando las emulsiones asfálticas se aplican al material pétreo, el agua usada en su manufactura se elimina por absorción y por evaporación.

Durante el año de 1905 se empezaron a usar en Estados Unidos, las primeras emulsiones asfálticas de que se tiene noticia, para evitar el polvo en los caminos de macadam hidráulico y generalmente se manufacturaban en el lugar usando agua jabonosa con asfalto.

Todos los conocimientos científicos actuales, que en alguna forma pudieran contribuir a la manufactura de las emulsiones más uniforme y estables, han sido aprovechados y se ha llegado prácticamente a las emulsiones mecánicas con cantidades insignificantes de estabilizadores.

Así se ha encontrado, el procedimiento de las Aguas Madres, en el cual el agente emulsor se pone únicamente en la primera hornada y al vaciarla se deja en el aparato mezclador una parte de la emulsión fabricada, cuyo contenido de emulsificador sirva para la siguiente mezcla, repitiéndose esta operación en todas las mezclas subsecuentes y llegando a manufactu-

rarse muchos miles de toneladas, sin añadir cantidades apreciables de nuevo emulsificador.

Para que con tan insignificante cantidad de emulsificador pueda producir la gran estabilidad de que debe estar provista una buena emulsión, se han tenido que obtener todas las ventajas posibles de la estabilidad mecánica y de la repulsión electrostática. Para el efecto, la subdivisión de las partículas de asfalto se lleva hasta un tamaño que no pase de 2 micrones, procurando así obtener la mayor aceleración posible de los movimientos brownianos, citados anteriormente, para aumentar la estabilidad puramente mecánica de la emulsión.

Para que la repulsión electrostática ayude también a la estabilidad, se procura aumentar la carga de las partículas de asfalto añadiendo al agua un electrólito que aumente la diferencia de potencial entre las dos fases. Se utiliza la propiedad que tienen algunas sustancias coloidales de formar películas protectoras delgadísimas que hacen de cada partícula de asfalto un verdadero condensador.

Como en la mayoría de los casos, las emulsiones se aplicarán lejos del lugar de producción y serán transportadas, en camiones o ferrocarril, usando distintos envases; fácilmente se comprende que la estabilidad de las mismas, es un requisito indispensable, es decir su resistencia a la coagulación o sedimentación que traería serios trastornos para su uso.

En las emulsiones asfálticas, bien preparadas, añ, acenándolas y dejándolas en reposo un tiempo más o menos grande 5 ó 10 meses, las partículas asfálticas se van sedimentando lentamente en virtud de su mayor densidad comparadas con la del agua en la cual se encuentran emulsificadas y en algunos casos, si se deja completamente en reposo por un período de unos diez días, puede aparecer una lámina de agua casi pura, pero este fenómeno es completamente reversible, basta con agitar energicamente la emulsión por cualquier medio, para que la distribución del asfalto sea nuevamente uniforme. En vista de lo anterior los efectos de la sedimentación resultan pues enteramente pasajeros y fáciles de evitar.

La coagulación es otro fenómeno que puede presentarse durante el transporte y almacenamiento de las emulsiones defectuosas y sus consecuencias son de importancia para el uso de las mismas por ser este fenómeno irreversible, debiéndose a la falta del emulsificador en la cantidad necesaria, la insuficiente agitación durante la mezcla, la fabricación a temperaturas demasiado bajas o el uso de asfaltos inadecuados.

Es fácil distinguir estos fenómenos en las emulsiones asfálticas, porque en el primero basta una simple agitación para

180 a 200, con tendencias en mayores penetraciones en pavimentos para los climas fríos o cuando se utiliza material pétreo con más de 5% de polvo, en cuyo caso es conveniente el usar asfalto de penetración de 250 a 300.

Para los calores excesivos de las regiones tropicales, el reblandecimiento del asfalto de alta penetración contribuye a que el tránsito ayudado por la alta temperatura lo elimine de la superficie del pavimento. En estos climas y especialmente para pavimentos delgados se ha visto que dan mejores resultados los asfaltos de 80 a 120 de penetración.

Respecto a las cantidades de asfalto contenido en las emulsiones, deberá ser la justamente necesaria para dar a la película que se forma sobre el material pétreo el espesor necesario para obtener la mayor adherencia, sin aumentar en ningún caso la riqueza de la emulsión arriba de los límites en que principia a perjudicarse la fluidez, lo que ocurre al llegar al 60% del contenido de asfalto y cuando se alcanza de 65% a 70% las emulsiones dejan de ser fluidas y resultan inútiles para usarlas en los pavimentos.

Fraguado de las emulsiones.

La mayor o menor rapidez con que se efectúa el fenómeno de separación de las dos fases de una emulsión asfáltica y que se verifica al distribuirla, depende por lo tanto de los factores que intervienen en la evaporación, tales como la temperatura ambiente y del material pétreo, la humedad del aire y la velocidad del viento, es también afectada por la mayor o menor porosidad del material pétreo y primordialmente de la calidad y cantidad del agente emulsificador usado.

Aún regando en condiciones similares, dos emulsiones diferentes, el asfalto contenido en las mismas no se coagula con la misma rapidez, en algunas emulsiones al cabo de 30 minutos de regadas se ha coagulado el 80% del asfalto y en otras sólo del 2 al 5%.

Se llama velocidad de fraguado de una emulsión asfáltica, a la mayor o menor rapidez con que se separa el agua de la misma dejando al contacto del material pétreo una capa de asfalto que no puede emulsionarse de nuevo con el agua.

Al iniciarse el fraguado de una emulsión asfáltica, su color cambia de chocolate claro a negro, pero este principio o iniciación de fraguado no debe confundirse con el fraguado total, que aún en las emulsiones más rápidas tarda normalmente algunas horas.

Las diferentes velocidades de coagulación han dado origen a tres tipos principales; de fraguado rápido, medio y lento.

Las emulsiones de fraguado rápido, deberán usarse para -- riegos superficiales y profundos. /

Las emulsiones de fraguado medio y lento para mezclas y - estabilizaciones.

En el transcurso del presente estudio veremos con todo de talle el uso adecuado para cada caso de la emulsión correspondiente.

Las especificaciones a las cuales deberán ajustarse las - emulsiones son las siguientes:

	Fraguado Rápido.	Fraguado Medio.	Fraguado Lento.
Contenido Agua.	42 a 43%	40 a 42%	40 a 42%
Contenido asfalto 180 penetración.	57 a 58%	58 a 60%	58 a 60%
Agente emulsificador máximo	1%	2%	3%
Cenizas máx.	0.5	0.5	0.5
Viscosidad Seybolt-Furol 25°C no más de	100"	100"	100"
Gravedad específica.	1.02	1.03	1.03
Retención malla mín. 20	0.1%	0.1%	0.1%
Demusibilidad.	No menor 30%	No más. 30%	
Miscibilidad con cemento.	No pasa.	No pasa.	Pasa
Sedimento 5 días.	No más 3%	3%	3%
Miscibilidad con agua.	-----	Pasa.	Pasa

devolver la emulsión a su estado natural y en el segundo, se forma una masa de asfalto sumamente viscosa que no vuelva a emulsionarse de ninguna forma.

Hasta la fecha no se conoce remedio, para este fenómeno de coagulación y el utilizar una emulsión semi-coagulada además de la dificultad de regarla, presenta el inconveniente de la falta de uniformidad en el espesor de la película que deben cubrir a los materiales pétreos.

Enunciaremos las principales propiedades que deben llenar las emulsiones y posteriormente al hablar de la pavimentación, describiremos las pruebas necesarias para identificar estas propiedades y poder juzgar con mayor criterio, las ventajas y desventajas de cada tipo de asfalto.

Viscosidad.

No todos los líquidos pueden pasar a través de un orificio, con la misma facilidad, y si con la misma bomba se pretende bombear a la misma altura y en las mismas condiciones, sucesivamente agua y petróleo crudo por ejemplo, se verá que la energía requerida para moverla no es la misma en ambos casos.

Si se hacen pasar iguales cantidades de diversos líquidos a través de un orificio en condiciones idénticas, se ve que los tiempos necesarios no son iguales y el mayor o menor tiempo requerido depende de la resistencia del líquido para pasar por el orificio y a esto se le llama viscosidad.

La viscosidad de las emulsiones asfálticas tiene gran importancia para los ingenieros de caminos, porque las emulsiones de más de 100 segundos Saybolt, en los trabajos de penetración, que pasan con mucha lentitud entre los huecos de las piedras, pueden fraguarse sin que lleguen al fondo del pavimento.

Porcentaje de asfalto.

Es un factor de importancia para el ingeniero el juzgar la calidad de una emulsión, ninguna buena emulsión deberá tener menos del 50% y en la generalidad de los casos 55%, que es un límite muy razonable, en el que la riqueza se obtiene sin sacrificar la fluidez, la que principia a disminuir muy rápidamente en las emulsiones que tienen mayor contenido de asfalto.

Cantidad de sustancias saponificables.

Es conveniente que no pase del 1%, en virtud de que casi siempre un exceso de estas sustancias perjudica las propiedades del asfalto y el límite puesto a estas sustancias, es precisamente fundado en la necesidad de conservar todas las buenas cualidades de los asfaltos, para que una vez eliminadas el agua de-

la emulsión, quede un asfalto tan puro como sea posible.

Debe tenerse especial cuidado en la limitación de las -- substancias mencionadas, cuando están constituidas por verdaderos jabones de sodio o de potasio que pueden perjudicar la calidad de los asfaltos y en estos casos no debe permitirse el -- uso de más del 1% de los citados jabones.

Porcentaje de coagulación.

Cuando se riega o se mezcla una emulsión, al contacto con el material pétreo y con el aire, se elimina una parte del -- agua y al romperse el equilibrio electro-mecánico de la emulsión se coagula el asfalto, con tanto mayor rapidez cuanto menos substancias saponificables se han utilizado en su manufactura.

Una vez coagulado el asfalto, aún cuando se ponga en contacto con el agua no vuelve a emulsionarse y se queda adherido al material pétreo, lo que tiene gran importancia sobre todo -- en las emulsiones de fraguado rápido, por esta circunstancia -- es importantísimo el conocer con la mayor exactitud, la mayor o menor rapidez con que la emulsión ya aplicada podrá soportar sin perjuicio el contacto del agua. Por otra parte, hasta que la coagulación total ha terminado, las emulsiones carecen por completo de adherencia y se desprenden del material pétreo con la menor fricción.

Calidad y cantidad de asfalto.

La calidad del asfalto, tiene tanta importancia si se -- aplica en forma de emulsión, como si se usa en asfaltos fluxados, pero independientemente para la fabricación de las emulsiones se tiene que hacer una cuidadosa selección de los asfaltos que posean todas las características indispensables, para producir un buen pavimento, además de llenar ciertos requisitos que los hagan propios para emulsificarse pues no todos los asfaltos son susceptibles de efectuarlo.

Los asfaltos de México, Venezuela y California, tienen -- excelentes propiedades para la fabricación de emulsiones, lo mismo que algunos asfaltos naturales, pero estos últimos sólo se usan en muy pequeña escala para la manufactura de emulsiones especiales.

Es conveniente conocer que la penetración de las emulsiones, no depende para nada de la penetración de los asfaltos -- usados en su ejecución y tan fluida puede ser una emulsión de asfalto de 100 de penetración, como otra cuyo contenido de asfalto sea de 280 de penetración.

La penetración del asfalto usado en las emulsiones es de --

Para obtener buenos resultados en los revestimientos asfálticos, es necesario llevar un control de calidad en todo y cada uno de los factores que intervienen en la elaboración de estos.

Los factores son los siguientes:

1.) Banco de Agregados.

Los bancos deben estar regidos por las especificaciones de la S.A.R.H., algunos aspectos son:

- a) La graduación granulométrica satisfactoria, es la que se encuentra dentro de la zona achurada de la gráfica granulométrica para estos materiales.
- b) El índice plástico del material fino debe ser menor del 5%; la importancia de la plasticidad en estos casos es de que un material plástico presenta dificultades en su desgredación formando pequeños ^{grumos} grumos, que aun cuando se cubran con el asfalto, cuando el revestimiento queda expuesto a su trabajo se desgreden dichos ^{grumos} grumos, desprendiéndose -- despues de la misma ocasionando por consecuencia baja estabilidad y alta permeabilidad, esto último causará la oxidación del asfalto y posteriormente la destrucción del revestimiento.
- c) Prueba de los Angeles a los Agregados Gruesos.
El porcentaje de desgaste en la prueba de la máquina de los angeles debe ser menor que un 30% esta prueba nos determina la resistencia de los agregados.

a) Granulometria.

La estabilidad y la permeabilidad serán los factores mas afectados por la graduación granulométrica del material petreo, a mayor tamaño del agregado corresponde una mayor estabilidad en el revestimiento pero esto nos producirá una textura --- abierta en la superficie del revestimiento, haciendola permeable y por lo tanto poniendo en peligro la duración de la misma, por la razon anterior se acostumbra cerrar la textura en el revestimiento asphaltico dando un tratamiento superficial (Riego de Sello.)

b) Dureza.

La dureza es otra propiedad importante en los agregados petreos que se pretenden utilizar en la construcción del revestimiento asphaltico, ya que de carecer de ella, los granos por el efecto del transito del equipo de compactación sufre un desgranamiento ocasionando posteriormente la destrucción del revestimiento.

c) Material Arcilloso.

El principal peligro en el diseño de la mezcla asphaltica son los finos arcillosos ya que estos forman grumos, los cuales tienen poca adherencia con el asfalto y aun cuando se cubran aparentemente con el asfalto, se desprenden posteriormente del revestimiento dando una textura abierta y por consiguiente permeable. Por lo anterior no es recomendable utilizar un material petreo que pase la malla #40 y que acuse una contracción lineal mayor de 1%.

d) Absorción de los agregados.

El objeto de esta prueba es el de que, además de darnos una idea de la calidad del material petreo, nos servirá para controlar su humedad en el campo (en el mezclado) y para la elección del índice asfáltico (factor que en función del area de las partículas nos da el contenido mínimo de asfalto) Materiales con humedad de absorción alta requieren de mayor contenido de asfalto.

Ejemplo:

$$\begin{aligned}
 W_w &= 507.25 \text{ gr} \\
 W_s &= 500.00 \text{ gr} \\
 \% \text{ Abs} &= \frac{W_w - W_s}{W_s} \\
 \% \text{ Abs} &= \frac{507.25 - 500}{500} = 1.45 \%
 \end{aligned}$$

La absorción presentada por este material puede considerarse como baja.

e) Densidad relativa de los agregados.

La utilidad de esta prueba es la de juzgar la calidad del material petreo correlacionada con la absorción del mismo.

Ejemplo:

$$\begin{aligned}
 W_s &= 500 \text{ gr} \\
 V_e &= 204.08 \text{ cm}^3 \text{ (agua desalojada)} \\
 D_r &= \frac{W_s}{V_e + d_a} \\
 D_r &= \frac{500}{204.08 \times 1} = 2.45 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

donde d_a = Densidad absoluta del agua = 1 gr/cm^3 los valores de absorción y densidad relativa obtenidos, nos

indica que el material es compacto y puede ser duro, esto último lo demostrará la prueba de desgaste de los angeles.

3.) Afinidad del material petreo con el asfalto.

La prueba de afinidad del material petreo con el asfalto tiene por objeto determinar la adherencia del material petreo con el asfalto, indispensable para un comportamiento adecuado de la mezcla. Atendiendo a esta propiedad, hay que distinguir dos tipos de materiales: los Hidrofilos y los Hidrofobos.

Los Hidrofilos, son los que tienen mayor afinidad con el agua que con el asfalto. Lo que es perjudicial para el revestimiento asfáltico ya que desaloja la película de este último produciendo fallas considerables.

Los materiales Hidrofobos, son aquellos que se adhieren mejor con el asfalto.

La falta de adherencia se puede también deber a que las particulas estan cubiertas de polvo lo que impide el contacto con el asfalto, en este caso lo recomendable es lavar el material.

La prueba en términos generales es:

Se fabrican 6 mezclas con las características del proyecto, a 2 muestras se pone el contenido de asfalto de proyecto, a otras 2 muestras se le pone el contenido de proyecto + 0.5% de asfalto y a las 2 últimas con un 1% mas de asfalto. Al producir las condiciones de trabajo habrá que calentar el material petreo a una temperatura de 100 a 110°C así como el asfalto a la temperatura que se vaya a mezclar en realidad despues del mezclado se dejan enfriar, a continuación se toman 50 gramos de c/muestra se introdu-

cen en un frasco diferentes, añadiendoles 200 cm³, -
de agua pura y se deja en reposo 24 hr si el despren-
dimiento es notable se trata de un material Hidrofi-
lo, por medio de aditivos se puede corregir estos. -
Si no hay desprendimiento es un material Hidrofobo.

I N D I C E

	P á g i n a
Investigación Preliminar.	II
Exploración definitiva.	IV
Apertura del frente de prueba.	V
Figura 1	VII
Figura 2	VIII
Cuestionario para banco de materiales.	X

NOTAS DE GEOLOGIA.

1. - INVESTIGACION PRELIMINAR

1. - Recopilación de antecedentes. - Se deberá tener un conocimiento lo más amplio posible de la estructura geológica del área en la que se localiza la obra. Para lo anterior el Ingeniero Residente deberá recabar todos los estudios preliminares desarrollados por la Subsecretaría de Planeación y la Dirección de Proyectos, estudiando cuidadosamente la información que existe hasta obtener un conocimiento suficientemente amplio de la estructura geológica de la Zona.
2. - Deberán obtenerse planos topográficos de la zona, fotografías aéreas, planos geológicos de inspecciones superficiales, informes de fotointerpretación geológica, perfiles geológicos y cualquier información relativa a las exploraciones superficiales y profundas que haya sido realizada previamente.
3. - Basándose en la información anterior el Ingeniero Residente explorará personalmente el área investigada, procurando, de ser posible, realizar vuelos que le permitan inspeccionar integralmente el área estudiada.
4. - Con la información recabada, basándose en su experiencia previa, en las notas de geología que se anexan, y con los datos obtenidos en su exploración el Ingeniero Residente localizará en su plano general de la región, los posibles sitios de formaciones rocosas que sean susceptibles de suministrar el material necesario para la construcción de la obra.

5. - El Ingeniero Residente visitará nuevamente TODOS los sitios localizados y ordenará la construcción de brechas, despalmes y demás trabajos que le permitan juzgar la naturaleza del material localizado, haciendo un resumen escrito de las características de cada uno de los sitios localizados.
6. - El Ingeniero Residente anotará en la información anterior la calidad del material, la facilidad o dificultad que cada uno de los sitios presenta para su explotación, la distancia al sitio de la obra y los caminos existentes que pueden utilizarse para la explotación de los bancos localizados, asignando en función de las características anteriormente mencionadas un orden de factibilidad.
7. - Una vez recopilada toda la información anteriormente citada, la Residencia, solicitará a la ^{SUBDIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO} ~~Dirección General de Irrigación y Control de Riegos~~ ^{YO EXPERIMENTAL} se comisione personal especializado y con experiencia en este tipo de trabajos, a fin que dicho personal revise, confirme o modifique el catálogo, formado de acuerdo con el inciso No. 1 - 6 y para que, de común acuerdo con el Ingeniero Residente, formulen un Programa de exploración definitiva.

Este Programa, en general, deberá seguir los lineamientos contenidos en el siguiente capítulo.

II. - EXPLORACION DEFINITIVA

- 1.- Se procederá a elegir 2 ó 3 sitios cuyas características les hagan ocupar los primeros lugares en el catálogo de Bancos probables según el inciso No. 1-6.
- 2.- Se hará un levantamiento topográfico de cada uno de los sitios anteriores, con curvas de nivel a cada metro en cuya área se registre un volumen suficiente para satisfacer las necesidades de la obra o el máximo que el banco sea susceptible de producir.
- 3.- Aprovechando las brechas indicadas en el estudio topográfico, se harán despalmes hasta el afloramiento de la roca, de tal manera que sobre el plano topográfico sea posible formular un plano de geología superficial.
- 4.- Con la información anterior, se elegirá el sitio cuyas características combinadas sean más promisorias, para efectuar sobre el mismo una exploración profunda.
- 5.- Se programará una serie de perforaciones que permitan conocer interiormente las características del macizo rocoso explorado, dibujándose los perfiles geológicos correspondientes y remitiéndose al Departamento de Ingeniería Experimental las muestras obtenidas, para su clasificación y calificación de aptitud respecto a la obra de que se trate.

- 6.- Si la exploración anterior confirma que el macizo rocoso estudiado es el adecuado para satisfacer las necesidades de la obra, se procederá a la apertura de un " FRENTE DE PRUEBA " si no es así, se estudiará en la misma forma el sitio que le siga en el catálogo de factibilidad según el inciso No. 1-6.

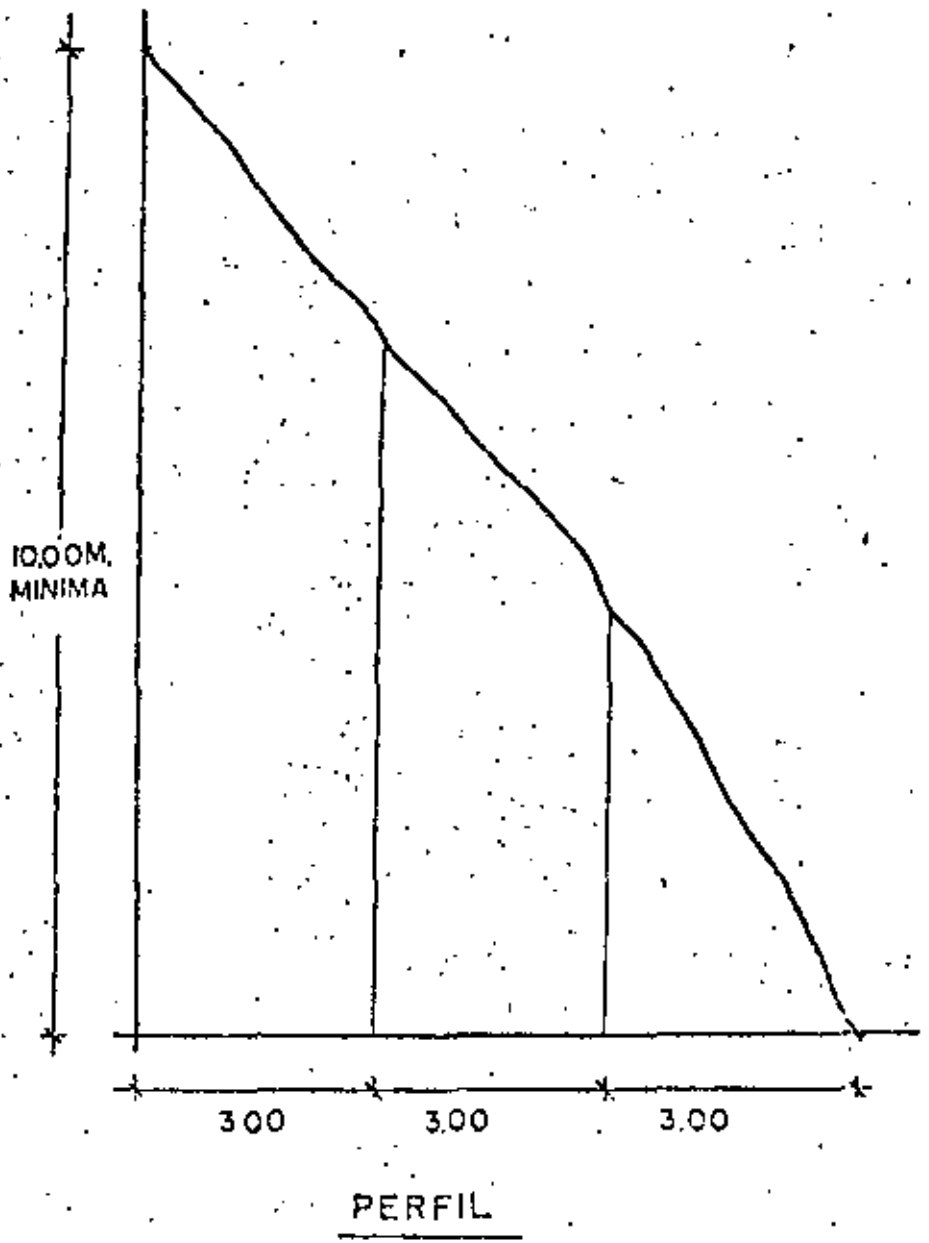
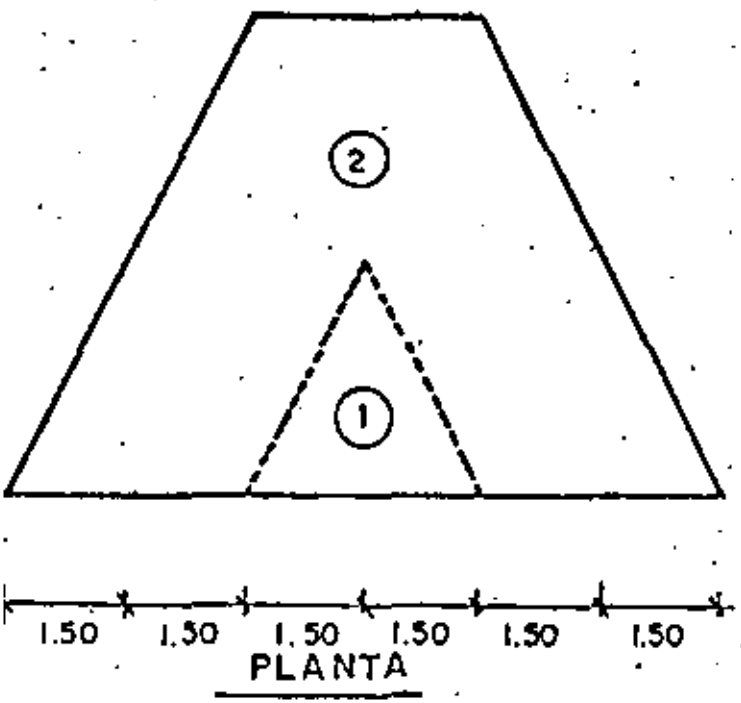
III . - A PERTURA DEL FRENTE DE PRUEBA

- 1.- Se localizará el sitio cuyas características geológicas, petrográficas, topográficas, de facilidad de acceso, etc., sean óptimas para la explotación del Banco.
- 2.- Se determinará la capacidad de producción del Banco y se planeará el procedimiento general de explotación más adecuado, proyectándose la apertura del frente de Prueba, de manera que dicho frente sirva de base a la explotación general del Banco.
- 3.- Se respaldará hasta el afloramiento de la roca un área que cubra totalmente una plantilla de barrenación según se indica en la figura No. 1
- 4.- Se hará una barrenación preferentemente de 3" de diámetro siguiendo la plantilla indicada en la figura No. 1, procurando que el respaldo del frente tenga una altura mínima de 10 m. En caso de no disponerse en la

obra del equipo recomendada, se usará el que pueda conseguirse y la altura del frente se adaptará a las condiciones locales.

- 5.- Se cargará la barrenación anterior con un coeficiente de carga entre 400 y 600 gr. de dinamita por M3. de roca obtenida, según se estime la dureza de la roca.
- 6.- Se rezagará el producto de la voladura y se formulará por escrito una descripción detallada del mismo, determinando en el laboratorio las características granulométricas del producto enviando al Departamento de Ingeniería Experimental muestras representativas para su clasificación y calificación definitiva.
- 7.- En base a los datos anteriormente obtenidos se hará una segunda voladura de prueba modificando la separación de barrenos y el coeficiente de explosivo, con la tendencia a obtener en esta segunda voladura, precisamente roca con las características requeridas por el Proyecto. (Fig. No. 2).
- 8.- Se procederá a rezagar el producto de esta segunda voladura, que se analizará en el laboratorio con el auxilio del Departamento de Control de Calidad, a fin de determinar todas sus características, considerando especialmente el porcentaje de desperdicio, a fin de disponer de dicha información al analizar los precios unitarios de los conceptos que intervengan en la explotación del banco estudiado.

