

300615

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

5
2y.



**UNIVERSIDAD LA SALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
INCORPORADA A LA U. N. A. M.**

**"EL CONTROL DE CALIDAD EN LOS MATERIALES
UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCION DE
VIA FERREA"**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

ISIDRO GIRON LOPEZ

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

México, D. F., Enero de 1991.





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

"EL CONTROL DE CALIDAD EN LOS MATERIALES
UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCION DE UNA
VIA FERREA"

I.- Introducción

- I.1.- Diagnóstico General
- I.2.- Antecedentes Históricos
- I.3.- Principio de la Integración Ferroviaria
- I.4.- Vías Férreas Modernas
- I.5.- Control de Calidad

II.- Materiales para Terracerías, Sub-Balasto y
Balasto

- II.1.- Materiales para Terracería y Sub-Balasto
 - II.1.A.- Muestreo de Materiales
 - II.1.B.- Preparación de las Muestras
 - II.1.C.- Pruebas de Laboratorio
 - II.1.C.1.- Humedad de los Suelos
 - II.1.C.2.- Absorción del Material Pétreo Retenido en
la Malla 3/8"
 - II.1.C.3.- Densidad de los Suelos
 - II.1.C.4.- Determinación de los Pesos Volumétricos de
los Suelos

- II.1.C.5.- Determinación de la Composición
Granulométrica
- II.1.C.6.- Límites de Atterberg o Límites de
Plasticidad y Contracción Lineal
- II.1.C.7.- Equivalente de Arena
- II.1.C.8.- Prueba de Valor Cementante
- II.1.C.9.- Prueba Proctor Estandar
- II.1.C.10.- Prueba Procter

- II.2.- Materiales para Balasto
 - II.2.A.- Muestreo de Materiales
 - II.2.B.- Preparación de las Muestras
 - II.2.C.- Pruebas de Laboratorio
 - II.2.C.1.- Prueba de Desgaste de los Angeles
 - II.2.C.2.- Prueba de Intemperismo Acelerado
 - II.2.C.3.- Prueba de Índice de Durabilidad

- III.- Mortero y Concreto Hidráulico
 - III.1.- Materiales para Concreto y Mortero
Hidráulico
 - III.1.A.- Materiales para Concreto Hidráulico
 - III.1.B.- Materiales para Mortero Hidráulico
 - III.2.- Pruebas de Laboratorio en Agregados Pétreos
 - III.3.- Procedimiento de Cálculo del
Proporcionamiento de Mezclas de Concreto

Hidráulico

- III.4.- Pruebas de Laboratorio en Mortero
 - Hidráulico Endurecido
 - III.4.A.- Prueba de Resistencia a la Compresión
 - III.5.- Pruebas de Laboratorio en Concreto
 - Hidráulico Fresco
 - III.5.A.- Prueba de Revenimiento
 - III.5.B.- Prueba de Fluidéz
 - III.5.C.- Determinación del Contenido de Aire del Concreto Fresco por el Método de Presión
 - III.6.- Prueba de Laboratorio en Concreto
 - Hidráulico Endurecido
 - III.6.A.- Prueba de Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto
 - III.6.B.- Prueba de Resistencia a la Flexión con Carga en los Tercios
 - III.6.C.- Prueba de Resistencia a la Flexión con carga al centro
 - III.6.D.- Prueba de Resistencia a la Tensión por Compresión Diametral de Cilindros de Concreto
-
- IV.- Durmientes
 - IV.1.- Generalidades
 - IV.2.- Durmientes de Madera

- IV.2.A.- Calidad de los Durmientes de Madera
- IV.2.B.- Procedimientos para la Preservación en Durmientes de Madera
- IV.3.- Durmientes de Concreto Hidráulico
- IV.3.A.- Tipos de Durmiente de Concreto Hidráulico
- IV.3.A.1.- Pruebas en Durmientes del Tipo Monolítico
- IV.3.A.2.- Pruebas en Durmientes de Dos Bloques

V.- Vía

- V.1.- Generalidades
- V.2.- Rieles
- V.2.A.- Prueba de Impacto
- V.2.B.- Defectos Interiores
- V.2.C.- Acabado
- V.3.- Soldadura de Rieles
- V.3.A.- Soldadura Eléctrica
- V.3.B.- Soldadura Aluminotérmica
- V.4.- Accesorios de Sujeción
- V.4.A.- Juego de Perno, Tuerca y Roldana
- V.4.B.- Tirafondos
- V.4.C.- Grapas Elásticas, Grapillas y Etiquetas Ranuradas
- V.4.D.- Roldana Aislante
- VI.- Conclusiones
- Bibliografía

I.- INTRODUCCION

I.1.- Diagnóstico General

La modernización de los ferrocarriles ha sido iniciada. En los últimos años se han tomado medidas y obtenido avances irreversibles en la solución de los problemas más urgentes que estaban obstaculizando su desarrollo. Al mismo tiempo, se han establecido las bases para enfrentar los retos que involucrará el crecimiento del sector transportes, que está reclamando un sistema eficiente y coordinado, en el que el ferrocarril desempeñará un papel fundamental.