FIG 1

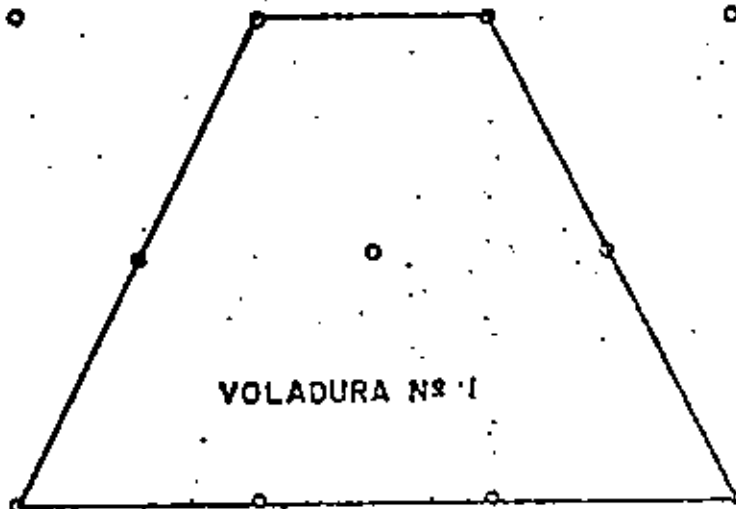


LOS NUMEROS INDICAN EL ORDEN DE DETONACION

FIG. 2

VOLADURA N° 2

VOLADURA N° 1



- 9.- Si los resultados obtenidos en este frente de prueba son satisfactorios, se considerará terminada la exploración, en caso contrario, se procederá a abrir otro frente de prueba en el mismo Banco o en el que le siga en el catálogo, según el inciso No. 1 - 6.
- 10.- Se llevará un registro minucioso de todas las operaciones anteriores, ya que los datos recopilados formarán parte del catálogo de datos para Concurso.
- 11.- Una vez terminado el banco por explorarse, se celebrarán los convenios de ocupación temporal o definitiva, según sea el caso, de la superficie de terreno por afectar.
-

SECRETARIA DE RECURSOS MINERALESCuestionario para Banco de Materiales.R O C A

Punto de Control No.

Muestra No.

Banco de Roca

1.- Acceso :2.- Morfología (formas del Banco)3.- Clasificación de la Roca :a) . - Colorb) . - Tamaño del granoc) . - Estructura (capas, macizo, falsa estratificación)d) . - Fracturamiento (intenso, medio, poco)e) . - Alteración (superficial o profunda)f) . - Cubierta (vegetal, suelo, espesores)

g) . - Material resultante al fracturarlo (% de material fino) _____

4 . - Programa de Exploraciones :

P. C. A. _____

Exploración con máquina _____

Acompañarlo de plano de localización : _____

Se recomienda Explotación de Prueba

SI /

NO.

PLANTAS DE ASFALTOS.

Fig.: Planta de asfalto.

En la elaboración del asfalto, del tipo de mezclas en caliente, existen dos tipos principales de plantas las cuales son del tipo continuo y del tipo discontinuo.

A). Planta del tipo continuo.

En estas plantas de tipo continuo el material procedente de las tolvas de almacenamiento en caliente se dosifica por medio de compuertas regulares que descargan sobre alimentadores de material caliente. Todos los materiales son transportados al mezclador en forma continua. El asfalto fluye también en forma continua y se regula con una bomba conectada con el mecanismo de dosificación, de tal forma que se obtiene una relación constante entre la cantidad total de agregados pétreos y el asfalto, independientemente de la velocidad de producción.

B). Planta del tipo discontinuo.

En este tipo de planta el material procedente de cada tolva se pesa en una tolva y se deja caer a continuación en el mezclador después de lo cual se añade el asfalto, se procede a la dosificación de esta masa, después de lo cual se repite el ciclo.

De entre estos dos tipos de planta de asfalto, se puede considerar más exacta en lo que se refiere a dosificación de la mezcla, la del

tipo discontinuo, ya que en este tipo de planta se dosifica en peso y la del tipo continuo por medio de volumen.

Descripción de una planta de tipo discontinuo.

En la elaboración de la mezcla asfáltica donde se utiliza una planta de asfalto del tipo discontinuo, consta de los siguientes elementos:

- Sistema medidor

Para obtener la cantidad de asfalto deseada se utiliza un medidor cubierto de cuadrante fijo, el medidor conduce y prefija la cantidad de asfalto a usar en forma repetitivamente, el medidor tiene un totalizador que nos muestra un registro acumulativo del total de galones que corren a través del medidor

- Bomba rociadora

Una bomba giratoria cubierta conduce el asfalto desde el recipiente de pesado a los tubos rociadores montados sobre el mezclador, la bomba opera continuamente y una válvula vertedora de dos vaciadores operada hidráulicamente controla el flujo del asfalto procedente de la báscula.

- Bomba de propagación

La bomba gravitatoria conduce el asfalto del tanque de almacenamiento a la báscula. Esta bomba se monta fijamente y se instala en terreno firme junto a la torre y opera continuamente.

- Mezclador

La acción revolvedora de la mezcladora se produce por dos ejes de doble pala que giran en direcciones opuestas, los materiales se mueven de arriba hacia abajo al mismo tiempo que son movidas oblicuamente del mezclador (oblicuamente con respecto a los ejes), durante el ciclo de mezclado.

- Elevador de calientes

Este elevador de calientes conduce el material seco del secador a las cribas.

- Sistema de eliminación de polvo

Las plantas de discontinuas de asfalto contiene un sistema de eliminación de polvo. El polvo es transportado siempre desde las cribas y las tolvas por unos conductos superiores que se encuentran fijos, un conducto inferior "extrae" el polvo desde la báscula y la cubierta de polvo de la mezcladora.

- Sección de la base

La base la soporta cuatro columnas de acero y la estructura va soldada.

- Accesorios

Conducto alimentador y elevador

El elevador conduce el material a una tolva sobre la torre una ram-

pa regresa el flujo al elevador. Una criba transporta y reparte el material desde la tolva a la báscula.

- Indicadores de medición

En la tolva, con un indicador eléctrico sobre la plataforma del operador indica la cantidad de material.

Principio de medición del asfalto.

El tanque de pesado se alimenta con el peso requerido mostrado en la carátula de medición de asfalto, la válvula de descarga abre descargando el material hacia un tanque donde se encuentra la bomba rociadora con los tubos rociadores montados sobre el mezclador.

Principio de medición de los agregados.

En el compartimiento convencional de la báscula, los agregados son pesados por suma de uno despues de otro, hasta obtener el peso acumulado correcto que se indica en la carátula de medición de los agregados. El pesado se controla hidráulicamente accionando las cumpuer--tas de las tolvas.

Proceso de elaboración de la mezcla asfáltica en planta del tipo discontinuo. (Fig. Planta de asfalto)

Se realiza de la siguiente forma:

Primeramente se transporta el material hacia las tolvas de fríos don-

de se introduce el material en la primera, segunda y tercera tolva - con agregados de tamaño de 0 a 1", 1" a 3/4" y finos respectivamente. Despues se vierten sobre una banda transportadora, donde el material se mezcla parcialmente. Posteriormente se vierten los agregados utilizando un elevador de cangilones para depositarlos en el secador. Ya secos los agregados se suben por medio de otro elevador de cangilones, donde se esparce sobre una criba vibratoria de 3 pisos, separando los materiales en sus respectivas medidas sobre las tolvas de calientes. Las tolvas accionadas hidraulicamente dosifican los agregados pesándolos sobre las básculas, mientras que el asfalto se pesa en un recipiente de pesado, finalmente los agregados y el asfalto caen sobre el mezclador para así obtener la mezcla deseada, el ritmo de producción real de la planta es de 20 m³/hora.

ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCION DEL REVESTIMIENTO DE CONCRETO ASFALTICO DEL CANAL PRINCIPAL CONCHOS DEL DISTRITO DE RIECO DE DELICIAS, CHIH.

1.1 Definiciones

A continuación, se establecen las definiciones más importantes referentes a los revestimientos de concreto asfáltico:

a) CONCRETO ASFALTICO

Se entenderá por concreto asfáltico para revestimiento del canal a una mezcla controlada de cemento asfáltico y agregados minerales (grava-arena-finos) elaborada en planta, con la manejabilidad adecuada para poder colocarla y compactarla, a fin de formar un revestimiento.

b) REVESTIMIENTO DE CONCRETO ASFALTICO

En el conjunto BASE ASFALTICA + CAPA IMPERMEABLE

c) BASE ASFALTICA (Primera capa)

Es la capa de concreto asfáltico, colocada sobre las terrazas compactadas, afinadas y esterilizadas con la finalidad de proporcionar un soporte firme y homogéneo a la capa impermeable.

Es la capa de concreto asfáltico colocada sobre la base asfáltica, con la finalidad de proporcionar un recubrimiento impermeable, durable, flexible, estable, resistente a la erosión y económico.

1.2 Materiales

A continuación se describen someramente las características más sobresalientes de los materiales que intervienen en la construcción del revestimiento de concreto asfáltico.

a) AGREGADOS MINERALES

- Los agregados (minerales) serán obtenidos de los bancos San Ignacio (grava-arena) y Ojo Caliente (finos). (Ver Tabla I).
- La composición granulométrica de la mezcla de agregados (grava-arena-finos), deberá quedar comprendida dentro de los límites indicados en la Tabla II.
- Los agregados deberán separarse en grava triturada, arena triturada, grava cribada, arena cribada y finos.

b) PRODUCTO ASFÁLTICO

56

- El material asfáltico que adquirirá y manejará el Contratista será un cemento asfáltico con penetración comprendida entre 80 y 100 grados (80/100):
- El Contratista deberá tener suficiente capacidad en sus -- almacenes de la obra, para recibir las cantidades de cemento asfáltico.

La Secretaría no reconocerá responsabilidad alguna si ocurren suspensiones, en la elaboración del concreto asfáltico, por dificultades en abastecimiento del cemento asfáltico, o por reclamaciones que se susciten con los transportistas debido a demoras del Contratista al verificar las descargas.

- Los almacenes del Contratista deberán estar de tal manera equipados, que garanticen conservar la calidad de los productos asfálticos almacenados en ellos, siendo de su única responsabilidad los daños que dichos productos puedan sufrir.
- El Contratista deberá prever que al terminar la obra, los tanques de almacenamiento pasarán a ser propiedad de la Secretaría.

- Los productos esterilizantes, que adquirirá y manejará el Contratista será Clorato de Poliboro o producto similar. - El Contratista dispondrá de los almacenamientos que se requieran, los cuales deberán estar debidamente equipados para garantizar que se conserve la calidad del producto.

1.3 Ejecución (Ver plano anexo)

Se despalmará el terreno natural dentro del área de construcción y el producto se colocará fuera de dicha área.

Sobre el terreno natural despalmado se construirán los terraplenes, para lo cual se podrá utilizar material producto de la excavación de la cubeta y/o préstamo lateral y/o banco de préstamo; previo a su construcción se compactará el terreno natural hasta alcanzar el 90 por ciento del peso volumétrico Proctor S.A.R.H. o al 85 por ciento del peso volumétrico Porter, en un espesor mínimo de 10 cm.

En los terraplenes se distinguirán dos zonas de materiales de acuerdo a su construcción.

A) Zona de material acomodado con el equipo de construcción, - que se localiza en la parte externa de la estructura y que se formará mediante la colocación del material en capas de espesor máximo de 30 cm, acomodándolo con el tránsito del

equipo y con humedad cercana a la óptima.

- B) Zona de material compactado, que se localizará en la parte interna de la estructura y que servirá de apoyo al revestimiento del canal y del material de revestimiento del camino de servicio.

Para la formación de esta última zona se utilizará solamente material inerte (expansión menor a 4 por ciento), colocándolo en capas de espesor máximo de 20 cm, compactándolo con la humedad óptima al 95 por ciento del peso volumétrico Proctor -- S.A.R.H. para suelos cohesivos o al 90 por ciento del peso volumétrico Porter para suelos friccionantes.

En caso de que existan arcillas expansivas en la cubeta del canal y puedan quedar en contacto con el revestimiento, se deberán sustituir por material inerte (expansión menor a 4 por ciento), tratando este material según lo señalado para la zona de material compactado.

Con un máximo de 24 horas de anticipación a la colocación de la primera capa del revestimiento se recortará el sobre ancho de las terracerías, procediendo a rodillar los taludes y a compactar la plantilla.

El rodillado de los taludes consistirá en pasar un rodillo liso 3 veces por un mismo punto, es decir, traslapando un tercio de su ancho en cada pasada.

La plantilla del canal se compactará al 90 por ciento del peso volumétrico Proctor S.A.R.H. para suelos cohesivos o al 85 por ciento del peso volumétrico Porter para suelos friccionaltes, en un espesor mínimo de 10 cm.

Una vez conseguido lo anterior se dará a toda la superficie que recibirá el concreto asfáltico, un riego uniforme del material esterilizante en la cantidad que se fije mediante pruebas en el campo y que será de aproximadamente 0.2 kg/m² para el Clorato de Poliboro. El Contratista tomará todas las precauciones necesarias para proteger tanto al personal de la obra como a la gente de la región. Si la Secretaría lo juzga conveniente, podrá ordenar al Contratista la aplicación de varios riegos de producto esterilizante.

Las sobre-excavaciones que se presenten se rellenarán con mezcla asfáltica similar a la empleada para la construcción de la base asfáltica, operación que se hará durante la construcción de la base asfáltica. La mezcla asfáltica y operaciones que se deriven de ésto serán por cuenta del Contratista.

Si la Secretaría lo juzga conveniente podrá ordenar al Contratista la remoción y reposición de los materiales de terracerías cuya colocación sea defectuosa.

Sobre la superficie de la terracería afinada, compactada, rodillada, limpia, exenta de material suelto y posterior al riego del producto esterilizante, se colocará la primera capa --

del revestimiento de concreto asfáltico, cuyo espesor compacto será de 4 cm.

El concreto asfáltico de la primera capa se compactará al 95 por ciento del peso volumétrico obtenido en la prueba Marshall 50 golpes.

El contenido de cemento asfáltico para la primera capa será de aproximadamente 6 por ciento, en peso con respecto al agregado mineral.

Sobre la superficie limpia, exenta de polvo y materias extrañas de la primera capa se colocará la segunda capa del revestimiento asfáltico cuyo espesor compacto será de 4 cm para dar un espesor total de revestimiento de 8 cm compactos. El concreto asfáltico de la segunda capa se compactará a 98 por ciento del peso volumétrico obtenido en la prueba Marshall 50 golpes.

El contenido de cemento asfáltico para la segunda capa será de aproximadamente ^{8.10 %} por ciento, en peso con respecto al agregado mineral.

El agregado mineral que se utilice para la elaboración del concreto asfáltico de la primera y segunda capa del revestimiento asfáltico deberá cumplir con la graduación que se indica en la Tabla II.

En el contenido del concreto asfáltico solo se permitirá una variación de ± 0.3 por ciento con respecto al contenido de cemento asfáltico.

No se permitirá la colocación de concreto asfáltico en espesores compactos mayores de 5 cm ó menores de 3 cm. El espesor total del revestimiento será de 8 cm (mínimo) formado por dos capas de 4 cm compactos cada una.

La planta para elaborar el concreto asfáltico deberá ser previamente aprobada por la Secretaría y capaz de producir una mezcla uniforme dentro de las tolerancias indicadas en la Tabla II. Si durante la ejecución del trabajo el equipo presenta deficiencias, el Contratista queda obligado a corregirlas o a sustituir la máquina defectuosa por una que se encuentre en buenas condiciones de operación.

Al elaborar la mezcla de concreto asfáltico, la diferencia de temperaturas entre el cemento asfáltico y los agregados no excederá de 15°C .

Concretos asfálticos elaborados con agregados que hayan sido calentados a más de 170°C ó cemento asfáltico que haya sido calentado a más de 160°C , no podrán ser utilizados en la construcción de revestimientos asfálticos. Las temperaturas máximas permitidas en el momento de elaborar el concreto asfáltico serán de 140°C para el cemento asfáltico y de 155°C para los agregados.

El equipo utilizado para el transporte del concreto asfáltico al sitio de colocación deberá garantizar la limpieza, así como la conservación de la temperatura de colocación. No se permitirá la colocación de concreto asfáltico, en el revestimiento, cuando éste tenga una temperatura inferior a 110°C.

El concreto asfáltico deberá ser colocado longitudinalmente mediante equipo mecánico capaz de distribuirlo uniformemente y sin segregaciones, dejando una superficie lisa, libre de ondulaciones, depresiones o cualquier otro defecto. La Secretaría deberá aprobar previamente el equipo que el Contratista proponga utilizar y éste queda obligado a corregirlo o sustituirlo por otro, si el trabajo ejecutado no queda a satisfacción de ella.

Solamente se aceptará la colocación del concreto asfáltico "a mano", en aquellas secciones irregulares y sitios específicos que resulten inaccesibles al equipo colocador.

Únicamente se permitirá la colocación de concreto asfáltico, cuando las condiciones de temperatura, vientos e iluminación permitan garantizar un trabajo de calidad adecuada a juicio de la Secretaría.

Concretos asfálticos que se enfríen a menos de 90°C, antes de lograr el grado de compactación anteriormente indicado, deberán ser removidos y desperdiciados.

El equipo de compactación deberá ser capaz de producir en la capa impermeable una superficie lisa y homogénea sin provocar desplazamientos, ondulaciones o agrietamientos y no dejará huella a su paso. El equipo de compactación deberá estar provisto de los aditamentos necesarios para impedir adherencias con el concreto asfáltico. No se permitirá el empleo de diesel o productos similares que puedan disolver el cemento asfáltico.

Las zonas que no sean accesibles al equipo de compactación podrán ser compactadas mediante pisonés o rodillos calientes operados a mano, debiendo obtenerse con ellos el grado de compactación y un terminado de la superficie, similar al que se obtiene con el equipo mecánico.

Cuando se presenten juntas de construcción, deberán hacerse en línea recta y paralelas o transversales al eje del canal, formándolas mediante un recorte inclinado (45°) del concreto asfáltico previamente colocado y debidamente compactado, preparando la superficie expuesta mediante una aplicación con cemento asfáltico 80/100.

Las juntas de construcción no deberán coincidir entre capas sucesivas.

Una vez construido el revestimiento asfáltico se revestirá el camino de servicio con una capa de material que se ajustará a lo señalado en la Tabla III.

El material de revestimiento del camino cuyo espesor será de 20 cm, se compactará con la humedad óptima al 95 por ciento de la prueba Porter.

1.4 Control de Calidad

A continuación, se presentan las normas que deben seguirse para lograr un correcto control de calidad.

La Secretaría verificará que las características de los materiales utilizados para la construcción de las terracerías se ajusten a lo señalado por estas especificaciones, así mismo verificará que los grados de compactación se ajusten a lo solicitado. El Contratista está obligado a retirar aquellos materiales que no cumplen con lo señalado en estas especificaciones.

En la explotación de los bancos de agregados, la Secretaría supervisará que los procedimientos empleados sean los adecuados para garantizar materiales con la calidad requerida por estas especificaciones, tomando en cuenta la conservación apropiada del banco para explotaciones futuras y hará las indicaciones que crea conveniente al Contratista, quien deberá atenderlas.

La Secretaría supervisará las plantas para el procesamiento de los agregados y obtendrá muestras a la salida de las mismas y en los almacenamientos respectivos, para verificar que la cali

dad de los agregados esté de acuerdo con lo indicado en estas especificaciones, rechazando o aceptando en su caso dichos -- agregados. El Contratista queda obligado a retirar de la zona aquellos materiales que hayan sido rechazados por la Secretaría.

La Secretaría tomará muestras del cemento asfáltico en la -- planta de elaboración y posteriormente verificará que en los almacenamientos del Contratista se conserven aún sus propiedades. Cuando el cemento asfáltico haya sufrido alteraciones que ya no lo haga recomendable para su empleo en las obras, la -- Secretaría lo hará saber al Contratista y éste retirará del -- lugar y desperdiciará por su cuenta aquellos productos que -- hayan sufrido alteraciones.

La Secretaría tomará muestras de los agregados, cemento asfáltico y el concreto asfáltico que se estén empleando y produciendo en la planta, para verificar que las temperaturas, las -- humedades, la composición granulométrica y las proporciones de los agregados y el cemento asfáltico estén conformes a los lineamientos establecidos en estas especificaciones. La Secretaría podrá ordenar al Contratista la suspensión en la elaboración del concreto asfáltico, y el desperdicio de los volúmenes del mismo que no cumplan con dichos requisitos. El Contratista podrá reiniciar la producción de concreto asfáltico cuando la -- Secretaría así lo haya autorizado por haberse corregido las --

deficiencias que originaron la suspensión.

La Secretaría verificará la limpieza, uniformidad y temperatura del concreto asfáltico en el sitio de colocación y ordenará al Contratista el desperdicio por su cuenta de aquellos volúmenes de concreto asfáltico que, a juicio de la Secretaría, no cumplan con los lineamientos indicados en estas especificaciones.

La Secretaría tomará muestras, mediante "extractora de corazones", del concreto asfáltico ya colocado y compactado y verificará en ellas el espesor de la capa, el contenido de cemento asfáltico y el grado de compactación alcanzado; adicionalmente, la Secretaría realizará los ensayos complementarios que juzgue convenientes. La capa impermeable o la base asfáltica que no cumpla con los lineamientos indicados en estas especificaciones será removida por el Contratista, quien reparará por su cuenta la zona dañada.

El Contratista reparará por su cuenta aquellos sitios en donde la Secretaría haya obtenido muestras, tratándolos como juntas de construcción.

La Secretaría indicará al Contratista cuando las condiciones del tiempo (vientos, lluvias, temperatura, iluminación, etc.) no son adecuadas para llevar al cabo la construcción; en estos casos, el Contratista suspenderá la ejecución de las obras.

1.5 Tolerancias

29

Las tolerancias en la sección terminada con respecto a las líneas de proyecto serán las siguientes:

a) En el alineamiento horizontal:

en tangente: ± 15 cm

en curva: ± 30 cm

b) En el alineamiento vertical: ± 3 cm

1.6 Normas de Seguridad

Por tratarse de materiales elaborados y colocados a elevadas temperaturas, el Contratista deberá proveer a su personal del equipo y vestuario adecuado que lo proteja durante la ejecución de sus labores y colocará los avisos y las barreras que se hagan necesarias para proteger a los habitantes de la región. Serán de su responsabilidad los gastos e indemnizaciones que resultaren a causa de accidentes.

ESPECIFICACIONES PARA LA MEDICION Y PAGO DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS
POR EL CONTRATISTA

2.- LO QUE INCLUYE EL PRECIO UNITARIO

2.1 Terracerías

Por el precio unitario de este concepto el Contratista construirá los terraplenes, haciendo todas las erogaciones, ejecutando las operaciones descritas a continuación y sujetándose a lo indicado en estas especificaciones y en los planos de proyecto.

Desmante, desyerbe y despalme de la superficie del terreno natural en que se desplantarán los terraplenes.

Retiro del producto del desmante, desyerbe y despalme a los sitios indicados por el Ingeniero.

Compactación de la superficie en que se desplantarán los terraplenes.

Despalme de los bancos de préstamo en que se obtendrá el material para la construcción de los terraplenes.

Pago de regalías de los bancos.

Obtención y acarreo dentro del primer kilómetro del material que se utilizará para la formación de los terraplenes.

69

Obtención, acarreo y empleo del agua necesaria para el acomodo y/o compactación del material que se emplee para la formación de terraplenes.

Homogeneización de la humedad y tendido del material en capas sensiblemente horizontales, tanto para la zona de material acomodado como para la zona de material compactado.

Remoción y retiro a los sitios que indique el Ingeniero, de los suelos expansivos.

Tránsito del equipo de construcción sobre los materiales que forman la zona de material acomodado de los terraplenes.

Empleo del equipo de compactación sobre el material que formará la zona de material compactado de los terraplenes.

Recorte y afine de las terracrias para dejar los terraplenes conforme a las líneas de proyecto.

Rodillado de los taludes.

Compactación de la plantilla.

2.2 Producto Esterilizante

Por el precio unitario de este concepto, el Contratista deberá considerar:

Adquisición y acarreo del producto desde el sitio de entrega hasta su almacenamiento en la obra.

Acarreos locales.

Preparación del producto esterilizante para su empleo.

Esparcir el producto en la superficie de la terracería recién llada y compactada.

Obtención, transporte y riego del agua para la penetración del producto en las terracerías, en caso de que el producto sea sólido.

2.3 Cemento Asfáltico.

Por el precio unitario consignado en el catálogo para este concepto, el Contratista adquirirá el cemento asfáltico, haciendo todas las erogaciones y ejecutando todas las operaciones que a continuación se describen y sujetándose a lo indicado en estas especificaciones y en los planos de proyecto.

La adquisición del cemento asfáltico utilizado para la elaboración del concreto asfáltico aprobado por la Secretaría; el acarreo de la planta de fabricación al sitio de almacenamiento en la obra, la carga, la descarga, el almacenamiento, el calentamiento tanto para su transporte como para la elaboración del concreto, el bombeo del almacenamiento hasta el sitio de utilización y la dosificación.

El Contratista instalará los tanques de almacenamiento en un sitio que sea accesible en todo tiempo para el transporte especializado del cemento asfáltico, previa aprobación de la Secretaría. Los tanques deberán estar provistos de aislamiento térmico adecuado para regular la temperatura del cemento as-

fáltico, con una eficiencia tal que solamente disminuya en 1°C por hora dicha temperatura.

El Contratista deberá prever que el valor de un tanque, con capacidad mínima de 5000 lt, sea amortizado en el presente ejercicio ya que al terminar las obras pasará a poder de la Secretaría.

2.4 Base Asfáltica (Primera capa)

Por el precio unitario consignado en el catálogo para este concepto, el Contratista construirá la base asfáltica, haciendo todas las erogaciones y ejecutando todas las operaciones que a continuación se describen y sujetándose a lo indicado en estas especificaciones y en los planos de proyecto:

La obtención de los agregados minerales (grava-arena-finos) utilizados para la elaboración del concreto asfáltico aprobado por la Secretaría, incluyendo: el pago de regalías en el banco, el desmonte y despalme del mismo; la extracción, el cribado, el lavado, la trituración, la clasificación, los desperdicios, el almacenamiento y el manejo en general de los agregados.

La elaboración del concreto asfáltico, incluyendo: la instalación de todos los equipos que se utilicen; el acondicionamiento, la conservación de los almacenes y patios que se requieran y la renta de los mismos; las cargas, las descargas, los

calentamientos y las dosificaciones de los agregados minerales.

Colocación del concreto asfáltico, incluyendo el acarreo de los agregados a la planta y el del concreto asfáltico de la planta a su sitio de colocación; el tendido y la compactación del concreto asfáltico; se incluye también la conservación y limpieza de la superficie de las terracerías y los trabajos de remoción y reacondicionamiento de las superficies en caso de que los concretos asfálticos rechazados hayan sido ya colocados.

Queda entendido que los espesores de concreto asfáltico en el revestimiento, no serán en ningún caso menores que el de proyecto y que los excedentes de concreto para rellenar los defectos del afine de las terracerías serán considerados como relleno de "Sobreexcavaciones" con cargo al Contratista.

El recorte y la preparación de las juntas de construcción que se presenten, incluyendo el cemento asfáltico que se utilice, así como sus maniobras y calentamientos que se requieran y los volúmenes de concreto asfáltico desperdiciados en las mismas.

2.5 Capa Impermeable (Segunda capa)

Por el precio unitario consignado en el catálogo para este concepto, el Contratista construirá la capa impermeable, ha-

ciendo todas las erogaciones y ejecutando todas las operaciones que a continuación se describen, sujetándose a lo indicado en estas especificaciones y en los planos de proyecto:

La obtención de los agregados minerales (grava-arena-finos) - que se utilice para la elaboración del concreto asfáltico -- aprobado por la Secretaría, incluyendo: el pago de las regalías en el banco, el desmonte y despulme del mismo; la extracción, el cribado, el lavado, la trituración, la clasificación, los desperdicios, el almacenamiento y el manejo general.

La elaboración del concreto asfáltico, incluyendo: la instalación de todos los equipos que se utilicen; el acondicionamiento, la conservación de los almacenes y patios que se requieran y la renta de los mismos; las cargas, las descargas, los calentamientos y las dosificaciones de los agregados minerales.

Colocación del concreto asfáltico, incluyendo: el acarreo de los agregados a la planta y el del concreto asfáltico de la planta a su sitio de colocación; el tendido y la compactación del concreto asfáltico; se incluye también la conservación y limpieza de la superficie de la base asfáltica y los trabajos de remoción y reacondicionamiento de las superficies, en caso de que los concretos asfálticos rechazados hayan sido ya colocados.

El recorte y la preparación de las juntas de construcción que se presentan, incluyendo el cemento asfáltico que se utilice, así como sus maniobras y calentamientos que se requieran y -- los volúmenes de concreto asfáltico desperdiciados en las mismas.

2.6 Revestimiento del Camino

Por el precio unitario consignado en el catálogo para este -- concepto, el Contratista construirá el revestimiento del camino, haciendo las erogaciones y ejecutando todas las operaciones que a continuación se describen y sujetándose a lo indicado en estas especificaciones y en los planos de proyecto:

La obtención del material grueso y cementante utilizado para la construcción del revestimiento aprobado por la Secretaría, incluyendo: el pago de regalías en los bancos, el desmonte y despalle de los mismos; la extracción, la carga, el acarreo -- libre de 1 kilómetro y la descarga de los materiales; el cribado del material grueso para la eliminación de los tamaños -- mayores de 50.8 mm (2"). También se deberá considerar la obtención, acarreo e incorporación del agua a los materiales y su homogeneización. La revoltura y homogeneización del material grueso y el cementante. El tendido del material homogeneizado y su compactación.

6 Medición

75

a) Terracerías.-

Para efectos de pago, la Secretaría calculará el volumen del material que haya sido colocado para formar los terraplenes en las zonas de material acomodado y de material compactado y que por cumplir con los lineamientos y tolerancias estipuladas en estas especificaciones hayan sido aceptados por la misma, tomando como base los volúmenes de proyecto y redondeando los resultados obtenidos al metro cúbico con una decimal. El material inerte que se utilice para la sustitución de suelos expansivos se considerará como material compactado.

b) Producto Esterilizante.-

Para efectos de pago, la Secretaría calculará el área en que fue esparcido el producto y que por cumplir con los lineamientos señalados en estas especificaciones haya sido aceptado por la misma, tomando como base el área de proyecto y redondeando los resultados obtenidos al metro cuadrado con una decimal. Los riegos extra que por condiciones especiales de la vegetación, ordene la Secretaría serán remunerados al precio unitario cotizado.

c) Cemento Asfáltico.

Para efectos de pago, la Secretaría calculará la cantidad de cemento asfáltico que haya sido utilizado en la elaboración del concreto asfáltico y que por cumplir con los lineamientos y tolerancias estipuladas en estas especificaciones haya sido aceptado por la misma.

El cemento asfáltico que se utilice en la elaboración del concreto asfáltico se medirá en toneladas con aproximación de dos decimales, tomando en cuenta la cantidad fijada en el proyecto y haciendo las modificaciones en más o menos según autorización de la Secretaría.

La cantidad de cemento asfáltico empleada se obtendrá por determinaciones del contenido de cemento asfáltico en el concreto y del volumen de éste colocado según proyecto.

d) Base Asfáltica (Primera capa).

Para efectos de pago, la Secretaría calculará el volumen de concreto asfáltico que haya sido colocado y que por cumplir con los lineamientos y tolerancias estipuladas en estas especificaciones hayan sido aceptados por la misma, tomando como base los volúmenes de proyecto y redondeando los resultados obtenidos al metro cúbico con una decimal. No será considerada la variación en los espesores.

e) Capa Impermeable (Segunda capa).

Para efectos de pago, la Secretaría calculará el volumen

77

de concreto asfáltico que haya sido colocado y que por cumplir con los lineamientos y tolerancias estipuladas en estas especificaciones hayan sido aceptados por la misma, tomando como base los volúmenes de proyecto y redondeando los resultados obtenidos al metro cúbico con una decimal. No será considerada la variación de los espesores.

f) Revestimiento del camino.-

Para efectos de pago, la Secretaría calculará el volumen de material de revestimiento que haya sido colocado y que por cumplir con los lineamientos y tolerancias estipuladas en estas especificaciones hayan sido aceptados por la misma, tomando como base los volúmenes de proyecto y redondeando los resultados obtenidos al metro cúbico con una decimal. No será considerada la variación de los espesores.

T A B L A I

GRANULOMETRIA MEDIA DE LOS BANCOS DE ACREGADOS MINERALES PARA LA ELABORACION DE CONCRETO ASFALTICO

MALLA CUADADA		POR CIENTO QUE PASA LA MALLA, EN PESO	
Abertura en mm	Designación	Banco San Ignacio	Banco Ojo Caliente
25.40	1"	100	
19.05	3/4"	90	
12.05	1/2"	78	
9.52	3/8"	71	
4.76	N°4	52	200
2.00	N°10	37	92
0.84	N°20	22	78
0.42	N°40	13	67
0.25	N°60	8	58
0.149	N°100	6	46
0.074	N°200	5	23

T A B L A I I

LIMITES GRANULOMETRICOS DE LOS AGREGADOS QUE SE EMPLEARAN EN
LA ELABORACION DE CONCRETO ASFALTICO

TOLERANCIAS EN LA COMPOSICION GRANULOMETRICA DE DISEÑO.

MALLA CUADRADA		POR CIENTO QUE PASA LA MALLA, EN PESO	TOLERANCIAS EN LA GRANU- LOMETRIA DE DISEÑO.
Abertura en mm	Designación	Tamaño Máximo 19.05 mm (3/4")	
19.050	3/4"	100	
12.050	1/2"	95 - 100	± 4
9.520	3/8"	85 - 95	± 4
4.760	N°4	60 - 80	± 2
2.000	N°10	40 - 55	± 2
0.840	N°20	30 - 45	± 2
0.420	N°40	25 - 35	± 2
0.250	N°60	20 - 30	± 2
0.149	N°100	15 - 25	± 1
0.074	N°200	8 - 15	± 1

NOTA: El contenido de cemento asfáltico podrá variar en
± 0.3 del por ciento fijado en la mezcla de diseño.

Granulometría para el diseño de concreto asfáltico
tamizaje máximo 3/4"

Malla	% Que Pasa
3/4"	100
1/2"	95 - 100
3/8"	85 - 95
No. 4	60 - 80
10	40 - 60
20	30 - 45
40	25 - 35
100	15 - 25
200	8 - 15

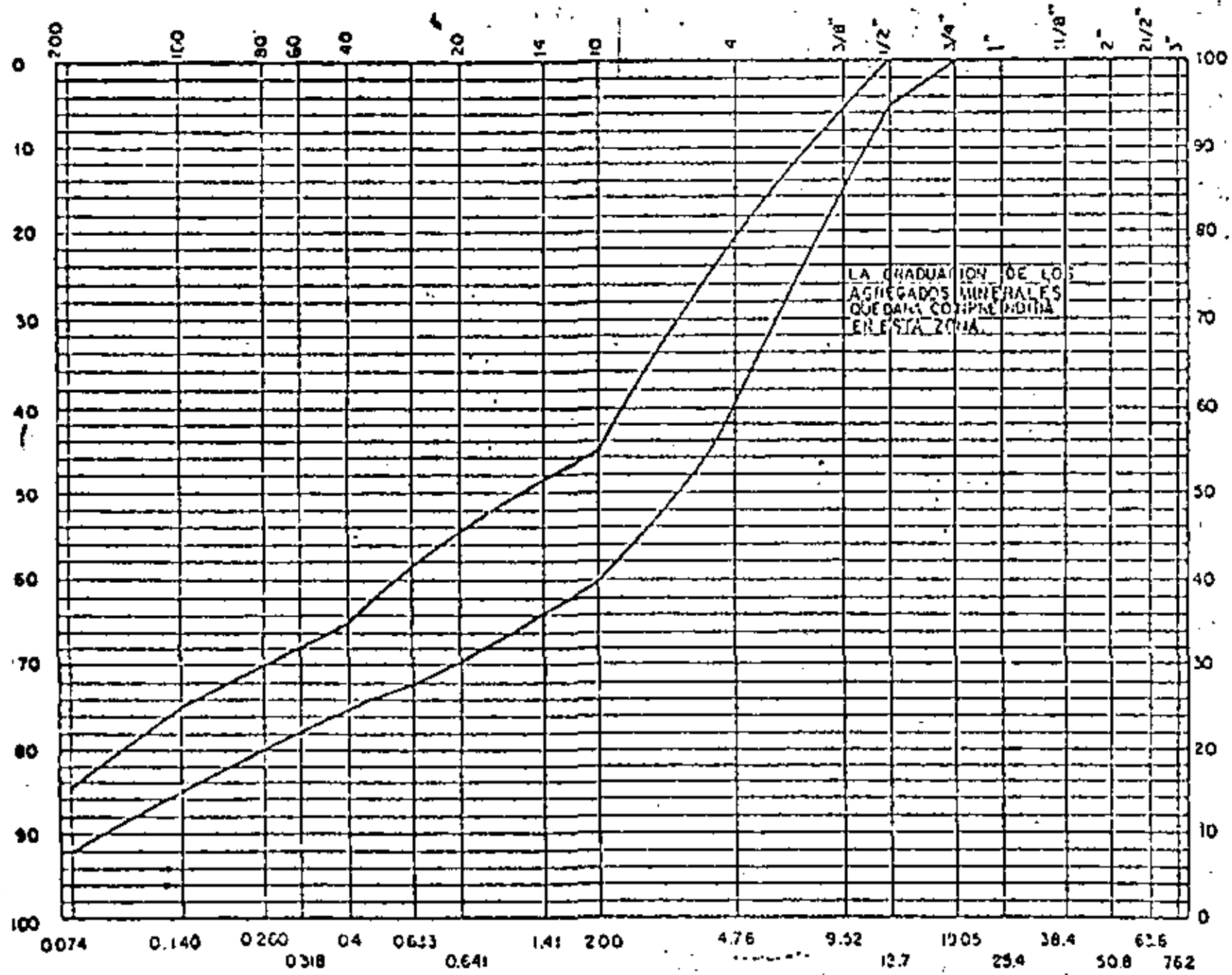
El % de cemento asfáltico por peso de materia pétreo esta entre 8.5%
a 12%.

DR. 2.60 boteo 2600 Kg/m³
Pr. 2.40 triturado 2400 Kg/m³

GRAFICA Nº 1. DESIGNACION DE LA MALLA CUADRADA

81

81
PORCENTAJE RETENIDO

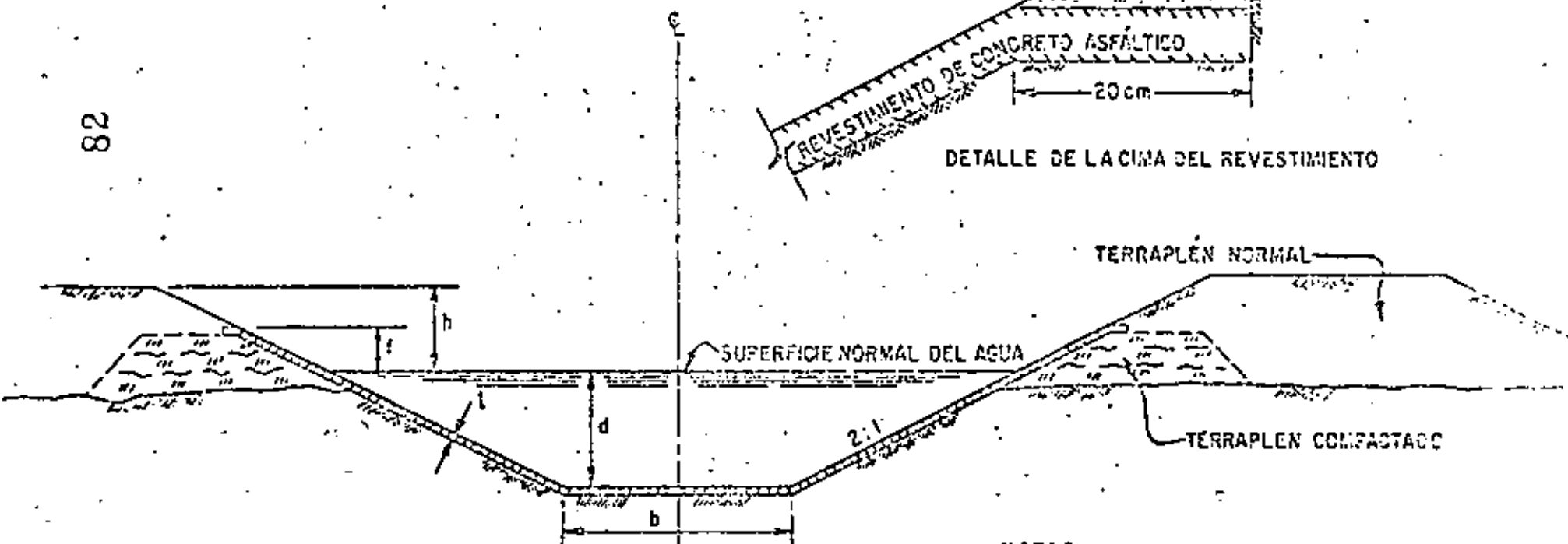
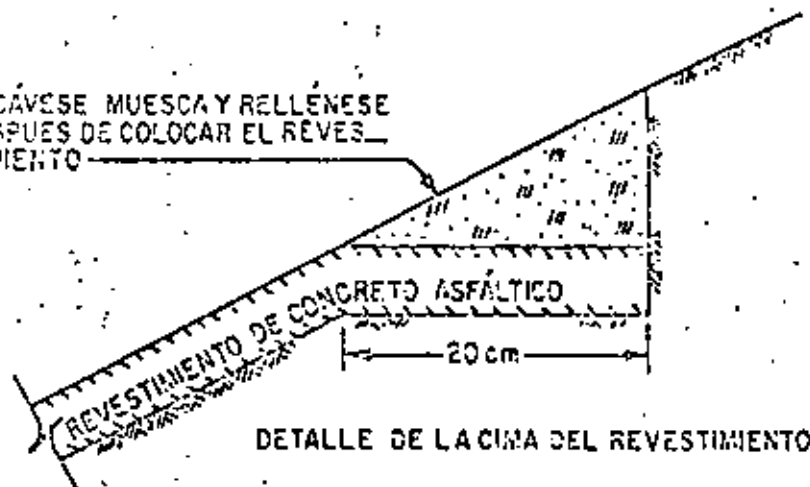


ABERTURA EN MM.

PORCENTAJE QUE PASA

CONCRETO ASFALTICO

EXCAVESE MUESCA Y RELLENESE
DESPUES DE COLOCAR EL REVES-
TIMIENTO



NOTAS:

f = Bordo libre para revestimiento de superficie del canal

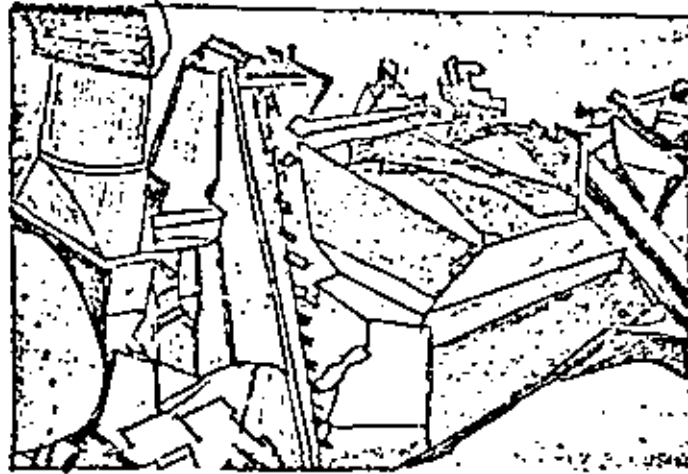
h = Altura del banco sobre la S.A. Véase Fig. III-3

d = Profundidad normal del agua

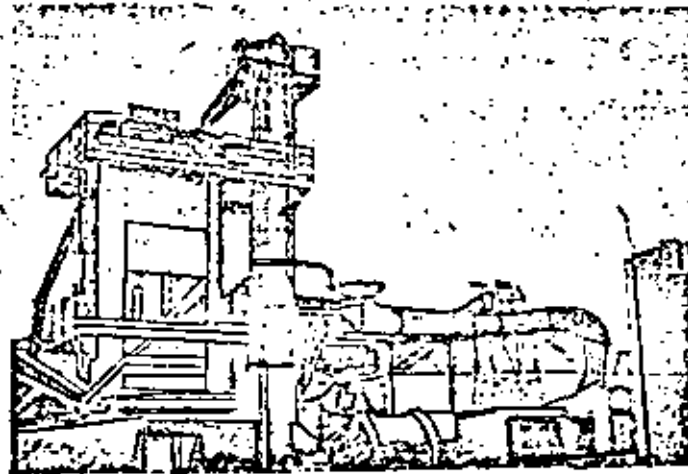
b = Ancho del fondo

t = Espesor del revestimiento. Véase Fig. III-4

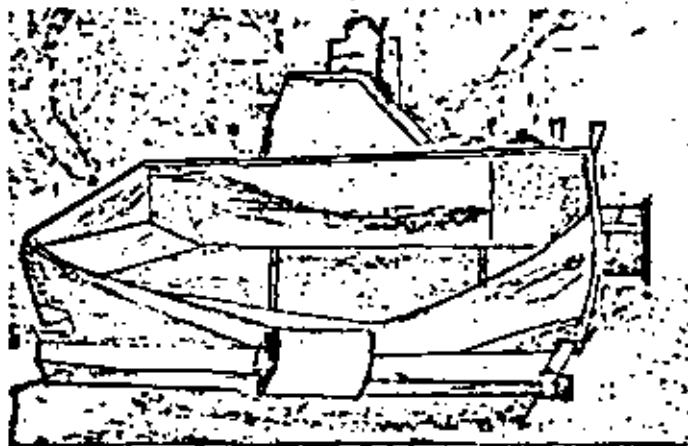
SECCION TIPICA
CANAL CON REVESTIMIENTO DE CONCRETO ASFALTICO



TOLVAS Y ELEVADOR DE FRÍOS.



SECADOR Y TORRE DE PROCESAMIENTO DE LA MEZCLA



TOLVA DE LA MAQUINA EXTENDEDORA

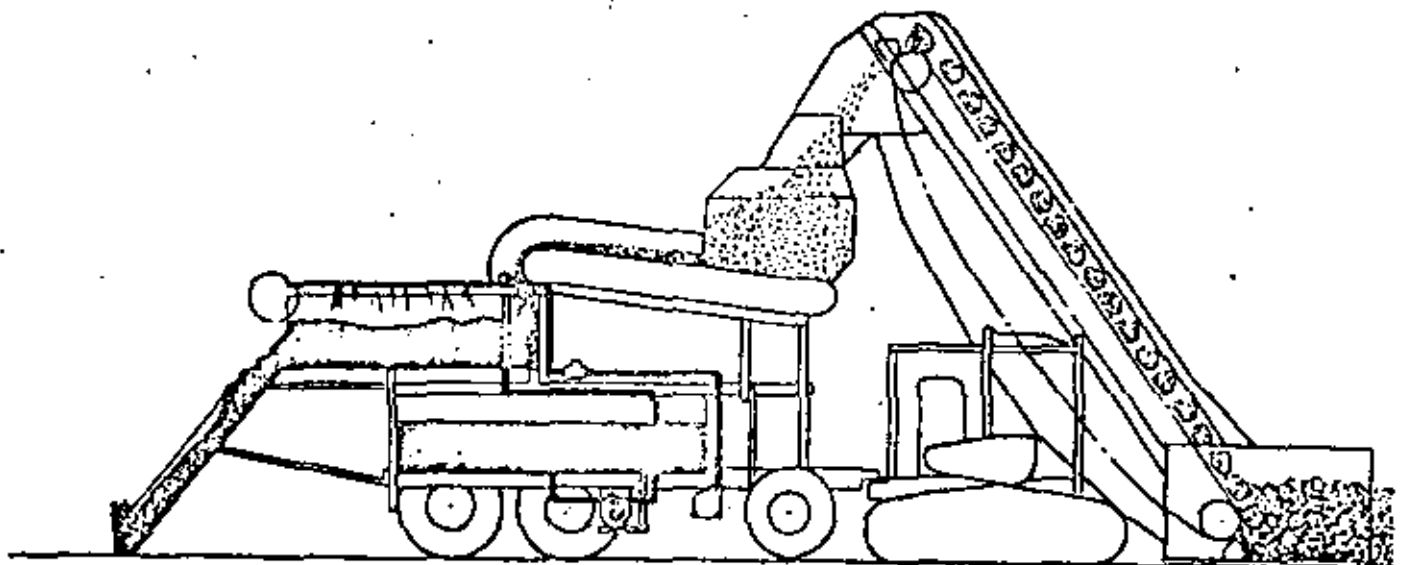


DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE PLANTA MOVIL

FIGURA Nº 32.



TRICICLO



TANDEM, RUEDAS METÁLICAS



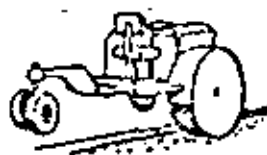
TANDEM, TRES EJES



DE NEUMÁTICOS



PATA DE CABRA



PARA ZANJAS

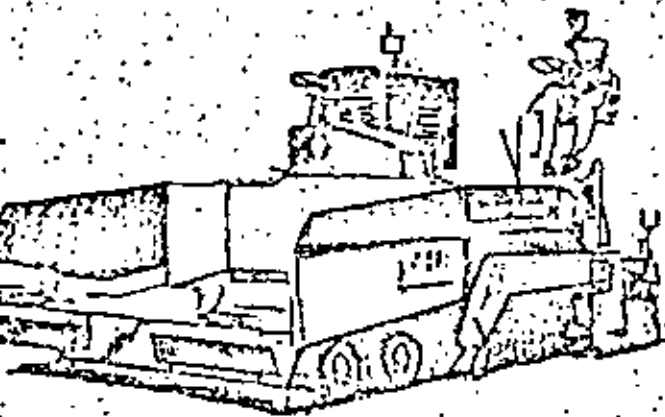


DE ENSAYO

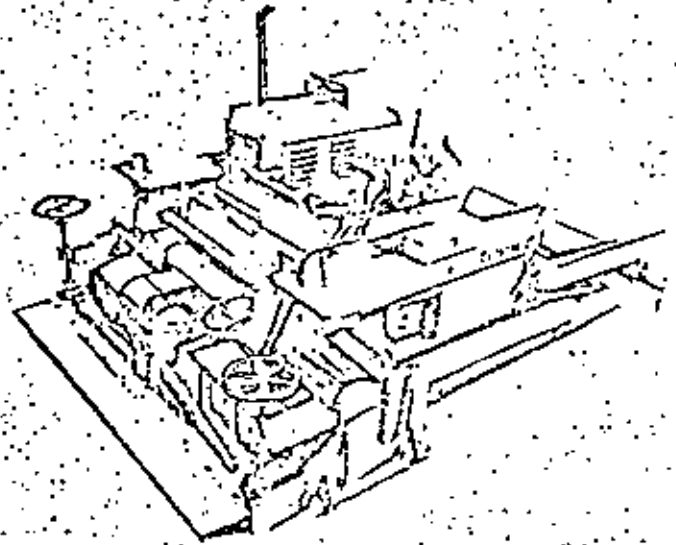


COMPACTADOR VIBRATORIO

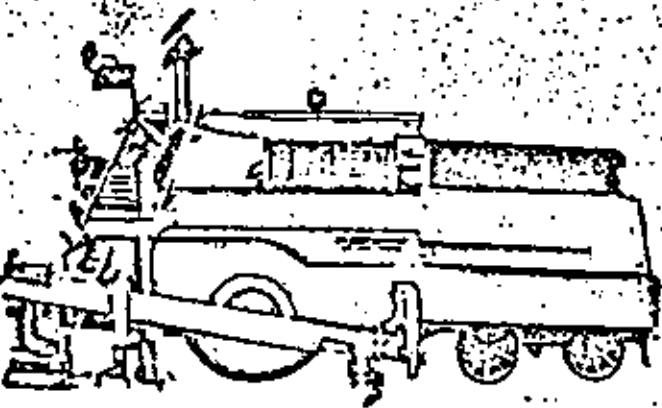
Figura VII-9. Tipos de compactadores.



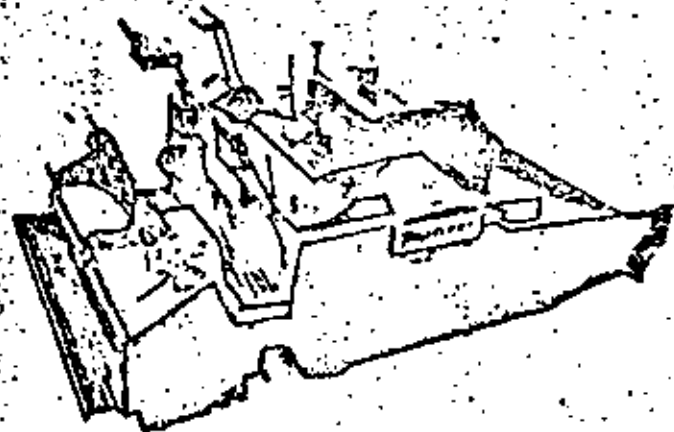
Barber-Greene



Cedarapids



Blaw-Knox



Pioneer

Figura VII-8. ALGUNOS TIPOS CARACTERISTICOS DE MAQUINAS PAVIMENTADORAS.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

**CURSO: INTRODUCTORIO DE FORMACION DE RESIDENTES
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EXPERIMENTAL.**

OCTUBRE, 1981.



CAPITULO 5

Métodos de análisis

INTRODUCCION

La solución a diversos problemas de diseño y análisis del comportamiento de presas de tierra requiere la estimación de los gastos de agua que fluyen a través de la cortina, de la cimentación o de ciertas porciones del vaso, o el cálculo de las fuerzas hidrodinámicas o las presiones de poro que dicho flujo produce en suelos y rocas.

Muchos problemas prácticos de esa naturaleza pueden resolverse con suficiente aproximación mediante la teoría lineal del flujo de fluidos en medios porosos. Los fundamentos, las limitaciones y la aplicación de dicha teoría a la solución de los problemas planteados por el diseño racional de presas de tierra se presentan brevemente a continuación.