La estrategia de corto plazo ha sido tratar de aprovechar al máximo los recursos existentes, dando especial atención a los trabajos de mantenimiento y reconstrucción de la infraestructura y el equipo, así como a la capacitación del personal. También se ha tomado importantes medidas para modernizar los procedimientos operativos y mejorar la calidad de los servicios ofrecidos y reformar la organización y los sistemas administrativos. Además se ha estado aplicando una estricta disciplina presupuestal, políticas tarifarias realistas y disminuyendo costos, lo que aunado a la reestructuración de pasivos y asunción parcial de la deuda por parte del Gobierno

Federal ha permitido avances considerables en la búsqueda de la autosuficiencia financiera.

Entre 1986 y 1988 se han reconstruido cerca de 3000 km de vía, esfuerzo que medido en promedio anual, duplica lo realizado los 15 años anteriores. Sin embargo, aún quedan trabajos importantes por hacer para mejorar las condiciones físicas de las líneas y abatir el rezago acumulado de años. Todavía, por limitaciones en el calibre del riel, diferimiento en la sustitución de durmiente y balasto y la baja capacidad de muchos puentes, se impide en algunos tramos la circulación de los trenes a más altas velocidades y se imponen restricciones al peso por eje del equipo, para garantizar la seguridad.

En 1986 se inició un programa de reconstrucción de locomotoras y carros. Los talleres están siendo reorganizados con mejores sistemas de producción y control de calidad.

La comunicación es indiscutiblemente uno de los elementos primordiales para la eficiencia y seguridad en la operación. Hasta hace pocos años Ferrocarriles contaba únicamente con una extensa red telegráfica,

teléfono selectivo para despacho de trenes.

La computación y el teleproceso aplicados a la operación y a la administración ferroviaria constituyen uno de los principales factores de la modernización que ha comenzado a explotarse y que representan uno de los principales potenciales para competir con otros modos de transporte.

I.2.- ANTECEDENTES HISTORICOS

A mediados del siglo pasado se inició en nuestro país la construcción de la infraestructura para el Transporte ferroviario con el antiguo Ferrocarril Mexicano a Veracruz, inaugurado en 1873. Continuó el crecimiento de la red ferroviaria nacional desde la ciudad de México hacia la frontera norte a Cd. Juárez y Nuevo Laredo, la vía de Veracruz a Suchiate, en la frontera con Guatemala, el de Tehuantepec entre Coatzacoalcos y Salina Cruz y en forma casi simultánea las líneas México-Guadalajara y el antiguo Sud-Pacífico entre Guadalajara y Nogales, también hacia la frontera norte, aunque éste fue terminado en 1927, todos en concesión federal a empresas extranjeras.

Antes del inicio de la Revolución Mexicana, en 1905, nuestra red ferroviaria contaba con poco menos de 17 mil kilómetros, incluidos los ramales Transversales de mayor longitud, desde Tampico y Matamoros hasta conectar ambos con las Troncales México-Laredo y México-Cd. Juárez, así como los Ferrocarriles Unidos de Yucatán, originalmente con vía angosta en casi todo su desarrollo.

Los ferrocarriles, en aquella época, servían en su mayoría para el interés de los exportadores de materias primas.

Una vez en operación 23 mil Kms. de vías, férreas en 1930, por largo tiempo quedó diferida la construcción de nuevas líneas y fue hasta la década de los años 30 cuando se hicieron estudios y proyectos concienzudos para integrar la red férrea básica nacional.

Obviamente, las características geométricas de curvaturas y pendiente de nuestros ferrocarriles construidos hasta principios del siglo, no podían permanecer vigentes en una infraestructura de transporte que debería soportar equipo modernizado de tracción y de arrastre de mayor peso, a más altas

velocidades y con más frecuente circulación de Trenes.