5.1 FLUJO DE AGUA EN SUELOS

5.1.1 La ley de Darcy. El flujo de agua en un medio poroso cumple la ley de Bernoulli modificada:

$$\frac{p_1}{\gamma_w} + y_1 + \frac{\bar{v}_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma_w} + y_2 + \frac{\bar{v}_2^2}{2g} + \Delta h$$

donde:

- g aceleración de la gravedad
- p_1, p_2 presiones en dos secciones, 1 y 2, a lo largo de cierta trayectoria de flujo
- y_1, y_2 elevaciones medias de las secciones 1 y 2 con respecto a un plano horizontal arbitrario

* Velocidad de flujo \bar{v} es la velocidad media con que fluye el agua a través de los poros del suelo en dirección de la corriente; esto es, $\bar{v} = q/A_w$, siendo q el gasto A_w el área de vacíos en la sección recta del tubo de flujo. Debe distinguirse de la velocidad de descarga $v = q/A$, en que A es el área total de la sección recta del tubo de flujo. Siendo n la porosidad del suelo, la relación entre ambas velocidades es $v = n\bar{v}$.

- \bar{v}_1, \bar{v}_2 velocidades de flujo * en las secciones 1 y 2
- γ_w peso volumétrico del agua
- Δh pérdida de carga hidráulica entre las secciones 1 y 2 debida a la viscosidad del agua

La suma de los tres primeros términos en cada miembro de la ecuación anterior se llama carga hidráulica total, h . Los términos individuales se llaman, respectivamente, carga de presión, carga de posición y carga de velocidad.

En todos los problemas prácticos de flujo de agua en suelos, la carga de velocidad $\bar{v}^2/2g$ es despreciable (\bar{v} raramente es de orden mayor de 0.1 m/seg, por lo que $\bar{v}^2/2g$ es en general menor de 0.0005 m) y por tanto

$$\frac{p_1}{\gamma_w} + y_1 = \frac{p_2}{\gamma_w} + y_2 + \Delta h \quad (5.1)$$

La pérdida de carga Δh entre dos secciones cualesquiera en un tubo de flujo (fig 5.1) puede obtenerse por integración de la ecuación diferencial

$$v = -k \frac{dh}{ds} = ki \quad (5.2)$$

que representa una relación empírica, conocida como ley de Darcy, entre la velocidad de descarga v y el gradiente hidráulico $i = -dh/ds$, en que ds se mide a lo largo de la trayectoria media de flujo.

Hay una frontera superior y una inferior de la velocidad v que limitan el intervalo de validez de la ley de Darcy (Barron, 1948); sin embargo, puede considerarse que en la mayoría de los problemas de ingeniería civil, entre ellos los de presas, la velocidad de descarga cae en dicho intervalo.



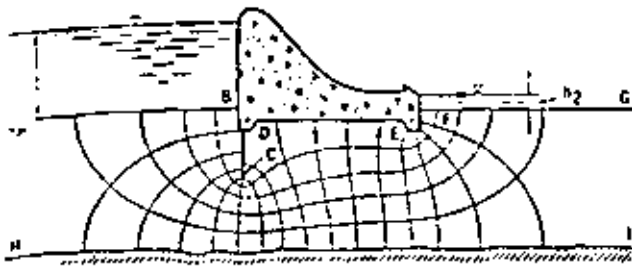


Fig. 5.2 Flujo confinado bajo la cimentación de una estructura vertedora

zona de flujo. En el caso de la ec 5.5b, dicha solución puede representarse geoméricamente mediante dos familias de curvas mutuamente ortogonales, una de las cuales está constituida por las curvas de igual carga hidráulica o líneas equipotenciales ($h = \text{constante}$), y la otra por las líneas de corriente o de flujo. El conjunto de ambas familias de curvas se llama red de flujo, de la cual se dan ejemplos en las figs 5.2 y 5.3.

5.1.4 Condiciones de frontera. El primer paso para resolver un problema de flujo es la especificación de las condiciones de frontera, para lo cual es necesario determinar las características geométricas e hidráulicas de las superficies extremas que delimitan el dominio de flujo. En los casos de flujo bidimensional (o tridimensional con simetría axial), una sección del medio en la dirección del flujo es representativa de las condiciones en cualquier otra, y aquellas superficies se reducen a líneas. En medios homogéneos hay cuatro posibles clases de líneas de frontera:

- frontera suelo infiltrado-suelo impermeable (frontera impermeable)
- frontera agua-suelo infiltrado
- frontera suelo infiltrado-suelo permeable no infiltrado (línea superior de flujo)
- frontera suelo infiltrado-aire (línea de descarga libre).

a) *Frontera suelo infiltrado-suelo impermeable (frontera impermeable).* A través de una frontera de este tipo el agua no puede fluir. Por tanto, los componentes normales de la velocidad son nulos a lo largo de ella y dicha frontera define una línea de flujo (recíprocamente, toda línea de flujo puede tratarse como si fuese una frontera im-

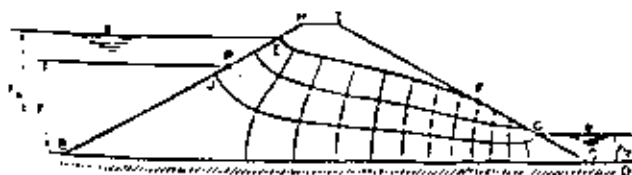


Fig. 5.3 Flujo no confinado a través de una presa de tierra

permeable). Las líneas $BCDEF$ y HI en la fig 5.2, y la línea BC en la fig 5.3, son ejemplos de fronteras impermeables, pues se supone que la permeabilidad del material que constituye la estructura vertedora de la fig 5.2 es despreciable en comparación con la del suelo de cimentación, y, en la fig 5.3, otro tanto acerca de la permeabilidad del suelo o roca debajo de AD , en comparación con la del suelo que constituye la presa.

b) *Frontera agua-suelo infiltrado.* Estas fronteras son ejemplificadas por AB y FG en la fig 5.2, y por BE y CG en la fig 5.3. En vista de que en el flujo de agua en suelos la carga de velocidad es despreciable, la distribución de presión en las fronteras agua-suelo infiltrado puede considerarse hidrostática. Entonces en un punto cualquiera de ellas, por ejemplo el punto P sobre la frontera BE (fig 5.3), la carga de presión es $(h_2 - y)$ y la carga de posición es y , por lo que en cualquier punto de la frontera BE la carga hidráulica total será $(h_2 - y) + y = h_2$.

Entonces, la condición que debe cumplirse en toda frontera agua-suelo infiltrado es

$$h = \text{constante} \quad (5.6)$$

Así pues, cada una de dichas fronteras es una línea equipotencial.

c) *Frontera suelo infiltrado-suelo permeable no infiltrado (línea superior de flujo).* En la fig. 5.3, la línea EF separa, dentro de la misma masa de suelo $BHIC$, la zona de flujo $BFGC$ de la porción de suelo que teóricamente no es infiltrado por el agua que fluye de un lado a otro de la presa. Obviamente, los componentes de la velocidad, v , normales a dicha línea son nulos, y por tanto esta es una línea de flujo; pero el hecho de ser precisamente la línea superior de flujo le impone condiciones adicionales que no son comunes a cualesquiera otras líneas de corriente: la presión es constante en toda ella (igual a la atmosférica) y, siendo despreciable la carga de velocidad, la carga hidráulica total en dicha línea es

$$h = y \quad (5.7)$$

lo que indica que la carga de las líneas equipotenciales que corten la línea superior de flujo será idéntica a la elevación del punto de intersección. Esto requiere que, si se trazan equipotenciales con caída de carga Δh constante, la diferencia de elevación de las intersecciones de dos equipotenciales contiguas cualesquiera con la línea superior de flujo sea también constante e igual a Δh (fig 5.4).

Por otra parte, se puede demostrar que las condiciones de entrada y de salida de la línea superior de flujo son las mostradas en la fig 5.5.

d) *Frontera suelo infiltrado-aire (línea de descarga libre).* La línea FG en la fig 5.3 es una fron-



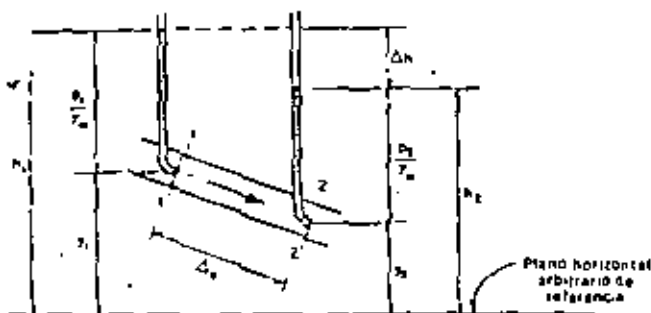


Fig 5.1 Ley de Bernoulli modificada para el flujo de agua en suelos

5.1.2 El coeficiente de permeabilidad. La constante de proporcionalidad k en la ec 5.2 se denomina coeficiente de permeabilidad, tiene unidades $[L/T]$ y puede interpretarse físicamente como la velocidad de descarga correspondiente a un gradiente hidráulico unitario. En la tabla 5.1 se presentan los intervalos aproximados de k para diversos suelos.

Tabla 5.1. Intervalo aproximado del coeficiente de permeabilidad, k , para diversos tipos de suelo

Tipo de suelo	Intervalo de k (cm/seg)
Gravas limpias	100 a 1
Arenas limpias	1 a 10^{-2}
Arenas muy finas, limos y mezclas de arena y limo	10^{-2} a 10^{-4}
Arcillas	10^{-4} a 10^{-8}

Las variables que afectan al coeficiente de permeabilidad de los suelos de manera más importante son: relación de vacíos, temperatura, estructura, estratificación y grado de saturación.

La variación de k con la relación de vacíos, e , de un suelo puede expresarse empíricamente como sigue:

$$k = k'(e - e_0)^2 \quad (5.3)$$

donde k' y e_0 son características del suelo. Para suelos no plásticos (arenas y gravas limpias) $e_0 = 0$, y para limos y arcillas e_0 varía entre 0.1 y 0.3.

La temperatura afecta la permeabilidad en forma indirecta porque modifica la viscosidad del agua. Ocurre que

$$\frac{k_{T_1}}{k_{T_2}} = \frac{\nu_{T_2}}{\nu_{T_1}} = \frac{\eta_{T_2}}{\eta_{T_1}} \quad (5.4)$$

donde:

- k_{T_1} , k_{T_2} coeficientes de permeabilidad de un suelo a las temperaturas T_1 y T_2
- T_1 , T_2 dos temperaturas arbitrarias
- ν_{T_1} , ν_{T_2} viscosidades cinemáticas del agua a las temperaturas T_1 y T_2 $[L^2/T]$
- η_{T_1} , η_{T_2} viscosidades absolutas del agua a las temperaturas indicadas ($\eta = \nu \gamma_w / g$)

La tabla 5.2 proporciona la relación entre la viscosidad cinemática del agua y la temperatura en el intervalo 5.- 50° C.

Tabla 5.2. Viscosidad del agua en función de la temperatura

Temperatura, en °C	Viscosidad cinemática (10^{-4} cm ² /seg)
5	1.52
10	1.31
20	1.01
30	0.80
40	0.65
50	0.56

La influencia del perfil geológico en la permeabilidad de las formaciones naturales se discute en la sección 5.3, y los efectos de la estructura y del grado de saturación de los suelos plásticos en su permeabilidad se analizan en el cap 9.

5.1.3 Ecuación de Laplace. Si se supone que ni el agua ni el suelo se deforman volumétricamente y que este se encuentra totalmente saturado, entonces el caudal de agua que entra a cualquier elemento de suelo de un dominio de flujo es idéntico al caudal que sale de él, lo que puede expresarse mediante la ecuación de continuidad:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0$$

donde v_x , v_y , v_z son las velocidades de descarga en tres direcciones x , y , z , mutuamente ortogonales.

Introduciendo en la anterior la ec 5.2 (ley de Darcy) se llega a la condición hidrodinámica que gobierna el flujo establecido* del agua en suelos (ecuación de Laplace):

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0 \quad (5.5a)$$

donde $h = y + p/\gamma_w$ es la carga hidráulica (fig 5.1).

En la mayoría de los casos que aquí se tratarán, las condiciones de flujo pueden considerarse aproximadamente bidimensionales y, por tanto, la ecuación de Laplace se reduce a

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0 \quad (5.5b)$$

La solución de la ecuación diferencial 5.5a con las condiciones de frontera apropiadas da la variación de la carga hidráulica, y por tanto la dirección del escurrimiento en todo punto de la

* Se dice que hay flujo establecido cuando sus características no varían con el tiempo.



tera de este tipo. En ella, como en la línea superior de flujo, la carga hidráulica es igual a la de posición, esto es, se cumple la ec 5.7.

Sin embargo, FG no es línea de flujo, aunque tampoco es equipotencial*; es simplemente una cara de descarga libre.

En forma análoga a lo que ocurre con la línea superior de flujo, la ec 5.7 obliga a que todo par de equipotenciales corten la línea de descarga libre en puntos con diferencia de elevación igual a la diferencia de carga hidráulica de dichas equipotenciales. En el caso de la línea de descarga libre, es obvio que tales intersecciones no ocurrirán perpendicularmente, pues se ha demostrado que la línea de descarga libre no es línea de flujo.

Atendiendo a las condiciones de frontera, los problemas de flujo de agua en suelos pueden clasificarse en dos categorías: 1) los de *flujo confinado*, en que todas las fronteras del dominio de flujo son conocidas de antemano, en cuyo caso las fronteras son de los tipos *a* y *b* descritos; 2) los de *flujo no confinado*, en que para tener completamente especificadas las condiciones de frontera es necesario definir previamente una de las dos fronteras desconocidas (las de los tipos *c* y *d*, esto es, la línea superior de flujo y la de descarga libre). La fig 5.2 muestra un caso de flujo confinado, y la fig 5.3 uno de flujo no confinado.

En la mayoría de los casos de interés práctico, la solución analítica de la ec 5.5 es imposible. Otros procedimientos para tal solución son el método gráfico, el de modelos físicos, los de analogía eléctrica y diversos métodos numéricos. El procedimiento más adecuado y el grado de su refinamiento dependerán en cada caso del fin que se persigue; cuando solo interesa la estimación del gasto, generalmente basta una solución burda de la ec 5.5 por el procedimiento más expedito (casi siempre el método gráfico); pero cuando se pretende la determinación de presiones de poro o gradientes hidráulicos en ciertas zonas críticas, es necesario un mayor refinamiento, cualquiera que sea el método de solución empleado. En algunos de estos últimos casos, la aplicación de métodos numéricos con técnicas de Monte Carlo puede resultar ventajosa (cap 6).

* Por la ec 5.7 es evidente que FG no es una equipotencial. Se puede demostrar que tampoco es línea de corriente. Se puede demostrar que tampoco es línea de corriente, como sigue: por las propiedades idénticas de las líneas de flujo y de las fronteras impermeables, pueden sustituirse las líneas de corriente EF y JG por fronteras impermeables sin que se alteren las condiciones de flujo entre ellas; si FG fuera línea de flujo, los componentes de v normales a ella serían nulos y el gasto a través del tubo de flujo definido por EF y JG también se anularía, lo que es imposible siendo permeable el suelo comprendido en dicho tubo. El mismo razonamiento sirve para demostrar que dos líneas de corriente jamás se cortan.

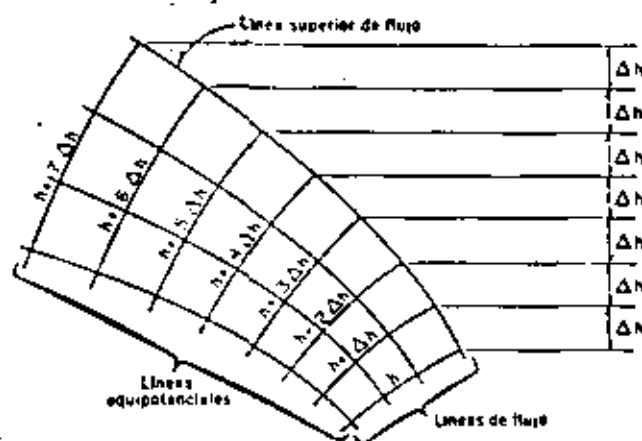


Fig 5.4 Condición de intersección de las equipotenciales con la línea superior de flujo

En este capítulo, además de señalar la solución de los principales problemas de flujo en presas, se discutirá con cierto detalle el método gráfico, tanto por ser este el más extensamente usado, como por sus cualidades didácticas. Otros métodos y soluciones menos generales se presentan en el cap 8, y varios más pueden consultarse en los libros de Polubarinova-Kochina (1962) y Harr (1962).

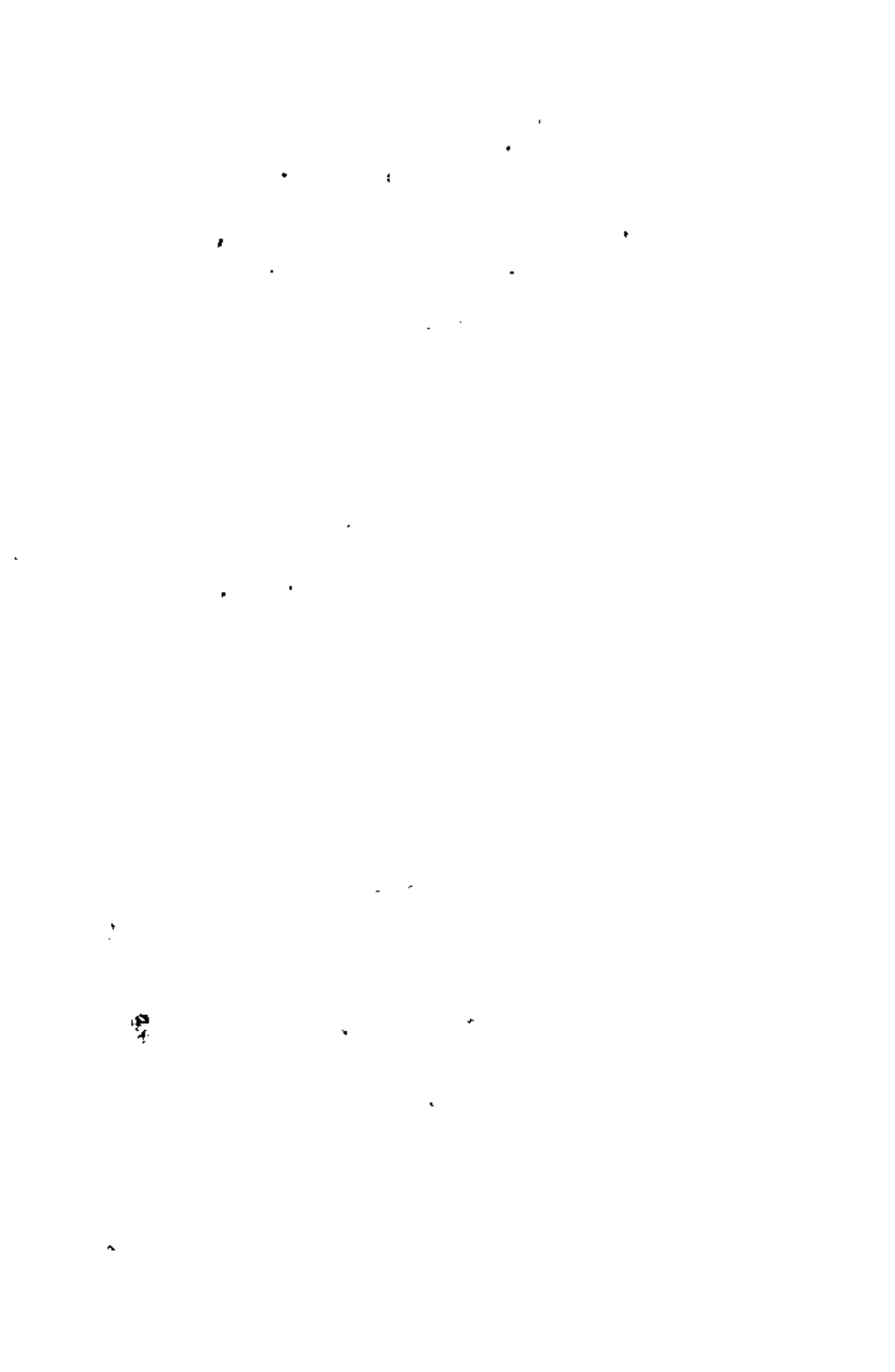
5.2 FLUJO BIDIMENSIONAL

5.2.1 Red de flujo. El método gráfico es aplicable a la solución de la ec 5.5 para flujo bidimensional y en ciertos casos de flujo tridimensional con simetría axial. Desde el punto de vista pedagógico, dicho método tiene sobre los demás la ventaja de desarrollar, en quien lo utiliza sistemáticamente, una clara concepción física de las características generales del flujo de agua en suelos y de sus detalles más significativos.

En el inciso 5.1.3 se mencionó que la solución de la ec 5.5b en un dominio de flujo homogéneo e isótropo está representada geoméricamente por lo que se llama red de flujo, formada por infinidad de curvas pertenecientes a dos familias de líneas mutuamente ortogonales: las de flujo o corriente y las equipotenciales.

De la infinidad de equipotenciales y líneas de corriente, tómesese cierto número de curvas de cada familia, de modo que entre cada par de líneas de flujo adyacentes el gasto sea el mismo, Δq , y entre dos equipotenciales vecinas cualesquiera la caída de carga hidráulica sea idéntica, Δh .

De ese modo se obtiene una red formada por $n_f = q/\Delta q$ canales de flujo y $n_e = h/\Delta h$ caídas de potencial, en que q es el gasto total a través de la zona de flujo y h es la diferencia de carga hidráulica entre las equipotenciales extremas. Considérese un rectángulo cualquiera de la red de flujo resultante (fig 5.6). Por la ley de Darcy,



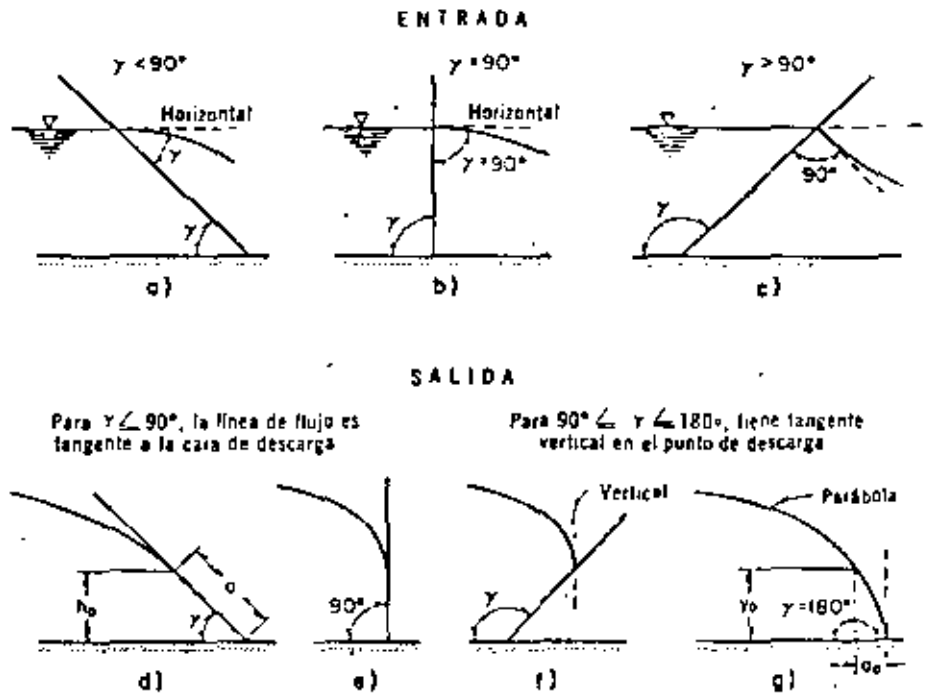


Fig. 5.5 Condiciones de entrada y de salida de la línea superior de flujo (tomada de Casagrande, 1925-1940)

el gasto que pasa a través de él es*

$$\Delta q = k \frac{\Delta h}{b} a \times 1 = k \frac{a}{b} \frac{h}{n_c}$$

de donde

$$q = n_f \Delta q = kh \frac{n_f}{n_c} \frac{a}{b} \quad (5.8a)$$

En vista de que q , k , h y n_f/n_c son constantes para un problema dado, la relación de lados a/b debe ser la misma para todos los rectángulos de la red. Este es uno de los principios básicos para el trazado de redes de flujo. En caso de que se elija $a/b = 1$, todos los elementos de la red serán "cuadrados",** como en las figs 5.2 a 5.4, y la ecuación para el gasto por unidad de espesor de la zona de flujo será

* Se considera que el espesor del tubo de flujo en la dirección perpendicular al plano de la figura es unitario.

** Subdividiendo un número de veces suficiente cada elemento de la red de flujo, mediante líneas que definan tubos de flujo de igual gasto y equipotenciales de igual caída de carga, se debe obtener al fin elementos rigurosamente cuadrados, excepto en ciertos puntos singulares aislados. En torno a dichos puntos aparecen en la red de flujo cuadrados singulares (con más o menos de cuatro lados, como en el punto C de la fig 5.2; con lados que no se intersecan perpendicularmente, como en el punto B de la fig 5.3; o bien con lados cuya intersección está a distancias infinitas, como en los cuadrados singulares de la extrema derecha y de la extrema izquierda en la red de flujo de la fig 5.2). El único procedimiento válido para investigar si un cuadrado singular está o no correctamente trazado consiste en subdividirlo; si cada subdivisión da lugar a tres cuadrados regulares y un cuadrado singular geoméricamente semejante al original, este es correcto.

$$q = kh \frac{n_f}{n_c} \quad (5.8b)$$

El coeficiente n_f/n_c se llama factor de forma de la red de flujo y fija la relación de lados a/b ; su valor es independiente del número de canales de flujo o de caídas de potencial usados.

Por otra parte, se puede demostrar que la ec 5.5 tiene solución única, es decir, que si en un problema dado se logran trazar dos familias de curvas mutuamente ortogonales cuyas intersecciones definan cuadrados y satisfagan las condiciones de frontera, dichas familias son la respuesta de la ecuación de Laplace 5.5 para el problema dado. Esto constituye la justificación del método gráfico para la solución de problemas de flujo de agua en suelos.

5.2.2 Línea superior de flujo en presas homogéneas. Fórmula de Dupuit. En 1863 Dupuit propuso para la solución de problemas de flujo no confinado las siguientes dos hipótesis de trabajo: a) que el gradiente es constante en toda sección vertical; b) que en cada sección vertical, el gradiente es igual a la pendiente de la línea superior de flujo. Aplicando estas hipótesis a la presa cuya sección se muestra en la fig 5.7, se obtiene, por la ley de Darcy

$$q = -ky \frac{dy}{dx}$$

e integrando

$$qx = -k \frac{y^2}{2} + C$$



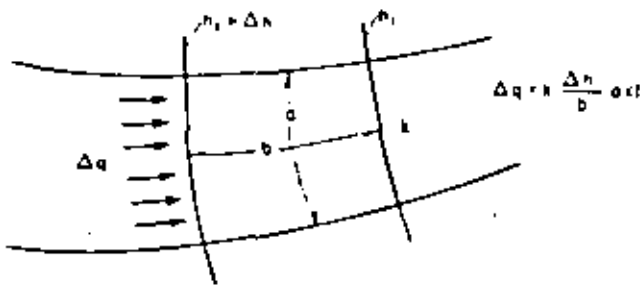


Fig. 5.6 Análisis del gasto a través de un elemento cualquiera de una red de flujo

Introduciendo en la ecuación anterior las condiciones de frontera (para $x = 0, y = h_1$; para $x = d_0, y = h_2$), se obtiene para el gasto la fórmula de Dupuit

$$q = k \frac{h_1^2 - h_2^2}{2d_0} \quad (5.9a)$$

y para la línea superior de flujo la ecuación

$$y^2 - h_1^2 = \frac{h_2^2 - h_1^2}{d_0} x \quad (5.10)$$

que define la llamada parábola de Dupuit (fig 5.7). Es obvio que la ec 5.10 no representa correctamente la línea superior de flujo, pues no cumple las condiciones de entrada ni de salida de la fig 5.5; más aún, para $h_2 = 0$ la parábola de Dupuit interseca la línea de flujo representada por la frontera impermeable AB. A pesar de estas desviaciones y, en general, de las hipótesis simplificadas de Dupuit, se sabe que: a) para presas con taludes verticales, la fórmula de Dupuit es una expresión rigurosa del gasto (Hantush, 1962); b) para presas con taludes cualesquiera, la misma fórmula da valores del gasto suficientemente aproximados para fines prácticos. Empíricamente se sabe que en este último caso se obtiene una mejor aproximación si d_0 se sustituye por d en la fórmula de Dupuit (fig 5.7), esto es, si se hace

$$q = k \frac{h_1^2 - h_2^2}{2d} \quad (5.9b)$$

Fórmula de Schaffernak-van Iterson. En la fig 5.7 puede verse que la mayor desviación entre la línea superior de flujo y la parábola de Dupuit se debe a que no se satisfacen las condiciones de entrada y de salida. En vista de esto, Schaffernak y van Iterson propusieron en 1916, independientemente, determinar la posición de la línea superior de flujo y mantener las dos hipótesis de Dupuit, pero imponiendo la condición de salida correcta (fig 5.5), como se indica en la fig 5.8a para el caso de tirante nulo aguas abajo de la presa. Así, se obtiene que la línea superior de flujo es la parábola CD' (fig 5.8a), y que la longitud de la cara de descarga libre es

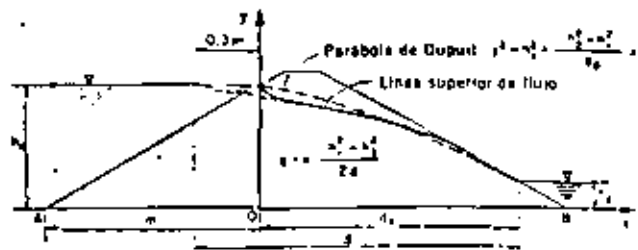


Fig 5.7 Cálculo del gasto según la fórmula de Dupuit

$$a' = \frac{d_0}{\cos \alpha} - \sqrt{\frac{d_0^2}{\cos^2 \alpha} - \frac{h^2}{\text{sen}^2 \alpha}} \quad (5.11)$$

A. Casagrande (1925-1940) sugiere que, a fin de satisfacer la condición de entrada (fig 5.5), el punto de arranque de la parábola se tome en C y no en C', corrigiendo después localmente la parábola a la entrada, como se muestra en la fig 5.8a. Como en el caso de la fórmula de Dupuit, en la que resulta de las hipótesis de Schaffernak-van Iterson debe entonces sustituirse d_0 por d , de modo que, finalmente

$$a = \frac{d}{\cos \alpha} - \sqrt{\frac{d^2}{\cos^2 \alpha} - \frac{h^2}{\text{sen}^2 \alpha}} \quad (5.12)$$

y

$$q = ky \frac{dy}{dx} = ka \text{ sen } \alpha \tan \alpha \quad (5.13)$$

La ec 5.12 se puede resolver en forma gráfica como se indica en la fig 5.8b y, junto con la ec 5.13, es aproximadamente válida para $0 < \alpha \leq 30^\circ$.

Fórmula de L. Casagrande. Cuando el talud de aguas abajo de la presa es relativamente inclinado ($\alpha > 30^\circ$), la segunda hipótesis de Dupuit ($i = dy/dx$) origina una notable sobrestimación del gradiente medio en una sección vertical. Y por tanto la solución de Schaffernak-van Iterson es poco aproximada. Mejores resultados se obtienen usando la hipótesis $i = dy/ds$, sugerida por L. Casagrande (1932 y 1933), en que s se mide a lo largo de la línea superior de flujo. En este caso, y tomando el punto C (fig 5.8a) como partida de la parábola, se obtiene

$$a = s_0 - \sqrt{s_0^2 - h^2/\text{sen}^2 \alpha} \quad (5.14)$$

$$q = ka \text{ sen}^2 \alpha \quad (5.15)$$

donde s_0 es la longitud de la parábola CD, mínima de la cara de descarga libre DB.

Para todo $\alpha < 60^\circ$, s_0 puede aproximarse en la ec 5.14 por

$$s_0 = \sqrt{h^2 + d^2}$$



en cuyo caso la ecuación puede resolverse por el procedimiento gráfico indicado en la fig 5.8c.

La solución de L. Casagrande para el cálculo de a es suficientemente aproximada para fines prácticos en el intervalo $0 < a \leq 60^\circ$.

Fórmula de Kozeny para $\alpha = 180^\circ$. Para el caso de una cara horizontal de descarga (fig 5.9a) existe una solución rigurosa de la ecuación de Laplace 5.5b, dada por Kozeny en 1931. En este caso, las líneas de flujo y las equipotenciales son parábolas con foco común en el punto O (fig 5.9a). Excepto la corrección a la entrada, la ecuación de la línea superior de flujo es

$$x = \frac{y^2 - y_0^2}{2y_0} \quad (5.16)$$

donde

$$y_0 = 2a_0 = \sqrt{d^2 + h^2} - d \quad (5.17)$$

Los puntos D y E determinados por la ec 5.17

pueden hallarse por el procedimiento gráfico que se indica en la fig 5.9b.

En este caso, el gasto por unidad de longitud resulta, rigurosamente

$$q = ky_0 \left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=0} = ky_0 = 2ka_0 \quad (5.18)$$

Solución de A. Casagrande para $60^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$. En vista de las ventajas de las secciones de materiales graduados, y de los efectos benéficos de los filtros al pie del talud aguas abajo en cortinas homogéneas, las caras de descarga con $\alpha > 60^\circ$ son muy comunes en presas de tierra. Para la determinación del punto de descarga de la línea superior de flujo, A. Casagrande (1925-1940) usó un ingenioso procedimiento, comparando los resultados de soluciones gráficas obtenidas por tanteos y verificadas en modelos físicos, con la posición de la parábola definida por las ecs 5.16 y 5.17 (parábola de Kozeny).

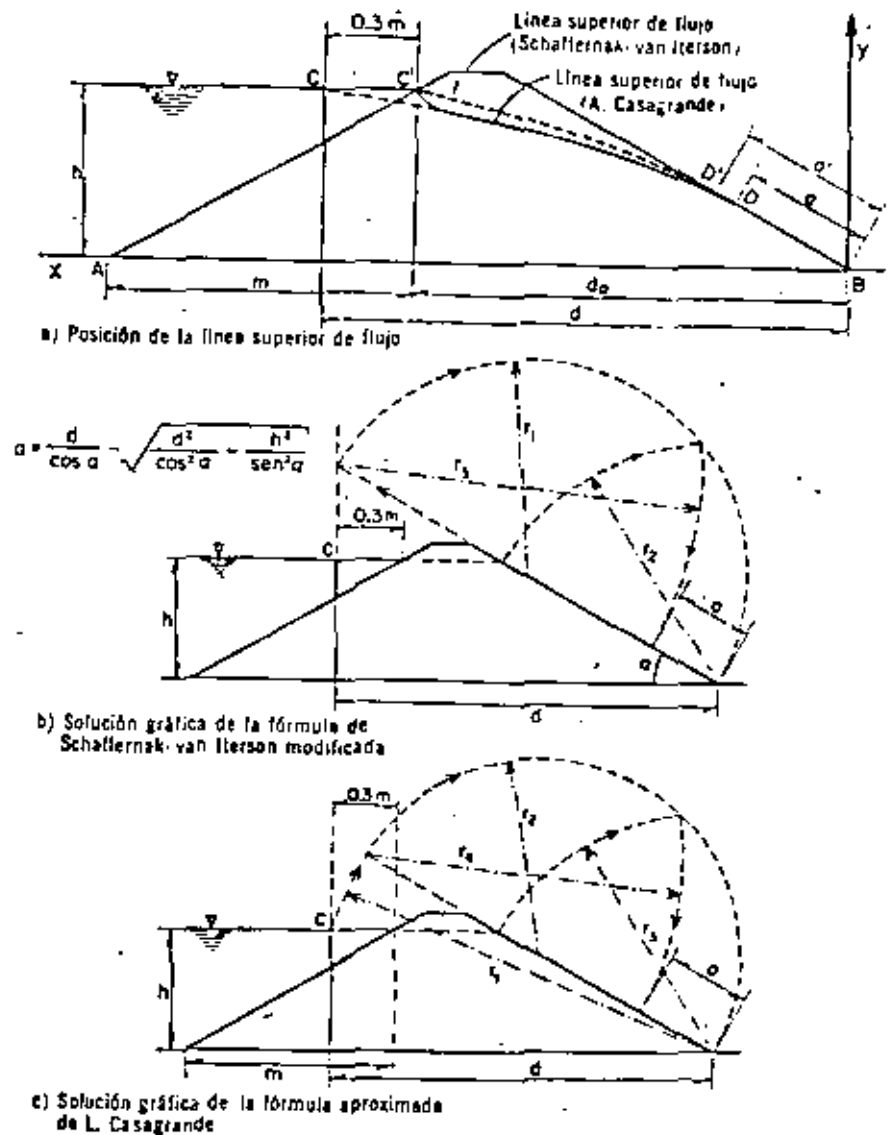
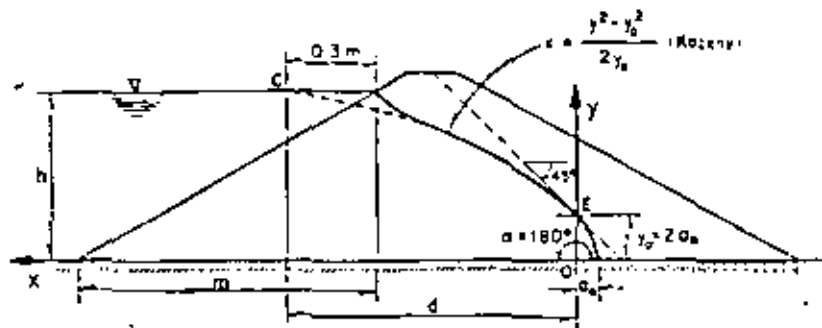
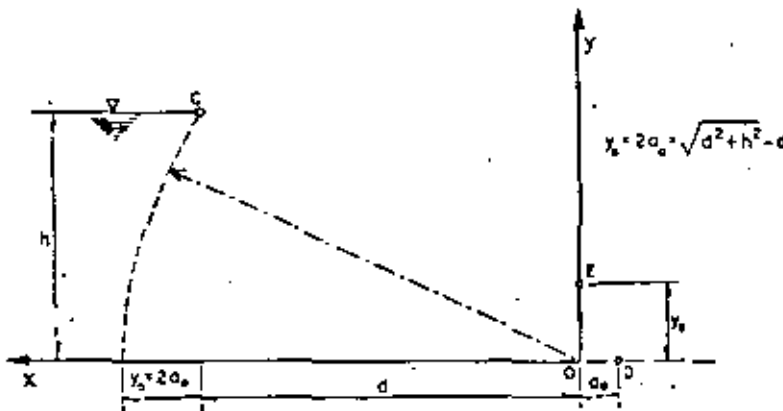


Fig 5.8 Solución de Schaffernak-van Iterson modificada por A. Casagrande





a) Posición de la línea superior de flujo



b) Determinación gráfica de los puntos D y E

Fig 5.9 Solución de Kozeny para $\alpha = 180^\circ$

Dicha comparación muestra que la intersección de la parábola de Kozeny con la cara de descarga está sistemáticamente a cierta distancia Δa arriba del punto de descarga correcto de la línea superior de flujo. Naturalmente, la relación

$$c = \frac{\Delta a}{a + \Delta a} \quad (\text{fig 5.10})$$

decrece gradualmente al aumentar α , hasta anularse cuando $\alpha = 180^\circ$, caso en el que la parábola de Kozeny representa rigurosamente a la línea superior de flujo.

En la fig 5.10 se da la relación entre a y c hallada por el procedimiento indicado. La distancia $a + \Delta a$ está definida por el punto de intersección de la parábola básica y el talud de descarga. Esta intersección, a su vez, puede hallarse en forma gráfica mediante la construcción de la fig 5.11a, sugerida por Zaldastani* (Casagrande, 1963).

Se ha visto que es conveniente hacer el trazado de la línea superior de flujo para cualquier valor de α a partir de una parábola básica, definida en todo caso por dos puntos conocidos sobre ella

* Se puede demostrar que este procedimiento es válido para cualquier valor de α y que la bisectriz QT no solo define la intersección de la parábola de Kozeny con el talud, sino además es tangente a dicha parábola en D . Por tanto, este punto y el C de coordenadas $(-d, h)$ pueden usarse para trazar, por el procedimiento indicado en la fig 5.11b, la parábola de Kozeny que sirve de base en todos los casos para determinar la línea superior de flujo.

y por la dirección de la tangente en uno de ellos (los puntos son el C , de coordenadas $[-d, h]$ y el de salida en el talud de aguas abajo, y la tangente es la correspondiente a este último). Para dichas condiciones, el procedimiento gráfico de la fig 5.11b es de la mayor utilidad en la localización de puntos sobre la parábola. Trazada esta, la línea superior de flujo se define: a) para $\alpha \leq 60^\circ$ o para $\alpha = 180^\circ$, corrigiendo la porción superior de la parábola básica a fin de cumplir la condición de entrada pertinente de la fig 5.5; b) para $60^\circ < \alpha < 180^\circ$, corrigiendo, además de la condición de entrada como en el caso anterior, el punto de salida, localizado a una distancia Δa debajo de la intersección del talud con la parábola de Kozeny, y la condición de descarga correspondiente de la fig 5.5.

Casos con tirante aguas abajo. Para la determinación del punto de salida de la línea superior de flujo en los casos en que al pie del talud de aguas abajo hay un tirante de agua, el procedimiento más conveniente consiste en dividir la zona de flujo en dos porciones, I y II, como se muestra en la fig 5.12, y determinar la distancia a , como si la porción I fuese una presa con frontera impermeable en AB . La justificación de este procedimiento radica en la equivalencia entre fronteras impermeables y líneas de flujo, y en el hecho de que en la porción II el flujo es prácticamente horizontal.



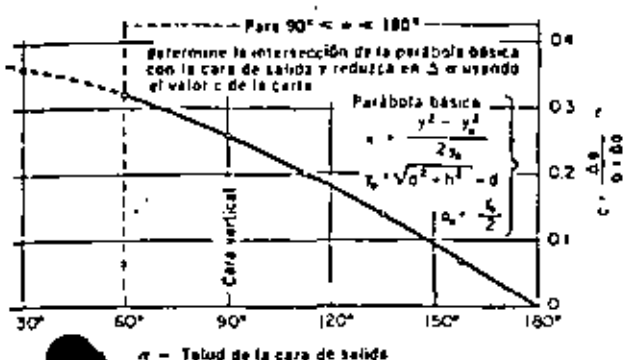
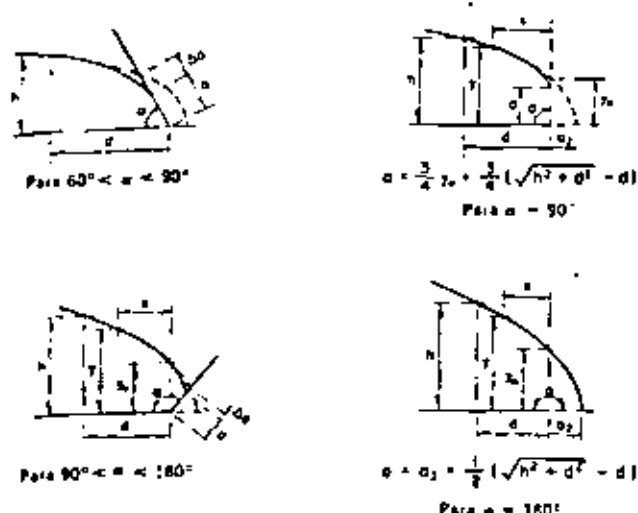


Fig 5.10 Método de A. Casagrande para la determinación del punto de descarga de la línea superior de flujo para $60^\circ \leq \alpha < 180^\circ$

El gasto en este caso puede calcularse por la fórmula de Dupuit para la presa completa

$$q = k \frac{h_1^2 - h_2^2}{2d} \quad (5.19)$$

o bien como la suma de q_I y q_{II} , el primero calculado mediante la fórmula de Dupuit para tirante nulo aguas abajo y el segundo suponiendo que en II ocurre flujo horizontal confinado en una porción de suelo de longitud efectiva, d , como sigue

$$q_I = k \frac{h^2}{2d} = k \frac{(h_1 - h_2)^2}{2d} \quad (5.20)$$

$$q_{II} = k \frac{h_1 - h_2}{d} h_2$$

Se puede demostrar inmediatamente que los valores dados por la ec 5.19 o por la suma de las 20 son idénticos.

5.2.3 Flujo en cimentaciones estratificadas y en presas de sección compuesta. La solución de pro-

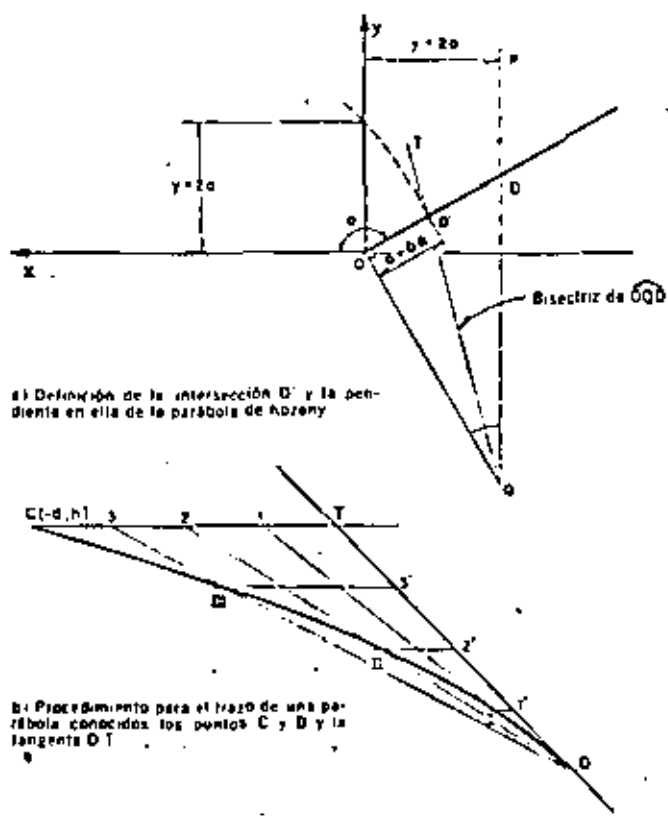


Fig 5.11 Trazo de la parábola básica

blemas prácticos de flujo de agua a través de presas de tierra y de sus cimentaciones generalmente incluye la consideración de medios que se separan en distinto grado de la homogeneidad y la isotropía. Como ejemplos ilustrativos de esta aseveración se pueden señalar

- a) las cimentaciones constituidas por dos o más estratos claramente diferenciados, de distinta permeabilidad
- b) las cimentaciones en formaciones sedimentarias o metamórficas finamente interestratificadas
- c) las cortinas de sección compuesta (esto es, prácticamente todas las construidas aplicando criterios modernos)
- d) las porciones homogéneas de terraplenes compactados, los cuales, a causa de la compactación en capas, adquieren cierta estra-



Fig 5.12 Determinación del punto de salida de la línea superior de flujo en una sección homogénea con tirante aguas abajo



tificación debida a las superficies de contacto entre capas sucesivas o a variaciones en las propiedades medias de los suelos de una a otra

- e) toda cimentación en formaciones de perfil irregular, que representan el caso extremo de heterogeneidad y anisotropía.

A pesar de esa complejidad implícita en los problemas prácticos, puede demostrarse que, independientemente del grado de heterogeneidad o anisotropía de las formaciones involucradas, estas son convertibles (con más o menos aproximación, según el caso) en medios homogéneos e isotrópicos a los cuales es aplicable la teoría presentada anteriormente. A continuación se discuten los métodos pertinentes en el tratamiento de cada caso típico.

Flujo en suelos finamente estratificados. Este caso incluye las formaciones naturales constituidas por gran número de pequeños estratos con diversas permeabilidades y los suelos cohesivos compactados. En estos últimos, la estratificación es generalmente horizontal; en aquellas, puede tener cualquier dirección.

Es posible demostrar que, en un suelo como el de la fig 5.13a, la variación de la permeabilidad con la dirección del flujo sigue la ley elíptica

$$\frac{1}{k_{\sigma}} = \frac{\cos^2 \sigma}{k_{máx}} + \frac{\sin^2 \sigma}{k_{mín}}$$

representada en la fig 5.13b, siendo la máxima permeabilidad

$$k_{máx} = \frac{\sum_{i=1}^n k_i d_i}{\sum_{i=1}^n d_i} \quad (5.21a)$$

en la dirección de la estratificación, y la mínima

$$k_{mín} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n d_i/k_i} \quad (5.21b)$$

en la dirección perpendicular.

De geometría se sabe que una transformación lineal apropiada de las coordenadas permite convertir una elipse en un círculo. Así, si en la fig 5.13a se hace la transformación $x' = x \sqrt{k_{mín}/k_{máx}}$ o $y' = y \sqrt{k_{máx}/k_{mín}}$, la elipse de la fig 5.13b se transforma en un círculo, esto es, el suelo anisotrópico de la fig 5.13a se convierte en un suelo homogéneo e isotrópico hidráulicamente equivalente, al cual es aplicable la teoría de flujo pre-

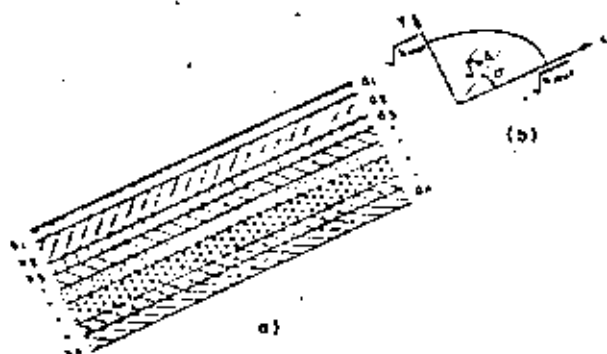


Fig 5.13 Suelo finamente estratificado

sentada antes. Puede demostrarse (Vreedenburg, 1936) que el suelo isotrópico equivalente tiene una permeabilidad

$$k = \sqrt{k_{máx} k_{mín}}$$

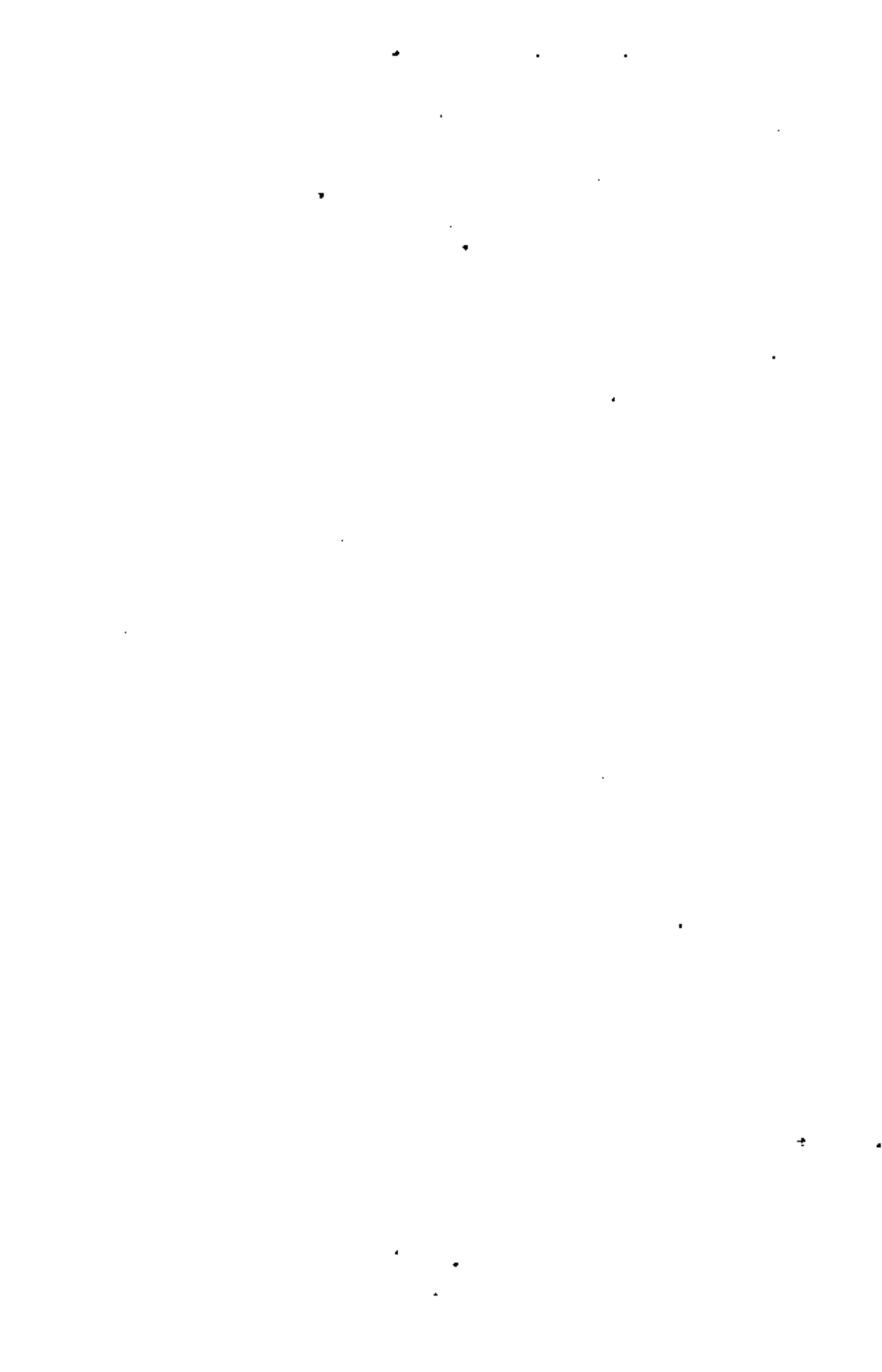
En consecuencia, la solución gráfica de la ecuación de Laplace en suelos anisotrópicos* puede obtenerse de la misma manera que en materiales homogéneos e isotrópicos, haciendo una transformación previa del dominio de flujo. El dominio transformado se obtiene dividiendo por $\sqrt{k_{máx}/k_{mín}}$ las dimensiones en la dirección de $k_{máx}$ o multiplicando por el mismo valor las dimensiones en la dirección de $k_{mín}$. Después de trazar la red de flujo y calcular el gasto en la sección transformada, la antitransformación conduce a las familias de líneas de flujo y equipotenciales correspondientes a la sección anisotrópica original,** en la cual pueden calcularse gradientes, fuerzas de filtración y presiones.

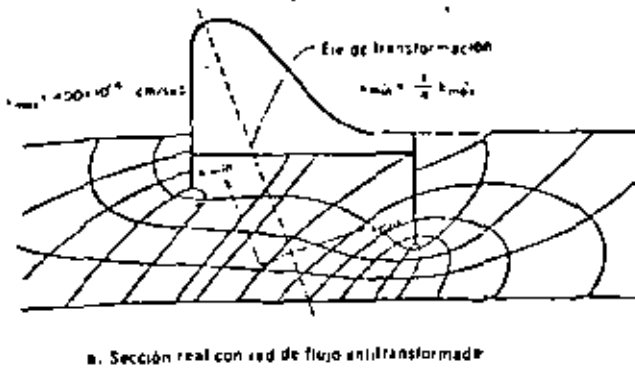
En la fig 5.14 se ilustra el anterior procedimiento de transformación-solución-antitransformación para un dominio de flujo homogéneo. Cuando la zona sometida a filtración consta de dos o más porciones con permeabilidades diferentes, pero con relación $k_{máx}/k_{mín}$ igual y con elipses de permeabilidad de la misma orientación, la sección transformada resulta estratificada, con estratos homogéneos e isotrópicos, y su tratamiento se discute a continuación. Para casos de estratificación con relaciones $k_{máx}/k_{mín}$ diferentes o con elipses de permeabilidad de orientación diversa, también existen métodos aproximados de solución (Stevens, 1936; Barron, 1948; Polubarinova-Kochina, 1962; Harr, 1962).