I.3.- PRINCIPIO DE INTEGRACION FERROVIARIA

Entre los años 1940 y 1962 se adicionaron a la red ferrocarrilera al Ferrocarril del Sureste con 753 Kms, el Sonora-Baja California con 673 kms. y el Chihuahua-Topolobampo con 515 Kms. construido por el Gobierno Federal a través de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas permitiendo la comunicación ferrocarrilera ininterrumpida entre Mexicali, B.C.N. y Progreso Yucatán, así como el Centro y Sureste del País.

I.4.- VIAS FERREAS MODERNAS

El sistema ferroviario actual tiene 26,280 Km, de los cuáles 20,306 corresponden a vía principal, 4503 son vías secundarias y 1471 son vías particulares. Puede afirmarse que la totalidad de la red tiene vía ancha o estandar de 1.435 m. A principios de 1988 se terminó el ensanchamiento de los tramos de vía angosta de Merida a Peto y de Acanceh a Satuta, en la península de Yucatán, con un total de 210 Km. El último tramo de

vía angosta que resta en el sistema, es el de Oriental a Teziutlán de 90 km.

LONGITUD TOTAL DE VIAS

AÑO	KMS
1970	24,937
1975	25,052
1980	25,483
1985	25,888
1986	26,183
1987	26,280

El crecimiento de la longitud de la red férrea en los últimos años ha sido muy reducido. En la década de los 70s, se trabajó en el acortamiento de Viborillas, Qro. a Villa de Reyes, S.L.P.; el tramo de Rinconcillo, Gto. a Pozo Blanco, Gto. y el ramal de Corondico a Lázaro Cárdenas, terminado en 1981. Durante el período 1983-1988, se han intensificado los trabajos de infraestructura por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, encontrándose un importante número de proyectos en proceso, entre los que destacan la doble vía electrificada México-Queretaro y la relocalización del Ferrocarril Mexicano, entre los Reyes y Paso del Macho.

La mayor parte de las líneas están constituidas en los Ferrocarriles Mexicanos por vía única, lo que hace necesaria la existencia de laderos de encuentro para trenes, cuya capacidad en número de carros es muy variable. La longitud y separación de los mismos, junto con las condiciones geométricas de la vía, en cuanto a pendiente y curvatura, las características de potencia de las locomotoras y el peso por eje que puede soportar el riel y los puentes, así como la velocidad a la que circulan los trenes determinan la capacidad de las líneas, en cuanto al tráfico que pueden soportar por unidad de tiempo.

Es por lo anterior que las inversiones en modernización de las líneas, refuerzo de puentes y construcción y alargamiento de laderos son de vital importancia. En los últimos años se ha dado prioridad a dichos trabajos pero el rezago histórico, acumulado de años, ha hecho que quede todavía mucho por hacer.

A la fecha el 72% de la vía principal cuenta con riel de alto calibre, de 100 lbs/yda. a mayor.

No obstante, todavía hay ramales de líneas de baja

densidad de tráfico y patios que cuentan con riel ligero.

Desde 1960 se han venido haciendo importantes esfuerzos para modernizar la vía con riel pesado, soldado continuo y sujeción elástica, contándose actualmente con 7814 km de vía moderna, de los cuales 5056 están sobre durmiente de concreto y 2758 sobre durmientes de madera. Sin embargo, todavía el 62% de la red ferroviaria cuenta con vía clásica clavada y emplanchuelada.

I.5.- CONTROL DE CALIDAD

Las normas de Construcción de la SCT, en el Libro I relacionado con la contratación de obras, exigen a los contratistas que durante el período de ejecución de los trabajos en el sitio de los mimos, instalarán o contratarán los servicios de un laboratorio de control de calidad, con el equipo, personal y demás elementos necesarios que puedan controlar adecuadamente la calidad de los materiales de construcción y de la obra ejecutada.