Flujo en regiones compuestas. En los casos en que el dominio de flujo consta de dos o más porciones de diferente permeabilidad, cada una constituida por suelo homogéneo e isotrópico, la

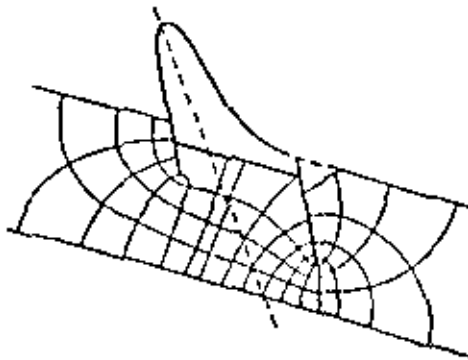
* Como se mostró anteriormente, la anisotropía es consecuencia de una estratificación fina.

** En esta, las líneas equipotenciales y las de flujo no son mutuamente ortogonales.





a. Sección real con red de flujo antitransformada



b. Sección transformada y red de flujo

Fig. 5.14 Ejemplo de transformación-antitransformación para suelo anisotrópico

red de flujo se distorsiona en las fronteras entre los diversos materiales. Si, por ejemplo, en la fig 5.15, a la izquierda de la frontera M-N se dibuja una red con relación de lados unitaria, la relación de lados a la derecha deberá ser (Casagrande, 1925-1940)

$$c/b = k_1/k_2 \quad (5.22a)$$

y los ángulos de incidencia y de refracción de las líneas de corriente han de ser tales que (fig 5.15)

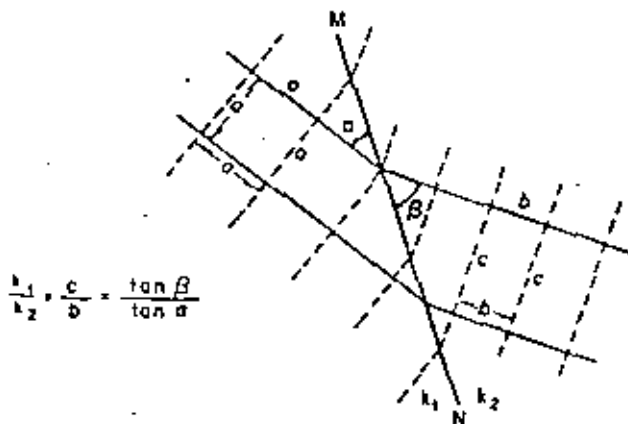


Fig. 5.15 Distorsión de la red de flujo al cruzar la frontera entre suelos de diferente permeabilidad

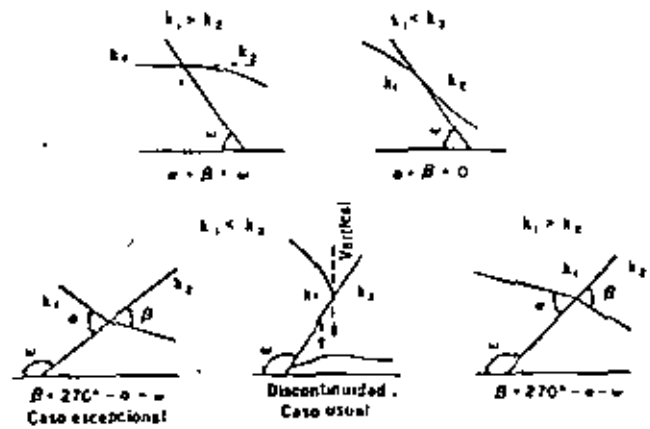


Fig. 5.16 Condiciones de transferencia de la línea superior de flujo en la frontera de suelos con permeabilidades diferentes

$$\tan \beta / \tan \alpha = k_1/k_2 \quad (5.22b)$$

La línea superior de flujo debe satisfacer, además de las ecs 5.22, la 5.7 a ambos lados de la frontera. Se puede demostrar que todas ellas imponen a la línea superior de flujo las condiciones de transferencia mostradas en la fig 5.16 (Casagrande, 1925-1940).

Satisfechas en las fronteras las condiciones de las figs 5.15 y 5.16, lo dicho en la sección 5.2.1 es válido para trazar la red de flujo en cada una de las zonas homogéneas e isotrópicas de que consta el dominio de flujo.

En los casos particulares en que a través de una de dichas zonas el flujo ocurre principalmente en dirección paralela a las fronteras (fig 5.17), pueden evitarse tanteos mediante el artificio de modificar las dimensiones de tal estrato para tener un dominio homogéneo cumpliendo con la condición de que el gasto a través del estrato modificado sea igual al correspondiente al estrato original, esto es (fig 5.17)

$$d_2 = \frac{k_2}{k_1} d_1$$

Una vez trazada la red de flujo en la cimentación homogénea de espesor $d = d_1 + d_2$ y permeabilidad k_1 , se hace la antitransformación del estrato inferior y de las líneas de flujo corres-

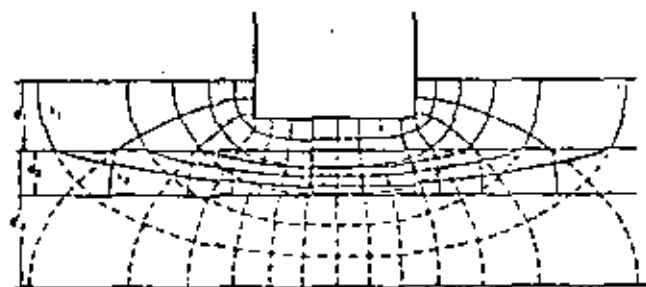


Fig. 5.17 Ejemplo de red de flujo en regiones compuestas.

ondientes, obligando a que estas satisfagan la ec 5.22b en la frontera, y se trazan nuevas equipotenciales perpendiculares a las líneas de corriente, en tal forma que se cumpla la ec 5.22a (fig 5.17).

Idealización de dominios de flujo completos. La forma y las condiciones de frontera de los dominios de flujo correspondientes a problemas de campo son generalmente mucho más complicadas que los esquemas que se han usado para ilustrar los problemas de las secciones anteriores. Por ejemplo, las fronteras, generalmente irregulares, y las variaciones de permeabilidad en las formaciones naturales, dan lugar a esquemas tanto más complejos cuanto más refinamiento se ejerce en la exploración geológica y en la estimación de los coeficientes de permeabilidad. Por tanto, cualquier representación de las características geológicas en un sitio es, por sí misma, una idealización más o menos burda de las condiciones naturales, pero para el análisis del flujo de agua todavía puede ser necesario, y justificable, hacer simplificaciones adicionales, a fin de que el problema pueda resolverse mediante una labor de sencillez (o de complejidad) razonable. Sin embargo, en la elección de las simplificaciones convenientes debe tenerse cuidado de no alterar sustancialmente los aspectos más significativos del problema.

Considérese, por ejemplo, el corte geológico de la fig 5.18, representativo de las condiciones medias bajo el dique que ahí se muestra. Interesa estimar el gasto a través de la cimentación y el máximo gradiente de salida aguas abajo del dique.

Dados los valores relativos de los coeficientes de permeabilidad, una primera simplificación aceptable consistiría en considerar que los materiales de permeabilidad k_1 y k_2 son prácticamente impermeables, y que el de permeabilidad k_3 es absolutamente permeable (esto es, que el flujo de agua a su través ocurre sin pérdida de carga).^{*} Para el cálculo del gasto a través de la cimentación, por otra parte, bastará considerar que la línea AA es una frontera impermeable y que el material entre ella y BB es anisotrópico con las permeabilidades k_{max} y k_{min} que resulten de las ecs 5.21 tomando espesores medios de los diversos estratos de permeabilidad individual k_2 y k_3 .

Por otra parte, para estimar el gradiente máximo de salida será preferible suponer que la frontera impermeable que limita por abajo al dominio de flujo es la CC, pues esto dará una estimación ligeramente del lado de la seguridad. En

* Cuando la relación entre los coeficientes de permeabilidad de los materiales próximos es mayor de 100, uno de ellos puede considerarse de permeabilidad infinita, o el otro prácticamente impermeable, según el aspecto de interés.

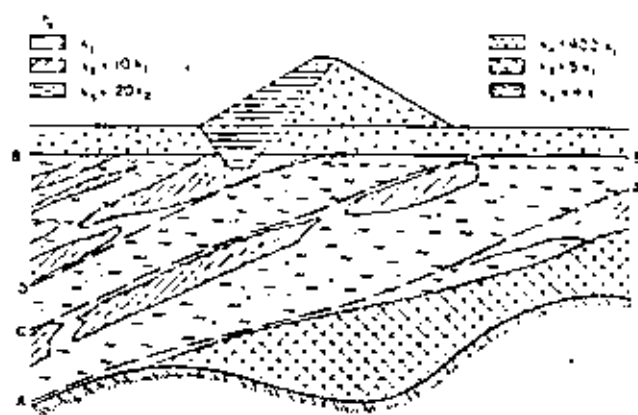


Fig 5.18 Simplificación de un perfil geológico para análisis del flujo de agua

cuanto al material arriba de CC, podría hacerse cualquiera de las dos siguientes hipótesis simplificadoras: a) que dicho material es anisotrópico, con permeabilidades dadas por las ecs 5.21, o bien, b) que entre CC y DD el suelo es homogéneo con permeabilidad k_1 , y que arriba de DD el material es anisotrópico y sus permeabilidades máxima y mínima son las que resultan de aplicar las ecuaciones mencionadas en la alternativa a.

Mediante un procedimiento análogo al anterior, es posible tratar, por el método gráfico, la mayoría de los problemas comunes en el diseño de presas, con resultados bastante aproximados.

5.3 FLUJO TRIDIMENSIONAL

En la sección anterior se ha discutido cómo, introduciendo ciertas idealizaciones en el dominio de flujo, es posible resolver mediante el método gráfico cualquier problema bidimensional de flujo.

El tratamiento de problemas prácticos (generalmente tridimensionales) mediante un análisis bidimensional como el que hasta aquí se ha discutido implica una importante idealización adicional, cuya aceptabilidad depende, por una parte, de la medida en que el problema particular tratado se desvía de las condiciones bidimensionales, lo que puede estimarse de manera más o menos inmediata a partir de la observación de las condiciones de frontera del dominio de flujo, y, por otra parte, de qué tan sensible es el resultado a pequeñas variaciones en la idealización, lo que debe investigarse, cuando existe duda, mediante tanteos. Los siguientes son dos casos de ocurrencia frecuente en presas en los que no es aceptable la idealización bidimensional y en que al menos el caudal de agua puede estimarse considerando el carácter tridimensional del flujo.

5.3.1 Flujo a través de una presa en un cañón estrecho de sección irregular. Para un dique de

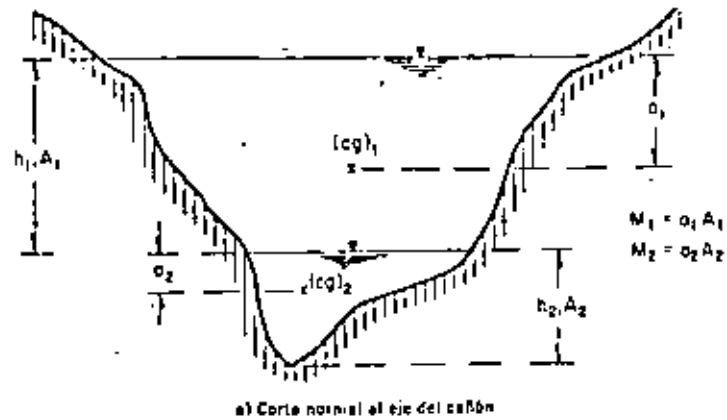
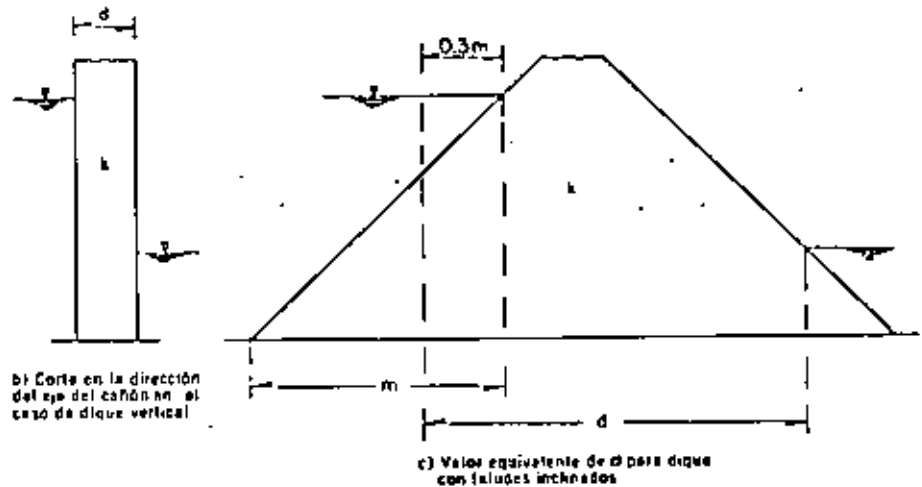


Fig. 5.19 Dique a través de un cañón estrecho irregular



paredes verticales que intercepta un cañón de sección constante cualquiera (figs 5.19a y b). A. Casagrande (1963) ha obtenido la siguiente expresión del gasto

$$q = \frac{k}{d} (M_1 - M_2) \quad (5.23)$$

donde:

- d espesor del dique
- k coeficiente de permeabilidad del material del dique
- M_1, M_2 momentos estáticos de la sección recta del embalse aguas arriba y aguas abajo del dique con respecto a la superficie libre correspondiente, respectivamente, como se indica en las figs 5.19a y b

La ec 5.23 es una forma más general de la fórmula de Dupuit (ec 5.9a) y, como aquella, también puede aplicarse con buena aproximación a los casos en que las paredes del dique no son verticales. Basta usar un valor equivalente de d , obtenido como se indica en la fig 5.19c.

5.3.2 Flujo a través de la zona alterada de los empotramientos. En presas sobre depósitos pro-

fundos de aluvión, es necesario recurrir, con frecuencia, a una pantalla vertical impermeable para interceptar el flujo de agua (cap 8). En estos casos es imposible sellar el contacto entre la pantalla y la roca sana, y, por tanto, una cantidad apreciable de agua puede fluir entre esta y la pantalla a través de la capa más superficial (generalmente agrietada o alterada y por lo mismo permeable) de las laderas del cauce (fig 5.20). Este problema también ha sido resuelto aproximadamente por A. Casagrande (1963) para un cauce de sección constante cualquiera (fig 5.20). El gasto resulta

$$Q = k (h_1 - h_2) \left[\Sigma S_L + \frac{1}{2} \Sigma S_s \right] f(B/T) \quad (5.24a)$$

donde:

- B espesor de la pantalla impermeable
- h_1, h_2 carga hidráulica aguas arriba y aguas abajo de la pantalla, respectivamente
- k permeabilidad de la roca alterada de los empotramientos
- T espesor de roca alterada
- ΣS_L longitud total del contacto pantalla-roca bajo la elevación h_2
- ΣS_s longitud total del contacto pantalla-roca



comprendido entre las elevaciones h_1 y h_2

$$f(B/T) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{\pi} L_n(5T/B) \quad \text{para } B \ll T \\ \frac{1}{\pi} L_n \frac{13 + (B/T)^2}{2.54(B/T)} \quad \text{para } B \leq T \\ \frac{1}{0.88 + B/T} \quad \text{para } B \gg T \end{array} \right\} \quad (5.24b)$$

El espesor T de la zona más permeable de la roca de las laderas generalmente es del orden de las decenas de metros, y puede estimarse a partir de la información proporcionada por las exploraciones geológicas del sitio. Obsérvese, en la ec 5.24b, que no es necesaria una estimación muy precisa de T , pues su influencia en el valor de $f(B/T)$ es moderada.

5.4 FUERZAS DE FILTRACIÓN

El flujo del agua a través de los poros del suelo ejerce sobre las partículas sólidas una fuerza llamada de filtración. Para cuantificarla, considérese un elemento de suelo de volumen $\Delta V = \Delta L \times \Delta B$ limitado por las líneas AB , CD , AC y BD , de las cuales las dos primeras son equipotenciales y las últimas son líneas de corriente (fig 5.21a). Haciendo abstracción de las otras fuerzas que actúan en el elemento, las de origen hidráulico son las indicadas en la propia figura. Su resultante es la fuerza de filtración, que tiene dirección perpendicular a las equipotenciales (dirección de máximo gradiente) y cuya magnitud es

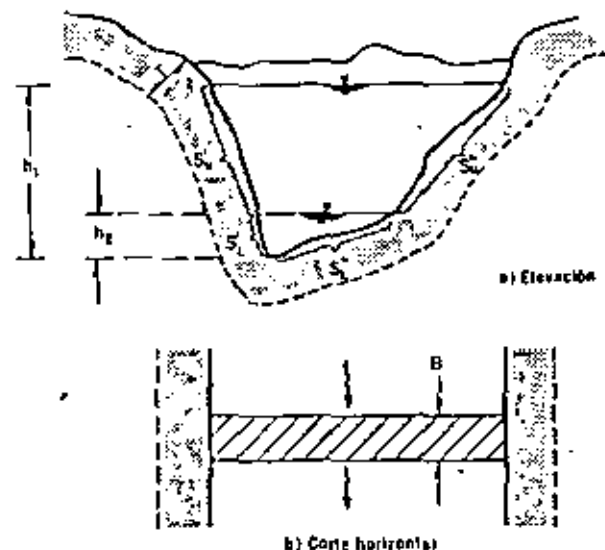


Fig 5.20 Flujo a través de la zona alterada de los empotramientos de una pantalla impermeable

$$J = (p_1 - p_2) \Delta B \quad (5.25)$$

Si ΔB y ΔL son pequeñas, por la ec 5.1 se tiene

$$p_1 - p_2 = \Delta h \gamma_w$$

en que Δh es la caída de carga entre las equipotenciales AB y CD .

Por tanto, la fuerza por unidad de volumen ejercida por el agua en la dirección del flujo es

$$j = \frac{J}{\Delta V} = \frac{\Delta h}{\Delta L} \gamma_w = i_m \gamma_w \quad (5.26)$$

en que i_m es el gradiente hidráulico máximo en el punto (gradiente hidráulico en la dirección normal a las equipotenciales).

Las fuerzas de filtración son, por tanto, fuerzas de masa o de volumen. Si cierta porción de suelo de volumen total V está sometida a un flujo uniforme (esto es, de gradiente i_m constante en toda la masa), la fuerza de filtración total es simplemente

$$J = i_m \gamma_w V$$

Si el gradiente en la masa infiltrada es una función de punto, la fuerza de filtración resultante es la suma vectorial de las fuerzas en todos los elementos de volumen, esto es

$$\vec{J} = \gamma_w \int_V \vec{i}_m dV$$

En los casos de zonas de flujo en que existe una superficie de salida horizontal, como en la fig 5.2, las fuerzas a que está sometido un elemento del esqueleto sólido del suelo superficial, como el $abcd$ de la fig 5.21b, son, hacia abajo

$$(\gamma_s - \gamma_w) V = \gamma' V$$

en que γ' es el peso volumétrico del suelo sumergido, y, hacia arriba

$$i_m \gamma_w V$$

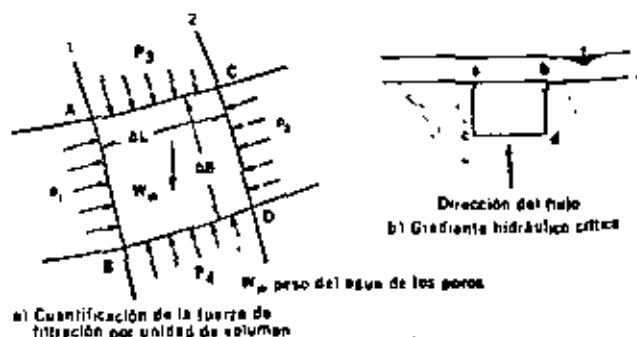


Fig 5.21 Fuerzas de filtración

Si en algún caso el gradiente hidráulico máximo i_m fuese suficientemente grande, la fuerza dirigida hacia arriba podría igualar o sobrepasar el valor del peso sumergido del material, lo que anularía los esfuerzos efectivos y por tanto la resistencia del suelo, si este es granular. Al valor de i_m estrictamente necesario para que eso ocurra, se le llama gradiente crítico y vale

$$i_c = \frac{\gamma'}{\gamma_s} = 1 \quad (5.27)$$

Cuando el gradiente hidráulico máximo en una superficie de salida horizontal, $(i_s)_m$, se aproxima al gradiente crítico, se tiene la condición de arenas movedizas, y la tubificación es inminente. Atendiendo a esto, una medida del factor de seguridad contra tubificación es

$$(FS)_{int} = \frac{i_c}{(i_s)_m} = \frac{1}{(i_s)_m} \quad (5.28)$$

del cual el valor mínimo aceptado generalmente es 5.

Puede demostrarse que la resultante de todas las fuerzas hidráulicas y gravitacionales en un elemento de suelo se obtiene de cualquiera de las dos siguientes maneras: a) como la combinación del peso sumergido del elemento y de la fuerza de filtración; b) como la combinación del peso total del elemento y de las presiones de poro hidrodinámicas en sus fronteras. La obtención de las presiones de poro hidrodinámicas se describe en la siguiente sección.

5.5 PRESIONES DE PORO E ISOBÁRICAS

Se indicó en 5.2.1 que la carga de velocidad del agua que fluye a través de los suelos es, en los casos de interés práctico, despreciable. Por tanto, la presión hidrodinámica en cualquier punto del suelo infiltrado resulta

$$p = (h - y) \gamma_w \quad (5.29)$$

donde:

- h carga total
- y carga de posición
- γ_w peso volumétrico del agua

De la ec 5.29 se desprende que:

a) La carga de presión p/γ_w , en un punto cualquiera del dominio de flujo es igual a la distancia vertical entre dicho punto y la elevación correspondiente a la carga hidráulica de la equipotencial que pasa por el punto

b) La diferencia de carga de presión entre puntos sobre una misma equipotencial es igual a la diferencia de elevación entre los puntos

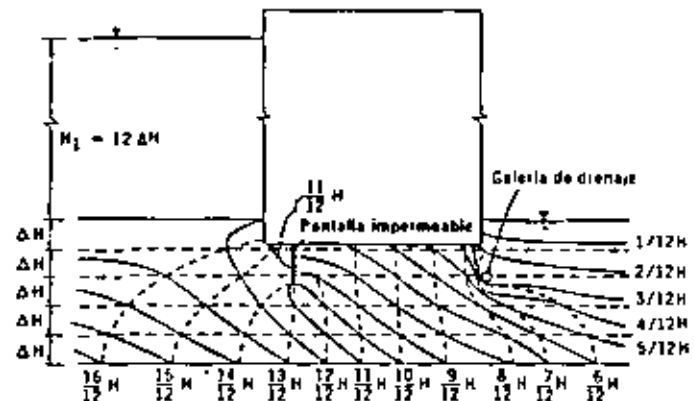


Fig 5.22 Obtención de las isobáricas a partir de las equipotenciales

c) La diferencia de carga de presión entre puntos sobre una misma horizontal es igual a la diferencia de carga hidráulica de las equipotenciales que pasan por dichos puntos

d) Las intersecciones de las curvas $h = h_1$ y $y = y_1$, $h = h_1 - \Delta h$ y $y = y_1 - \Delta h$, $h = h_1 - 2\Delta h$ y $y = y_1 - 2\Delta h$, $h = h_1 - 3\Delta h$ y $y = y_1 - 3\Delta h$, etcétera, son todas ellas puntos de la isobárica $p = (h_1 - y_1) \gamma_w$

Se concluye que, en un problema dado, las isobáricas pueden trazarse uniendo, como se muestra en la fig 5.22, las intersecciones de una familia de equipotenciales con caída de carga Δh y una familia de rectas horizontales equidistantes Δh .

5.6 FLUJO TRANSITORIO EN PRESAS

En la construcción y diseño de presas de tierra, los problemas más importantes de flujo transitorio son: a) la evolución, en las porciones compresibles poco permeables de la cortina y la cimentación, de las presiones de poro hidrodinámicas debidas a la construcción del propio terraplén; b) las presiones de poro hidrodinámicas (o las fuerzas de filtración) en la zona próxima al talud aguas arriba del terraplén cuando el nivel del embalse desciende con cierta rapidez.

5.6.1 Presiones de poro inducidas por la construcción. Este problema tiene importancia en la estimación del factor de seguridad de la presa durante la construcción cuando este se calcula en términos de esfuerzos efectivos. La solución teórica es posible por métodos numéricos (Stevens, 1936); sin embargo, en vista de que la influencia de pequeñas heterogeneidades de permeabilidad impredecibles es crítica en este caso, en la práctica aquellas presiones de poro transitorias debidas a la construcción, si se requieren, deben estimarse a partir de observaciones piezométricas en la obra.

5.6.2 Fuerzas y presiones de poro por vaciado rápido. Para el análisis de los efectos del vaciado

do rápido debe distinguirse entre a) materiales finos (limosos o arcillosos), en que los cambios de esfuerzos cortantes producidos por el vaciado inducen presiones de poro (positivas o negativas) y b) materiales granulares gruesos (arenas, gravas o enrocamientos), cuya permeabilidad relativamente alta impide que los cambios de esfuerzo cortante induzcan presiones de poro transitorias.

Considérese el caso general de una cortina zonificada como la que se muestra en forma esquemática en la fig 5.23. En ella, la zona 1 está constituida por material granular grueso y la 2 por un suelo limoso o arcilloso. Para el análisis de estabilidad se requiere calcular las fuerzas actuantes inmediatamente después del vaciado rápido en la masa potencialmente deslizante JKL (fig 5.23). El análisis por el método sueco requiere, específicamente, determinar los esfuerzos verticales en la base de las dovelas en que convenga dividir la masa deslizante. A fin de ilustrar el procedimiento para tomar en cuenta en dicha determinación las condiciones de flujo transitorio originadas por el vaciado rápido, considérense dos dovelas típicas: la $ABCD$, cuya base está contenida en suelo fino, y la $FGHI$, cuya base se localiza en material granular grueso, y supóngase vaciado total del embalse. Se discutirán por separado los casos correspondientes a tres diversos grados de permeabilidad de la cubierta granular exterior: permeabilidad baja ($k < 10^{-3}$ cm/seg); permeabilidad relativamente alta (10^{-3} cm/seg $< k < 10^{-1}$ cm/seg), y permeabilidad muy alta ($k > 10^{-1}$ cm/seg).

a) Si la cubierta es de material granular limpio de permeabilidad relativamente baja ($k < 10^{-3}$ cm/seg), el agua que llena los poros de la cubierta permanecerá en ellos, después del vaciado rápido, en la forma de agua capilar. Además, desaparecerá la presión del embalse en la parte superior de las dovelas. Por tanto, el esfuerzo vertical total en la base de la dovela $ABCD$ será, después del vaciado,

$$(f_v)_{ABCD} = h_2 \gamma_f + h_3 \gamma_w$$

y el incremento de esfuerzo vertical total en la base de la misma dovela es

$$(\Delta f_v)_{ABCD} = -h_1 \gamma_w$$

En la base de la dovela $FGHI$ se tiene

$$(f_v)_{FGHI} = h_5 \gamma_g$$

$$(\Delta f_v)_{FGHI} = -h_1 \gamma_w$$

En las ecuaciones anteriores, γ_f y γ_g son los pesos volumétricos saturados de los materiales del corazón impermeable y la cubierta exterior, respectivamente, γ_w es el peso volumétrico del agua y las literales h_1 a h_5 están acotadas en la fig 5.23.

b) Si la cubierta es de material relativamente permeable (10^{-3} cm/seg $< k < 10^{-1}$ cm/seg), el descenso rápido del embalse hace desaparecer la presión hidrostática en la parte superior de las dovelas y da lugar a un flujo descendente en la cubierta. Las fuerzas hidrodinámicas asociadas a dicho flujo se suman a las fuerzas gravitacionales actuantes; para calcularlas puede recurrirse al trazo de la red de flujo en la cubierta permeable, con condiciones de frontera tales que: a) la línea superior de flujo NP correspondiente a flujo establecido con embalse lleno se convierte en una línea de entrada libre con condición $h = y$; b) el talud MN tiene también condición $h = y$, pero la porción superior de él es de entrada libre y la inferior de salida libre (el punto divisorio entre ambas porciones debe establecerse por tanteos); c) el contacto PQ con el corazón es una frontera impermeable, lo mismo que la línea MQ de contacto con la cimentación (si

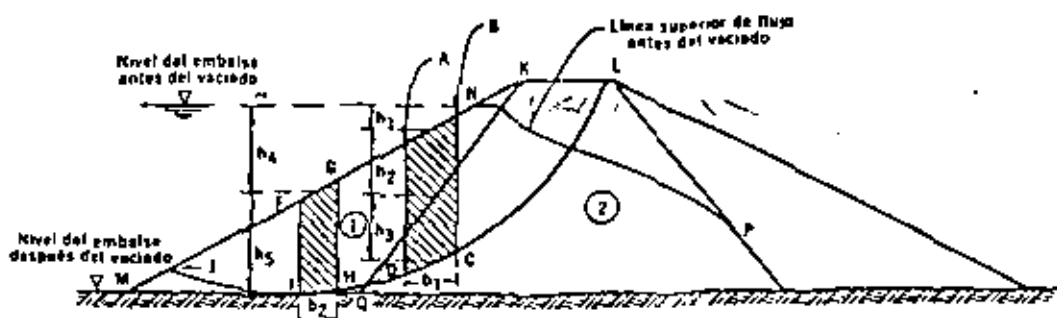


Fig 5.23 Análisis de los efectos del vaciado rápido



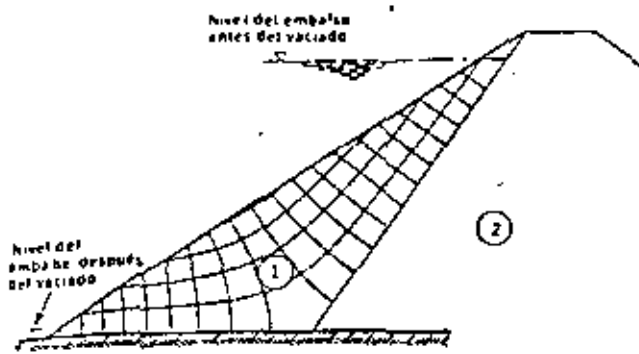


Fig. 5.24 Red de flujo para la cubierta granular de permeabilidad media

es que esta es de permeabilidad mucho menor que la cubierta). En la fig. 5.24 se muestra la red de flujo en la cubierta de la fig. 5.23, para vaciado rápido total.

El esfuerzo vertical total en la base de la dovela $ABCD$ sería, en este caso:

$$(f_v)_{ABCD} = h_2 \gamma'_E + \frac{(J_v)_{ABCD}}{b_1} + h_3 \gamma_w$$

y en la dovela $FGHI$:

$$(f_v)_{FGHI} = h_3 \gamma'_E + \frac{(J_v)_{FGHI}}{b_2}$$

en que γ'_E es el peso volumétrico sumergido del material de la cubierta granular y J_v es, en cada caso, el componente vertical de la fuerza total de filtración en la dovela correspondiente, calculado a partir de la red de flujo de la fig. 5.24, como se indicó en la sección 5.5. Por tanto, los incrementos de esfuerzo vertical inducidos por el vaciado rápido son

$$(\Delta f_v)_{ABCD} = \frac{(J_v)_{ABCD}}{b_1} - (h_1 + h_2) \gamma_w$$

$$(\Delta f_v)_{FGHI} = \frac{(J_v)_{FGHI}}{b_2} - (h_1 + h_3) \gamma_w$$

En este caso debería incluirse en el análisis de estabilidad, además, el componente horizontal J_H de la fuerza de filtración en la porción de cada dovela constituida por material de la cubierta.

c) Si la cubierta es de material muy permeable ($k > 10^{-1}$ cm/seg), el agua sale de sus poros con la misma rapidez de vaciado del embalse y

solo habrá cambio de fuerzas actuantes por desaparición de la capa de agua sobre cada dovela y por pasar la gravitación de la cubierta a la condición de peso seco. Por tanto, si n es la porosidad del material de la cubierta, los esfuerzos verticales totales actuantes en condiciones de vaciado rápido serán ahora

$$(f_v)_{ABCD} = h_2 (\gamma_E - n \gamma_w) + h_3 \gamma_w$$

$$(f_v)_{FGHI} = h_2 (\gamma_E - n \gamma_w)$$

y los incrementos de esfuerzo vertical total debidos al vaciado serán

$$(\Delta f_v)_{ABCD} = - (h_1 + n h_2) \gamma_w$$

$$(\Delta f_v)_{FGHI} = - (h_1 + n h_3) \gamma_w$$

En caso (señalado antes como poco práctico) de que el análisis de estabilidad ante vaciado rápido se hiciera en términos de esfuerzos efectivos, sería necesario predecir la presión de poro en la base de las dovelas.

Para ese fin, en cualquier dovela como la $FGHI$ se procedería como sigue: en el caso a la presión de poro es negativa (debida a capilaridad) y se acostumbra despreocuparse; en el caso b la presión de poro hidrodinámica en la base de la dovela se determina como se indicó en la sección 5.6, a partir de la red de flujo de la fig. 5.24; y en el caso c la presión de poro es nula.

En cuanto a la presión de poro en la base de una dovela como la $ABCD$, en cualquiera de los tres casos se determinaría mediante la expresión

$$u = u_0 + \bar{B} (\Delta f_v)_{ABCD} \quad (5.30)$$

en que u_0 es la presión de poro en la base de la dovela antes del vaciado rápido (calculada como se describió en la sección 5.6, a partir de la red de flujo establecido en el corazón impermeable bajo presa llena); \bar{B} es un coeficiente de presión de poro (definido como el cociente de la presión de poro inducida en el laboratorio por un incremento de esfuerzo axial en una muestra representativa sujeta a condiciones de deformación lateral similares a las del suelo del corazón, entre el correspondiente incremento de esfuerzo axial), y $(\Delta f_v)_{ABCD}$ es el incremento de esfuerzo vertical total en la base de la dovela, calculado anteriormente para cada uno de los tres grados de permeabilidad de la cubierta.





**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

**CURSO: "INTRODUCTORIO PARA LA FORMACION DE RESIDENTES DE
INVESTIGACION Y DESARROLLO EXPERIMENTAL", S.A.R.H.**

**MAQUINARIA Y EQUIPO PARA LA
CONSTRUCCION.**

PROF. ING. RAUL LOPEZ TSURUBU.

DICIEMBRE, 1961.



MAQUINARIA Y EQUIPO PARA LA CONSTRUCCION

APUNTES ELABORADOS POR:

ING. RAUL LOPEZ TSUBUKU

ING. ENRIQUE FERRER M.

* INTRODUCCION

EL ESTUDIO QUE SE PRESENTA DEL EQUIPO UTILIZADO DENTRO DEL CAMPO DE LA CONSTRUCCION, TIENE COMO FINALIDAD MOSTRAR DE MANERA GENERAL LOS DIFERENTES ASPECTOS QUE ABARCAN SU DESCRIPCION, CLASIFICACION, MECANISMOS Y RENDIMIENTOS, SIENDO ESTOS ULTIMOS APLICADOS UNICAMENTE PARA LOS PRINCIPALES EQUIPOS, QUE EN FORMA REPRESENTATIVA COMPRENDEN VARIAS MAQUINAS DENTRO DE UNA MISMA CLASIFICACION.

DE ESTA MANERA LA GRAN DIVERSIDAD DE MAQUINAS QUE COMPRENDEN ESTA EXPOSICION, HA SIDO DIVIDIDA EN FORMA GENERAL Y SENCILLA EN DOS GRANDES PARTES, LAS CUALES DEPENDERAN EXCLUSIVAMENTE DEL TIPO DE TRABAJO EN QUE VAYAN A UTILIZARSE, TENIENDO PRESENTE, QUE EL CRITERIO PARA SU CONSIDERACION SE BASA FUNDAMENTALMENTE, EN QUE ALGUNAS MAQUINAS Y EQUIPOS SON UTILIZADOS UNICAMENTE EN TRABAJOS PROPIOS DE EDIFICACION, ES DECIR, PARA DENTRO DE LA CIUDAD, MIENTRAS QUE EL RESTO DE LA MAQUINARIA ES EMPLEADA PARA EL MOVIMIENTO DE TIERRAS EN GRANDES OBRAS DE CONSTRUCCION, TALES COMO PRESAS, CARRETERAS, CANALES, ETC., YA QUE ES CONSIDERADO COMO EL EQUIPO PROPIO PARA TRABAJOS FUERA DE LA CIUDAD.

POR LO TANTO, EN BASE A ESTE CRITERIO Y CONSIDERANDO QUE EL TIPO DE TRABAJO DE LA MAQUINA NOS DETERMINARA SU CLASIFICACION, EL EQUIPO EN GENERAL QUE SE UTILIZA EN LA CONSTRUCCION SE DIVIDE EN:

- 1-) MAQUINARIA Y EQUIPO LIGERO.
- 2-) MAQUINARIA Y EQUIPO PESADO.

MECANISMOS y ELEMENTOS BASICOS
DE LA MAQUINARIA

* 1-) PRINCIPIOS BASICOS DE LAS ESPECIFICACIONES.

- ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE
- DISPONIBILIDAD DE REPARACIONES
- CREDITO POR OFRECER
- SERVICIO DE LOS FABRICANTES O DISTRIBUIDORES.

* 2-) POTENCIA

- POTENCIA MAXIMA
- POTENCIA EN EL VOLANTE
- COMPARACION DE LA POTENCIA
- PAR MOTOR MAXIMO

* 3-) PROPIEDADES DE LOS GASES

- PRINCIPIO DEL DISEÑO DE LAS VÁLVULAS DE SEGURIDAD.

* 4-) DISEÑO DEL MOTOR

- CICLO DE 2 TIEMPOS
- CICLO DE 4 TIEMPOS
- DIAMETRO INTERIOR Y CARRERA
- CILINDRADA
- SISTEMAS DE COMBUSTIBLE
- TANQUE
- BOMBAS DE INYECCION
- FILTROS
- INYECTORES

* 5-) FRENSOS

- FRENSOS DE BANDA TENSORA
- FRENO DE CÁMARA DE EXPANSION
- FRENO DE DISCO FUO
- SISTEMA DE FRENSOS INDEPENDIENTES
- FRENO DE DOBLE PEDAL.

* 6.) DISEÑO BASICO DEL SISTEMA DE INYECCION Y TRANSMISIONES.

5

- CAMARA DE PRECOMBUSTION
- INYECCION DIRECTA
- TRANSMISIONES DIRECTAS
- ENCRANAJE CONSTANTE
- SERVOTRANSMISIONES
- TRANSMISIONES PLANETARIAS
- ENBRAGUES PRINCIPALES
- DIFERENCIAL
- DIFERENCIAL ESTANDARD
- DIFERENCIAL DE DESLIZAMIENTO LIMITADO
- DIFERENCIALES COMPENSADORES DE PAR
- MANDOS FINALES

* 7.) NEUMATICOS

- DESIGNACION DEL TAMAÑO
- TIPOS DE BANDA DE RODADURA
- NEUMATICOS DE TELAS RADIALES

* 8.) TREN DE RODAJE

- BASTIDORES DE RODILLOS INFERIORES
- RODILLOS Y RUEDAS TENSORAS
- PASADORES Y BUJES
- BARRAS
- ZAPATAS DE CARRIL

MÁQUINARIA y EQUIPO LIGERO

CLASIFICACION y APLICACIONES



MAQUINARIA Y EQUIPO LIGERO.

I: MALACATÉS

II: TORRE ERUAS

III: REVOLVEDORAS

IV: VIBRADORES

V: COMPACTADORES MANUALES

a) PISONES DE MANO

b) AERONES DE IMPACTO O MECANICOS

c) COMPACTADOR DE RODILLOS VIBRATORIOS

VI: BOMBAS DE CONCRETO

VII: BOMBAS DE AGUA

VIII: EQUIPO DE SOLDADURA

IX: MAQUINAS CORTADORAS

a) CORTADORA DE CONCRETO

b) CORTADORA DE MAJESTERIA

c) CORTADORA DE VARILLA

X: MAQUINAS DOBLADORAS DE VARILLA.

* I:

MALACATÉS:

CLASIFICACION: {
 a) DE GASOLINA
 b) ELECTRICOS
 c) DE DIESEL

APLICACIONES: {
 EDIFICACION: ELEVACION DE MATERIALES
 MOV. DE TIERRAS: DESARTE, ARBANCA TRONCOS, ETC.

* II:

TORRE ERUA:

CLASIFICACION: {
 a) ESTACIONARIAS
 b) PORTATILES (AUTOALIMENTADAS, TELEALIMENTADAS).

APLICACIONES: {
 EDIFICACION: EDIFICACIONES DE GRAN ALTURA
 ELEVACION DE GRANDES VOLUMENES.

* III:

REVOLVEDORAS:

CLASIFICACION: {
 a) MONTADAS SOBRE CHASIS CON RUEDAS.
 b) MONTADAS SOBRE ORUGAS
 c) MONTADAS SOBRE CAMION (TRONETE, CUBA AGITADORA).

APLICACIONES: {
 EN EDIFICACION: ELABORACION DE CONCRETO Y
 MORTERO, EN CARRETERAS, EN PAVIMENTOS.

* IV:

VIBRADORES:

CLASIFICACION: {
 a) DE ACUERDO AL DIAMETRO DEL CAÑEZAL
 b) TIPO DE MOTOR ACCIONANTE (ELECTRICO O GASOLINA)

APLICACIONES: EN COLADOS DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.

* V = COMPACTADORES MANUALES: 9

CLASIFICACION: {
a) ASONES DE MANO
b) ASONES DE IMPACTO O MECANICOS
c) COMPACTADOR DE RODILLOS VIBRATORIOS.

APLICACIONES: {
a) FONDOS DE ZANJAS b) ENTRE DORNIENTES
c) COMPACTACION DE RELENOS d) DE DRENAJES Y DE TUBERIAS e) EN SUELOS GRANULADOS SUELTOS, GRAVA LIMPYA, ROCA TRITURADA
f) EN CIMENTACIONES, TALUDES Y EN PAVIMENTOS

* VI = BOMBAS DE CONCRETO:

CLASIFICACION: {
a) EL DIAMETRO DE DESCARGA
b) DISTANCIA DE BOMBEO (VERTICAL Y HORIZONTAL)
c) MONTAJERA DE LA BOMBA (SOBRE CAMION O CRASIS)

APLICACIONES: {
a) COLOCACION DEL CONCRETO A CUALQUIER NIVEL
b) REVESTIMIENTO DE TUNELES
c) COLADO DE PUENTES, COLUMNAS, LOSAS PASOS A DESNIVEL Y CIMENTACIONES.

* BOMBAS DE AGUA:

CLASIFICACION {
a) DE DESPLAZAMIENTO (DE DIAFRAGMAS)
b) CENTRIFUGAS (CONVENCIONALES, NEUMATICAS)

APLICACIONES: EN OBRAS DE CONSTRUCCION PARA:

{
a) EXTRACCION DE AGUA EN POZOS, TUNELES, ETC.
b) DESAGUAR ENCOFRADOS
c) PROPORCIONAR CHORROS DE AGUA EN HINCADO PILES
d) LECHADO DE CIMENTACIONES.

- CLASIFICACION: ←
- a) PARA SERVICIO LIGERO O PESADO
 - b) CON ARRANQUE MANUAL O AUTOMÁTICO
 - c) CON MOTOR ELÉCTRICO O DE GASOLINA

- APLICACIONES: ←
- a) EN ESTRUCTURAS DE ACERO PARA UNIÓN DE SUS ELEMENTOS COMO:
 - 1-) VIGAS 2-) TUBERIAS
 - 3-) PUENTES 4-) REPARACION MAQUINARIA
 - 5-) VIAS DE FERROCARRIL.

* IX: MAQUINAS CORTADORAS:

- CLASIFICACION: ←
- a) MAQUINA CORTADORA DE CONCRETO
 - b) MAQUINA CORTADORA DE MAMPOSTERIA
 - c) MAQUINA CORTADORA DE VARILLA.

- APLICACIONES: ←
- a) CORTAR BANQUETAS, GUARNICIONES Y FAVI-
MENTOS Y TENDIDO DE TUBERIA DE ORO.
 - b) EN EL CORTE DE PORCELANAS, TUBO-ALBAÑAL,
AZULEJO, LADRILOS, TEJAS PARA TECHOS.
 - c) PARA EL CORTE DE TODOS LOS TIPOS DE
DE ARMADURA CORRIENTE.

* X: MAQUINAS DOBLADORAS DE VARILLA:

- APLICACIONES: ←
- a) DOBLADO DE ESTRIBOS SIMPLES Y DE
BRAZOS ENTRECruzADOS
 - b) FABRICACION DE ESPIRALES REDONDAS,
ANILLOS Y ARCOS GRANDES.

MÁQUINARIA Y EQUIPO PESADO

CLASIFICACION Y APLICACIONES



I: TRACTORES

- a) BULLDOZER
- b) ANGLEDOZER
- c) EMPUJADORES
- d) DESTARRADORES (RIPPERS)
- e) PUNZONES
- f) PLOHA LATERAL (TIENDETUBOS)
- g) COMPACTADOR DE DESECHOS

II: CARGADORES

- a) DESCARGA FRONTAL
- b) DESCARGA LATERAL
- c) DESCARGA TRASERA

III: EXCAVADORAS

- a) PAJA DE CUCHARON
- b) EXCAVADORA CONVERTIBLE
 - 1: DRAGA DE ARRASTRÉ
 - 2: CUCHARON DE ALMEJA (GROS DE NARAJA)
 - 3: GORVA
 - 4: BALNAS DE CONCRETO
 - 5: PILOTEADORA
 - 6: DEMOLIDORA
 - 7: ELECTROHAN
- c) RETROEXCAVADORAS
- d) ZANJADORAS
- e) DRAGAS
- f) EXCAVADORAS DE CABLE

IV: ESCREPIAS

13

- a) ARRASTRAS
- b) AUTOIMPULSADAS (MOTOBELAVIAS)
- c) TANDEM
- d) AUTOCARGABLES
- e) PUSH-PULL (TIRO Y EMPUJE)

V: TRANSPORTES

- a) VOLTEOS
- b) VOLQUETES
- c) VAGUINETAS
- d) DUMPTRES
- e) PLATAFORMAS

VI: MOTOCONFORMADORAS

VII: COMPACTADORES

- a) ARAVADORA DE TRES RODILLOS LISOS
- b) COMPACTADORA TANDEM
- c) COMPACTADORA PORTÁTIL
- d) ARAVADORA PARA ZANJAS
- e) RODILLO VIBRADOR LISO
- f) RODILLO PATA DE CABRA
- g) RODILLO DE ZAPATAS Y REJAS
- h) COMPACTADORA DE LLANTAS NEUMÁTICAS
- i) COMPACTADOR DUO-FACTO

VIII: COMPRESORES

- a) DE PISTÓN

b) GIRATORIOS

14

1: DE ASPAS

2: DE TORNILLO

IX: PERFORADORAS

- a) PISTOLA O MARTILLO DE BARRERACION (DEMOLEDORA)
- b) PIerna NEUMATICA
- c) PERFORADORA DE CARRETERA
- d) JUNCO
- e) PERFORADORA SOBRE RUEDAS
- f) PERFORADORA PORTATIL DE TUBOS
- g) PERFORADORA PARA TUNELES
- h) PERFORADORAS GIRATORIAS

X: TRITURADORAS

- a) DE QUIJADA
- b) GIRATORIA O CONICA
- c) DE RODILLOS
- d) MOLINO DE MARTILLOS O DE IMPACTO
- e) MOLINO DE BARRAS Y BOLAS

XI: BANDAS TRANSPORTADORAS

XII: CRIBAS Y REJILLAS

- a) GIRATORIAS
- b) CON MOVIMIENTO EN VAIVEN
- c) VIBRATORIAS

XIII: PLANTAS DE TRITURACION

XIV: PLANTAS DE ASFALTO

XV: PLANTAS DE CONCRETO

XVI: PETROLIZADORA

XVII: BARREDORA

XVIII: PIPA

XIX: PAVIMENTADORA (FINISHER).

* I: TRACTORES:

15

CLASIFICACION:

- a) BULLDOZER
- b) ANGLEDOZER
- c) EMPUJADORES
- d) DESGARRADORES
- e) PUNZONES
- f) PLUMA LATERAL (TIENDETUBOS)
- g) COMPACTADOR DE DESECHOS

APLICACIONES:

- a) BULLDOZER: DESMONTES, DESPALMES, MOV. DE TIERRAS PARA DISTANCIAS NO MAYORES DE 100 M., ESPALMIENTOS DE RELLENOS DE ZANJAS Y BARRANCOS, BANCOS DE MATERIALES Y LIMP. ESCOMBROS.
- b) ANGLEDOZER: MAQUINA DE EXCAVACION PRELIMINAR, UTILIZADA EN EL DESPLAZAMIENTO DE TIERRAS PARA RELLENOS LATERALES EN ZANJAS, CAMINOS Y CANALES.
- c) EMPUJADORES: AUMENTAN LA POTENCIA EN LAS MOTOCUREMAS Y EN CUALQUIER OTRO EQUIPO MEDIANTE EL EMPUJE DE LA PUNTA - TORADERA.
- d) DESGARRADORES: EXCAVACIONES FOCO PROFUNDAS, DESMONTES Y DESPALMES, ALOJAR TIERRA DURA, ROMPER ROCA SUAVE, LEVANTAR PAVIMENTOS, TENDER CABLES SUBTERRANEOS, CORTAR RAICES DE ARBOLES Y SUBSTITUCION EN OCASIONES EL USO DE EXPLOSIVOS.
- e) PUNZONES: DESBROZADO O LIMPIA DE MALEZA, TALA O CORTE DE ARBOLES Y EN GENERAL PARA EL DESMONTÉ.
- f) PLUMA LATERAL: TENDER LINEAS DE PETROLEO Y DE GAS Y EN LA INSTALACION DE AGUA POTABLE Y ALLANTARIMADO. ELEVAR CARGAS PESADAS A POCA ALTURA.
- g) COMPACTADOR DE DESECHOS: COMPACTAR Y MANIPULAR LOS DESECHOS Y BASURAS DOMESTICAS, MONTONERIAS Y ENTERRARLAS.



II: CARGADORES:

16

CLASIFICACION:

- a) DESCARGA FRONTAL
- b) DESCARGA LATERAL
- c) DESCARGA TRASERA (RESACADORAS)

APLICACIONES:

- a) DESCARGA FRONTAL: EXCAVACION, CARGA Y DESCARGA DE MATERIAL A DISTANCIAS CORTAS. EXCAVACIONES EN SOTANOS Y A CIELO ABIERTO, EN MATERIALES SUAVES Y FRACTURADO, EN BANCOS DE ARENA, GRAVA Y ARCILLA Y EN EL RELENO DE ZANJAS PARA TUBERIAS. ALIMENTACION DE AGRETIENDOS EN PLANTAS DOSIFICADORAS.
- b) DESCARGA LATERAL: EN DONDE EL ESPACIO PARA LA MANIOBRA DE DESCARGA ES MUY REDUCIDO. EN TUNELES, BANCOS DE MATERIAL Y CANALES, ORILLAS DE LOS CAMINOS Y EN LUGARES POCO ACCESIBLES PARA LA CARGA Y DESCARGA.
- c) DESCARGA TRASERA: TRABAJO EN TUNEL, EN DONDE SE CARECE DE ESPACIO PARA LAS VUELTAS DE LOS CARGADORES FRONTALES.



III: EXCAVADORAS:

CLASIFICACION:

- a) PAJA DE CUCHARON
- b) EXCAVADORA CONVERTIBLE
 - 1: DRAGA DE ARRASTRE
 - 2: CUCHARON DE ALMEJA
 - 3: EDUA
 - 4: BACHAS DE CONCRETO
 - 5: PILOTEADORA
 - 6: DEMOLIDORA
 - 7: ELECTROIMAN

- c) RETROEXCAVADORAS
- d) ZANJADORAS
- e) DRAGAS
- f) EXCAVADORAS DE CABLE

APLICACIONES:

- a) PALA DE CUCHARÓN: EN MINAS, CANTERAS, BCOS. DE AGREGADO Y A CIELO ABIERTO. EXCAVACIONES DE ZANJAS, CARGA Y DESCARGA DEL MATERIAL SOBRE VARIOS EQUIPOS.
- b) EXCAVADORA CONVERTIBLE:
 - 1-) DRAGA DE ARRASTRE: EXCAVACIONES DE CANALES, OBRAS ZANJAS, CIMENTACIONES PROFUNDAS DE EDIFICIOS, DESARROLVE Y DRAGADO DE RIOS. AUMENTACION DE BANDAS TRANSPORTADORAS.
 - 2-) CUCHARÓN DE ANHELA: CARGA DE AGREGADOS, EXCAVACION DE MATERIALES SUELTOS (ARENA, GRAVA, BOCA TRITURADA Y MAT. SUAVES), EN CIMENTACIONES PROFUNDAS Y EXCAVACION VERTICAL EN LUMBRERAS, PILAS PARA PUENTES Y DE ALMACENAM.
 - 3-) GRUA: LEVANTAR Y TRASLADAR PESOS A GRANDES ALTURAS. EN EDIFICACION, EN CIMENTACIONES PROFUNDAS Y EN PATIOS INDUSTRIALES, CONSTRUCCION DE PRESAS.
 - 4-) BACHA DE CONCRETO: MOVIMIENTO DE GRANDES VOLUMENES DE CONCRETO, EN EDIFICACIONES, CARRETERAS, PUENTES, PRESAS Y PAVIMENTACIONES.
 - 5-) PILOTEADORA: EN EDIFICACION, PARTICULARMENTE EN CIMENTACIONES PARA EL HINCADO DE PILOTES, SECCIONES DE MADERA, ACERO O DE CONCRETO, EN OBRAS HIDRAULICAS, EN PUERTOS, PUENTES, ASTILLEROS.

6.) DEMOLEDORA: DEMOLER ESTRUCTURAS VIEJAS DE CONCRETO, TRITURACION SECUNDARIA DE LAS ROCAS GRANDES OBTENIDAS CON EXPLOSIVOS EN MINAS, CANTERAS.

7.) ELECTROMAN: ESTIBADO O COLOCACION DE CHATARRA, O DE ESCORIA DE FIERRO, EN USOS INDUSTRIALES Y FRECUENTEMENTE EN EDIFICACION.

c.) RETROEXCAVADORAS: EXCAVACIONES POCO PROFUNDAS Y POR ABAJO DEL NIVEL EN QUE SE APOYAN. EXCAVAR O ABRIR SOTANOS Y ZANJAS, DRENAR CANALES, TENDER TUBERIAS, REPARAR OBRAS.

d.) ZANJADORAS: PARA RELLENO Y EXCAVACION DE ZANJAS, DRENAGES, CABLES TELEFONICOS, TUBERIAS, OLEODUCTOS Y CIMIENTOS.

e.) DRAGAS: EN PUERTOS, ASTILLEROS Y RIOS. PARA EXCAVAR, ENSANCHAR Y PROFUNDIZAR CANALES, PUERTOS, RIOS Y PANTANOS.

f.) EXCAVADORA DE CABLE: EXPLOTACION DE MINAS, DE BANCOS DE ARENA, DE GRAVA Y DE ARCILLA. TRASPALEO DE MATERIAL.

* IV: ESCREPAS:

CLASIFICACION:

- a) DE ARRASTRÉ
- b) AUTOIMPULSADAS (MOTÓESCREPAS)
- c) TANDEM
- d) AUTOCARGABLES
- e) PUSH-PULL (TÍRO Y EMPUJE)

- a) DE ARRASTRE: CARGA Y DESCARGA DEL MATERIAL EN ACCIONES DE CORTO RECORRIDO Y PENDIENTES, TENDIDO DE TERRAPLENES, CONSTRUCCION DE PRESAS, MALECONES, ALBERCAS.
- b) AUTOIMPULSADAS: ACARGOS MEDIOS PARA EL CORTE Y TENDIDO DE TERRAPLENES EN TERRENOS Blandos y FANGOSOS, EN SUBBASES DE CARRETERAS Y EN CORAZONES DE CORTINAS DE PRESAS DE TIERRA.
- c) TANDEM: TERRENOS GENERALMENTE PLANOS y DE PENDIENTES MODERADAS; ACARGOS MEDIOS Y LARGOS SI LAS CONDICIONES DEL SUELO SON FAVORABLES.
- d) AUTOCARGABLES: ACABADOS DE CALLES y NIVELACION DE TIERRAS y REPRESAS y CUANDO LAS NECESIDADES DE PRODUCCION NO JUSTIFICAN UNA GRAN FLOTA DE EMPUJADORES y ESCOPEAS.
- e) PUSH-PULL: PARA TERRENOS Blandos y FANGOSOS ASI COMO PARA SUBIR CUESTAS MAS O MENOS FUERTES. ELIMINAN AGLOMERACIONES EN EL CORTE y LOS TIEMPOS PERDIDOS QUE PROVOCA EL TRACTOR EMPUJADOR. PARA JALAR O REMOLCAR A OTRA ESCOPEA QUE SE ENCUENTRE ATASCADA EN EL CORTE o EN EL CAMINO.

CLASIFICACION:

- a) VOLTEOS
- b) VOLQUETES
- c) VAGONETAS
- d) DUMPTORS
- e) PLATAFORMAS

APLICACIONES:

a) VOLTEOS: EN EDIFICACION, INCLUYEN LA MAYOR PARTE DE LAS EXCAVACIONES PARA CIMENTACIONES, CAMINOS URBANOS Y SUBURBANOS, PARA SURTIR ARENA, GRAVA, MATERIALES PARA RELENO Y TIERRA.

b) VOLQUETES: ACARreo DE TIERRA, ROCA, ARENA, GRAVA Y ARCILLA FUERA DE LA CARRETERA, TRANSPORTANDO EL MATERIAL DESDE LOS BANCOS HASTA EL SITIO DE LAS OBRAS O A LAS PLANTAS DE TRITURACION.

c) VAGONETAS: ACARREGOS DE GRANDES VOLUMENES DE AGREGADOS, REVESTIMIENTOS Y DE MATERIALES SUELOS PARA CAMINOS Y PRESAS. PARA FORMACION DE TERRAPLENES Y CONSTRUIR LAS ORILLAS MISMOS.

d) DUMPTORS: TRABAJOS DE PERFORACION Y EXPLOTACION DE TUNELES Y MINAS. ESTE EQUIPO ELIMINA LAS VUELTAS DESPLAZANDOSE EN AMBOS SENTIDOS.

e) PLATAFORMAS: VEHICULOS PROYECTADOS EXCLUSIVAMENTE PARA EL TRANSPORTE DE MAQUINARIA Y EQUIPO, INCLUYENDO POSTES, MASTILES, TRONCOS Y ELEMENTOS PREFABRICADOS.

* VI - MOTO CONFORMADORAS:

21

- CLASIFICACION: ←
- a) PESADAS
 - b) LIGERAS
 - c) DE ARRASTRE

- APLICACIONES: ←
- a) TENDIDO Y AFINE DE LOS TERRAPLENES
 - b) HECHURA DE CUNETAS Y LIMPIEZA DE LAS MISMAS
 - c) LEVANTAMIENTO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS VIEJOS
 - d) OBTENCION DE UNA GRANULOMETRIA PARA BASE, SUB-BASE Y CARPETAS MEDIANTE EL MEZCLADO
 - e) ACAMELLONAMIENTO DE LOS MATERIALES ANTERIORES
 - f) NIVELACION DE PERFILES O TALUDOS PARA ABRIR ZANJAS Y CONSTRUIR O REPARAR CARRETERAS, AEROPUERTOS Y MAECONES.

* VII - COMPACTADORES:

- CLASIFICACION: ←
- a) APLANADORA DE TRES RODILLOS LISOS
 - b) COMPACTADORA TAUDEM
 - c) COMPACTADORA PORTATIL
 - d) APLANADORA PARA ZANJAS
 - e) RODILLO VIBRADOR LISO
 - f) RODILLO PATA DE CABRA
 - g) RODILLO DE ZAPATAS Y REJAS
 - h) COMPACTADORA DE LLANTAS NEUMATICAS
 - i) COMPACTADOR DUO-FACTOR

- a) APLANADORA DE TRES RODILLOS LISOS: APLANADOR DE CAMINOS DE GRAVA Y ALGUNAS SUBRASANTES, TRABAJOS LIGEROS DE RELENOS, COMPACTACION DE PAVIMENTOS BASES, SUB-BASES, CAMINOS Y CALLES.
- b) COMPACTADORA TANDEM: EN CARRETERAS DE CARRETERAS, PISTAS DE AEROPUERTOS, PAVIMENTACIONES ASFALTICAS.
- c) COMPACTADORA PORTATIL: MISMAS FUNCIONES QUE LAS COMPACTADORAS TANDEM, PERO TIENEN UNA APLICACION MAS RAPIDA Y MAS EFECTIVA AL TRANSPORTARLAS.
- d) APLANADORA PARA ZANJAS: COMPACTACION DE RELENOS EN PAVIMENTOS Y ZANJAS Y PARA CUANDO LA FRANJA DE LOS CAMINOS ES ANGOSTA.
- e) RODILLO VIBRADOR LISO: ALTAMENTE EFECTIVO PARA MATERIALES GRANULARES Y COMPACTACION DE SUB-RASANTES DE CARRETERAS Y AEROPUERTOS, TERRACERIAS, SUB-BASES Y BASES.
- f) RODILLO PATA DE CABRA: COMPACTACION DE TERRADLENES, BASES, DE CARRETERA DE PRIMER ORDEN, Y EN MATERIALES COMO LA ARENA, EL LIMO Y CON GRAN CONTENIDO DE ARCILLA.
- g) RODILLOS DE RESA: PARA DISGREGAR EL MATERIAL, QUEBRAN-DOLO Y PULVERIZAN-DOLO SIMULTANEAMENTE. EN CARRETERAS SECUNDARIAS Y CAMINOS DE ACCESO, TERRADLENES REVESTIDOS DE ROCA SUBLTA.

h) COMPACTADORA DE LANTAS NEUMÁTICAS: EN LA COMPACTACION FINAL DE LA CAPA SUPERFICIAL DE TERRENIERAS, BASES, SUB-BASES Y REVERTIMIENTOS DE ARCILLAS Y LIMOS.

i) COMPACTADOR DVO - FACTOR: COMPACTACION DE TERRENIERAS, CARPETAS ASFALTICAS, BASES, SUB-BASES, CAMINOS RURALES O SECUNDARIOS, CALLES CITADINAS, BACHOS Y ESTACIONAMIENTOS.

* VIII = COMPRESORES:

CLASIFICACION:

- a) COMPRESORES DE PISTON
- b) COMPRESORES GIRATORIOS (ASAS Y TORNILOS).

APLICACIONES:

- a) CONSERVACION DE ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES
- b) EXPLOTACION DE MINAS Y CANTERAS
- c) ACCIONAMIENTO A LOS EQUIPOS DE PERFORACION.

* IX = PERFORADORAS:

CLASIFICACION:

- a) PISTOLA O MARTILLO DE BARRIDACION
- b) PIERNA NEUMATICA
- c) PERFORADORA DE CARBETILLA
- d) JUNCO
- e) PERFORADORA SOBRE ORUGAS
- f) PERFORADORA PORTATIL DE TORRE
- g) PERFORADORA PARA TUNELES
- h) PERFORADORAS GIRATORIAS

a) PISTOLA O MARTILLO DE BARRENACION:

- 1: PERFORACION MANUAL EN TRABAJOS A CIELO ABIERTO, EN MINAS Y CANTERAS.
- 2: DEMOLICION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS, CALLES, CARRETERAS O PIETAS DE AERODUERTOS.

b) PIERNA NEUMATICA:

- 1: EN MINAS, TUNELES Y GALERIAS
- 2: TRABAJOS SUBTERRANEOS DE PERFORACION HORIZONTAL VERTICAL E INCLINADA Y PAREDES Y TECHOS DE POZA ALTURA.

c) PERFORADORA DE CARBETILLA:

- 1: EN MINAS, CANTERAS, TUNELES Y CARRETERAS
- 2: PERFORACION DE BARRIDOS, MOSTRARIOS E INYECCIONES PARA RESANES.

d) JUNBO:

- 1: EN MINAS, TUNELES Y GALERIAS PARA LA BARRENACION PREVIA A LOS EXPLOSIVOS
- 2: EN TRABAJOS SUBTERRANEOS.

e) PERFORADORA SOBRE ORUGAS:

- 1: PARA LA PERFORACION DE BARRIDOS EN BANCOS DE ROCA, EN CANTERAS, TALUDES

f) PERFORADORA PORTATIL DE TORRE:

- 1: PERFORACIONES DE POZOS DE AGUA
- 2: TRABAJOS A TRAVES DE TIERRA Y ROCA, CON DIAMETROS DE 10 a 30 CM. Y PROFUNDIDADES DE 200 M.

g) PERFORADORAS PARA TUNELES:

- 1: TUNELES PARA LA CONDUCCION DE AGUA Y AL-CANTARILLADO.
- 2: TRANSITO FERROVIARIO Y DE VEHICULOS BAJO LOS RIOS A TRAVES DE MONTAÑAS
- 3: PARA PLANTAS HIDROELECTRICAS.

IV) PERFORADORAS GIRATORIAS:

25

- 1: PERFORACION PROFUNDA DE POZOS EN FORMACIONES DURAS, BLANDAS Y ROCOSAS
- 2: PARA LA EXTRACCION DEL PETRÓLEO.

* X: TRITURADORAS:

CLASIFICACION:

- a) DE QUILADA
- b) GIRATORIA O CONICA
- c) DE RODILLOS
- d) DE MOLINO DE MARTILLOS O DE IMPACTO
- e) DE MOLINO DE BARRAS Y BOLAS

APLICACIONES:

- a) UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCION PARA LA OBTENCION DE AGREGADOS POR MEDIO DE UNA TRITURACION PRIMARIA, SECUNDARIA O TERCIARIA.

* XI: BANDAS TRANSPORTADORAS:

CLASIFICACION:

- a) PORTATILES LISAS
- b) PERMANENTES DE LISTONES METALICOS DE CADENA DE CANGILONES

APLICACIONES:

- a) MOVER GRANDES VOLUMENES DE MATERIAL A LO LARGO DE UNA RUTA O TERRENO DIFICIL.
- b) COMPLEMENTO DE PLANTAS DE TRITURACION, DE ASFALTO O DE TRATAMIENTO
- c) ACARREOS DESDE LOS BANCOS DE MATERIAL HASTA LAS TOLVAS O ALMACENES DENTRO DE LAS OBRAS, O EN LA ELEVACION DEL CONCRETO.

* XII = CRIBAS Y REJILLAS:

26

CLASIFICACION:

- a) CRIBAS ESTATORIAS
- b) CRIBAS CON MOVIMIENTO EN VAIVEN
- c) CRIBAS VIBRATORIAS

APLICACIONES:

- a) ELEMENTO COMPLEMENTARIO DE LAS PLANTAS DE TRITURACION DE CONCRETO Y ASFALTO
- b) CLASIFICACION DE LA PIEDRA, ROCA O MATERIAL DURANTE LA ELABORACION DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS.

* XIII = PLANTAS DE TRITURACION:

CLASIFICACION:

- a) FIJAS
- b) PORTATILES

APLICACIONES:

- a) TRANSFORMACION DE ROCAS Y PIEDRAS DE TAMAÑO EXCESIVO EN:
 - 1- AGREGADOS PARA ELABORACION DE CONCRETOS
 - 2- FORMACION DE TERRAPLENES,
 - 3- FORMACION DE SUB-BASES EN CARRETERAS Y PRESAS.

* XIV = PLANTAS DE ASFALTO:

CLASIFICACION:

- a) FIJAS PERMANENTE
DES-MONTABLES
- b) MOVILES MONTADAS S/NEUMATICOS
QUE SE MUEVEN SOBRE
EL EJE DEL CAMINO.

a) ELABORACION DE LA MEZCLA ASFALTICA EN TRABAJOS PROPIOS DE PAVIMENTACION FORMANDO LA CAPA SUPERFICIAL DE:

- 1: RODAMIENTO
- 2: DE CARRETERAS
- 3: AEROPUERTOS
- 4: CALLES
- 5: ESTACIONAMIENTOS

* XV - PLANTAS DE CONCRETO:

CLASIFICACION: { a) PLANTAS CENTRALES O PERMANENTES
b) PLANTAS SECUNDARIAS O TEMPORALES.

APLICACIONES: { a) LOS DIFERENTES TIPOS DE PLANTAS DE CONCRETO QUE EXISTEN, ESTAN DESTINADAS EXCLUSIVAMENTE PARA LA PRODUCCION DEL CONCRETO EN GRANDES VOLUMENES.

* XVI - PETROLIZADORA:

APLICACIONES: { a) EN CARRETERAS
b) AEROPUERTOS
c) CALLES
d) SUPERFICIES DE RODAMIENTO

PARA: RIEGO DE ASFALTOS EN CARRETERAS Y BASES.

* XVII = BARBEDORA:

28

APLICACIONES:

- a) OPERACION PREVIA A LA DEL RIEGO DE LUGA
- b) BARRER BARRERAS DE LAS BASES Y SUB-BASES COMPACTADAS
- c) DURANTE LA PAVIMENTACION DE CARRETERAS, CALLES Y AEROPUERTOS.

* XVIII = PIPA:

APLICACIONES:

- a) ACARREOS DE AGUA PARA LA COMPACTACION DE:
 - 1: SUB-BASES
 - 2: BASES
 - 3: TERRAPLENES
 - 4: NUCLEOS DE PAVIMENTOS DE TIERRA

* XIX = PAVIMENTADORA:

CLASIFICACION:

- a) PAVIMENTADORA SOBRE NEUMATICOS
- b) PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS

APLICACIONES:

- a) FORMACION DE LA CARRETA ASFALTICA DE:
 - 1: CARRETERAS
 - 2: CALLES
 - 3: ESTACIONAMIENTOS
 - 4: AEROPUERTOS
- b) TRABAJOS PROPIOS DE PAVIMENTACION

RENDIMIENTOS DE LAS PRINCIPALES
MÁQUINAS PARA LA CONSTRUCCIÓN

* RENDIMIENTO: LA CANTIDAD O MAGNITUD PRODUCIDA, EN UN TIEMPO DETERMINADO. O DICHO DE OTRA MANERA, ES EL TRABAJO UTIL EJECUTADO DURANTE LAS DIFERENTES ETAPAS DE LA OBRA.

EL ESTUDIO DE RENDIMIENTOS SOBRE MAQUINARIA, PODRA SER DIVIDIDO EN FORMA GENERAL Y DE ACUERDO A LA FORMA DE TRABAJO DE LA MAQUINA EN:

a) Por Ciclos: Pala giratoria, Cargador, Bulldozer, Escarpa, Tractor empujador, Camion, Piloteadora, Excavador de cable y Revolvedoras de concreto.

b) De Operacion Intermedia: Perforadoras, Conformadoras, Aplanadoras, Descargadores y Tolvas.

c) De Operacion Continua: Bandas transportadoras, Cargadores de banda, Cargadores de canchales, Trituradoras, Cribadoras, Compresores y Dragas.

* FORMULA GENERAL PARA EL RENDIMIENTO.

$$R = \frac{Q \times K \times E \times 60 \times F.V \times 0.764}{C_m}$$

EN DONDE;

R = RENDIMIENTO EN $M^3/HORA$.

Q = CAPACIDAD, ENRASADA O COLMADA, EN yd^3 .

K = FACTOR DE EFICIENCIA DEL CUCHARON O CAVA.

E = FACTOR DE EFICIENCIA DE LA MAQUINA.

60 = 60 MINUTOS EN UNA HORA.

$F.V$ = FACTOR VOLUMETRICO DEL SUELO.

C_m = CICLOS POR MINUTO.

IDEAS COMPLEMENTARIAS:

* F.V = FACTOR VOLUMÉTRICO

$$= \frac{100\%}{100 + \% \text{ DE ABUNDAMIENTO}}$$

EN DONDE:

ABUNDAMIENTO: PROPIEDAD FÍSICA QUE PRESENTAN LOS MATERIALES COMO LA TIERRA DE EXPANDERSE AL SER RENOVADOS DE SU ESTADO NATURAL O DE REPOSO POR MEDIOS NORMALES O MECÁNICOS. SE OBTIENE DE LA "TABLA 1".

* TIEMPO DE UN CICLO: TIEMPO TOTAL EN MINUTOS DE LOS CICLOS DE TRABAJO. POR EJEMPLO:

TIEMPO DE LLEGADA AL CORTE, TIEMPO DE ESPERA, TIEMPO DE CARGA, TIEMPO DE DEMORA, TIEMPO DE ACARreo, TIEMPO DE DESCARGA Y TIEMPO DE RETORNO.

EN "TABLA 3"; SE MUESTRA EL TIEMPO FUO DEL CICLO DE LAS PALAS CARGADORAS. ESTOS DATOS PROPORCIONADOS FABRICANTE.

* CAPACIDAD ENRASADA O COLHADA: ESTA DADA POR EL FABRICANTE.

* $K =$ FACTOR DE EFICIENCIA DEL CUCHARON

$$K = \frac{\text{MATERIAL CARGADO POR EL RECEPTACULO}}{\text{CAPACIDAD NOMINAL DEL RECEPTACULO}}$$

SE OBTIENE DE LA "TABLA 4"

* $E =$ FACTOR DE EFICIENCIA DE LA MAQUINA

f (CONDICIONES DE OBRA, Y DE ADMINISTRACION)

CONDICIONES DE OBRA: SUPERFICIE DEL SUELO, TOPOGRAFIA, ESTACION DEL AÑO Y ADAPTABILIDAD DE LA MAQUINA.

ADMINISTRACION: COORDINACION ENTRE MAQUINAS, PARADO DE CIRCULACION, CALIDAD DE MANTENIMIENTO DE LA MAQ.

SE OBTIENEN DE LA "TABLA 2", LOS FACTORES DE EFICIENCIA EN FUNCION DE LAS CONDICIONES DE OBRA Y DE ADMINISTRACION ASI COMO LOS VALORES DEL RENDIMIENTO GENERAL EN FUNCION DE LOS FACTORES.

∴ VALOR PROMEDIO DEL RENDIMIENTO HORARIO CUANDO LA HORA SE CONSIDERA DE $H = 50$ MIN.

$$\Rightarrow \text{RENDIMIENTO HORARIO} = 0.83 = 83\%$$



RENDIMIENTOS DE LAS PRINCIPALES MAQUINAS

1.) BULLDOZER y ANGLEDOZER.

$$R = \frac{60 \times E \times Q \times K \times F \cdot V}{t} \quad (\text{M}^3/\text{HORA})$$

EN DONDE:

$$Q = \frac{L h^2}{2 \tan \theta}$$

SIENDO:

L = LONGITUD DE LA HOJA EN M.

h = ALTURA DE LA HOJA EN M.

θ = ANGULO DE REPOSO DEL MATERIAL.

2.) DESCARRADORES (RIPPERS).

$$R_a = \frac{E \times v \times a \times h}{N}$$

EN DONDE:

R_a = VOLUMEN DEL MATERIAL AFLOJADO MEDIDO EN BANCO (M^3/HR).

E = COEFICIENTE DE CORRECCION INCLUYENDO PERDIDAS P/STIENDO.

v = VELOCIDAD PROMEDIO EN ORDEN DE 2 a 3 Km/HR.

a = ANCHO EFECTIVO DE LA FAJA ROTURADORA.

h = PROFUNDIDAD EFECTIVA DE PENETRACION EN METROS.
(DESPUES DE VARIAS PASADAS HASTA AFLOJAR MATERIAL).

N = NUMERO DE PASADAS PARA DEJAR BIEN TERMINADA
FAJA QUE SE QUISO ARAR.

3.) CARGADORES.

35

$$R = \frac{60 \times Q \times K \times E \times 0.764 \times F.V}{t}$$

EN DONDE:

Q = CAPACIDAD NOMINAL DEL CUCHARÓN EN Yd³
 K = FACTOR DE LLENADO DEL CUCHARÓN.

4.) MOTO CONFORMADORAS

$$T = \frac{D \times N}{V \times E}$$

EN DONDE:

T = TIEMPO REQUERIDO PARA EFECTUAR EL TRABAJO.
 D = DISTANCIA RECORRIDA EN CADA PASADA.
 N = NUMERO DE PASADAS.
 V = VELOCIDAD DE OPERACION, EN Km/Hr.
 E = FACTOR DE RENDIMIENTO DE TRABAJO.

5.) COMPACTADORES.

$$R = \frac{A \times v \times e \times C \times 10}{N}$$

EN DONDE:

R = RENDIMIENTO EN M³/HORA
 A = ANCHO COMPACTADO POR LA MAQUINA EN M.
 V = VELOCIDAD EN Km/HORA.
 E = ESPESOR DE LA CAPA EN CM.
 C = COEFICIENTE DE REDUCCION (0.6 a 0.8)
 10 = FACTOR DE CONVERSION DE UNIDADES
 N = NUMERO DE PASADAS.

6°) ESCREPAS

36

$$R = \frac{Q \times 60 \times E}{t}$$

EN DONDE:

R: RENDIMIENTO EN $M^3/HV.$

60 = HORA DE 60 MINUTOS

Q: CAPACIDAD DE LA MAQUINA EN M^3 t = TIEMPO EN EFECTUAR EL TRABAJO = $\frac{NS}{VE}$

N: NUMERO DE PASADAS

S: DISTANCIA DE RECORRIDO POR PASADAS

V: VELOCIDAD DURANTE EL TRABAJO

E: FACTOR DE RENDIMIENTO.

7°) TRANSPORTES

$$R = \frac{Q \times 60 \times E}{t}$$

EN DONDE:

R: RENDIMIENTO EN $M^3/HORA$ Q: CAPACIDAD EN M^3

60 = 60 MINUTOS DE UNA HORA

E = FACTOR DE RENDIMIENTO DE TRABAJO

t = TIEMPO DE UN CICLO COMPLETO = $t_1 + t_2 + t_3 + t_4$ t₁ = TIEMPO EN MANIOBRA DE ALONDOt₂ = TIEMPO DE CARGAt₃ = TIEMPO DE ACUMULO DE MATERIALt₄ = TIEMPO EMPLEADO PARA LA MAQUINA VACIA DURANTE EL REGRESO.

8°)

EXCAVADORAS

UNICAMENTE PARA:

- a) PÁLAS DE LUCHARON
- b) DRAGA DE ARRASTRE
- c) LUCHARON DE ALMEJA
- d) RETROEXCAVADORAS

FACTORES A TOMARSE EN CUENTA:

- 1-) TIPO DE MATERIAL
- 2-) ANGULO DE GIRO
- 3-) PROFUNDIDAD REAL DEL CORTE
- 4-) DIMENSION DEL EQUIPO FRONTAL
- 5-) EFICIENCIA DEL OPERADOR
- 6-) CONDICIONES DEL EQUIPO Y OBRA.
- 7-) CAPACIDAD DEL VEHICULO Y TRANSPORTE.

$$R = \frac{3600 \times Q \times E \times K \times 0.764 \times F.V}{t} \quad (M^3/HORA)$$

EN DONDE:

- Q = CAPACIDAD O VOLUMEN DEL LUCHARON EN yd^3
- E = FACTOR DEL RENDIMIENTO
- K = FACTOR DE LLENADO DEL LUCHARON
- F.V = FACTOR VOLUMETRICO
- t = TIEMPO EMPLEADO EN EFECTUAR UN CICLO (EN SEGUNDOS)
- 3600 = SEGUNDOS QUE TIENE UNA HORA

Tabla No. 1.- Porcentaje de Abundamiento.

Clases de Tierra .	Porcentaje de Abundamiento.
Arena o grava limpia	de 5 a 15%
Suelo artificial	de 10 a 25%
Lomo	de 10 a 35%
Tierra común	de 20 a 45%
Arcilla	de 30 a 60%
Roca sólida	de 50 a 80%

Tabla No. 2.- Factores de Rendimiento de Trabajo en Funcion de las condiciones de obra y de la calidad de Administración.

Condiciones de la Obra	Coeficiente de Administración o Gestion.			
	Excelente.	Buena	Regular	Mala
Excelentes 1.00	0.84	0.81	0.76	0.70
Buenas 0.95	0.78	0.75	0.71	0.65
Regulares 0.85	0.72	0.69	0.65	0.60
Malas 0.75	0.63	0.61	0.57	0.52

TABLA N° 3 Tiempo fijo del ciclo de trabajo de
Papas Cargadoras (minutos)

Trabajo Ejecutado	Tipo de Transmisión	
	Directo	Servo-Motores
Pala Equipada con Orugas excavando en: Material amontonado; Excavación en banco;	0.35	0.25
	0.60	0.45
Pala Equipada con Neumáticas, Excavación de mate- rial amontonado;	---	0.20

TABLA N° 4 Factor de llenado para cucharones de
Papas Cargadoras (K)

Cap. nominal de cucharón (yd ³)	3/4	1	1.1/2	2	2.1/2	3	3.1/2	4
Material Excavado								
Arcilla húmeda o arenosa ligera.	1.15	1.15	1.15	1.16	1.16	1.16	1.20	1.22
Arena o grava.	0.93	0.93	0.96	0.96	0.96	0.98	1.02	1.02
Tierra común com- pactada.	1.00	1.00	1.00	1.05	1.05	1.05	1.08	1.08
Arcilla dura y tenaz	1.10	1.10	1.10	1.12	1.12	1.12	1.16	1.18
Arcilla cohesiva húmeda.	1.10	1.10	1.10	1.12	1.12	1.12	1.16	1.18
Roca bien tronada	0.60	0.70	0.70	0.80	0.80	0.90	0.95	0.95
Escombros con ple- dras y raíces.	0.85	0.85	0.90	0.90	0.90	0.95	0.95	0.95