Con base en las propias Normas de Construcción de la Secretaría verificará la calidad de los materiales y de los trabajos cada vez que lo juzgue necesario. Para esto último la Dirección General tiene instalados 17 laboratorios de Campo en lugares estratégicos de todas las vías férreas en construcción. Estos laboratorios están adscritos a las Residencias de Obras que reciben en primera instancia los resultados de los diversos ensayos de verificación. El equipo de que disponen los laboratorios es el necesario para las intervenciones que tienen diario, como son verificación de la calidad de concretos hidráulicos, morteros para mampostería, compactación de terraplenes y sub-balasto, así como granulometrías de balasto y de agregados inertes para concretos y morteros. Mas de 90% de las verificaciones necesarias son realizadas por los Laboratorios de Campo de la DGVF. En promedio hubo 2800 intervenciones mensuales de nuestros laboratorios de campo en 1986. Hay sin embargo, pruebas más complicadas o que requieren de aparatos o prensas de mayor tamaño como las pruebas físicas y químicas a cemento hidráulico, pruebas a placas de neopreno y a acero de presfuerzo y pruebas físicas a durmientes de concreto, entre otros. Para ello se cuenta con el auxilio permanente y oportuno de los laboratorios de la

Dirección General de Servicios Técnicos y de las Unidades de Laboratorio de los Centros SCT cercanos a las obras.

Los elementos de sujeción y apoyo entre riel y durmiente así como los juegos de cambio que entregan fabricantes especializados se reciben previa verificación dimensional y de características físicas efectuadas en los laboratorios de las propias fábricas por personal capacitado y comisionado para el objeto.

La Dirección General ha encomendado a la Subdirección Técnica el seguimiento de la producción, manejo y el control de calidad en la fabricación de durmientes de concreto producidos en las plantas de Los Reyes, Mex., Tizayuca, Hgo. y Panzacola, Tlax., la primera con piezas tipo bibloque y las dos últimas tipo monolítico. Al inicio de la producción de las fábricas de Los Reyes y de Panzacola tuvieron tropiezos principalmente en lo referente a la geometría ya que desmoldean las piezas inmediatamente después de fabricadas para entrar a la cámara de curado a vapor. En la planta de Tizayuca los durmientes colados entran dentro de su molde metálico a la cámara de vapor. Por la mejoría de los procedimientos constructivos el rechazo acumulado que

hasta 1985 fue de 5.8% en promedio, bajó en 1986 a 2.4% en Tizayuca y 1.4% en Panzacola.

En este trabajo se plantea en forma sencilla todo lo referente a la calidad que deben tener los diversos materiales que se emplean en la construcción, conjuntamente con los procedimientos de ejecución, los cuáles servirán para asegurar la calidad y el buen comportamiento de la obra por ejecutar. Esta calidad se comprobará mediante los métodos de prueba que se describen en el presente trabajo. Cabe hacer mención que para lograr una explicación clara se transcribieron fielmente algunos textos de las normas de construcción de la SCT.

CAPITULO II.- MATERIALES PARA TERRACERIAS SUB-BALASTO Y BALASTO.

II. 1.- MATERIALES PARA TERRACERIA Y SUB-BALASTO:

Materiales para terracerias: Son aquellos materiales que provienen de la corteza terrestre, ya sea que se extraigan de cortes o préstamos y que se utilizan en la construcción de terraplenes de rellenos, los cuales se pueden emplear solos, mezclados o estabilizados con otros materiales naturales o elaborados, en tal forma que reúnan las características adecuadas para su uso.

Materiales para sub-balasto: Son los materiales procedentes de suelos, depósitos naturales, rocas fragmentadas o alteradas, que generalmente no requieren ser triturados, cribados o lavados para su utilización.

En este capítulo se estudiará lo referente al muestreo de fragmentos de roca y suelos que se emplean en la construcción de terracerías y la preparación de las muestras obtenidas y la descripción de las pruebas de laboratorio que es necesario efectuar para conocer su calidad y prever su posible comportamiento en la obra y controlar sus características durante la construcción.

II. 1.A.- MUESTREO DE MATERIALES:

Será el conseguir una parte del material con el que se pretenda construir una estructura o bien del material que ya forma parte de la misma de tal manera que las características de la porción obtenida sean representativas del conjunto.

El muestreo incluye las operaciones de envase, identificación y transporte de las muestras.

El muestreo de suelos comprende dos tipos:

a) Muestras inalteradas.- Son aquellas en las que se conserva la estructura y la humedad que tiene el suelo en el lugar donde se obtenga la muestra.

b) Muestras alteradas.- Son aquellas que están constituidas por el material disgregado o fragmentado en las que no se toman precauciones especiales para conservar las características de estructura y humedad; no obstante en algunas ocasiones conviene conocer el contenido de agua original del suelo para lo cuál las muestras se envasan y transportan en la forma adecuada.

En este trabajo se estudiarán las muestras de materiales alterados, que se emplean en la construcción

de terracerías, ya que dichas muestras podrán obtenerse de una excavación, de un frente, ya sea de corte de banco. El peso mínimo de la muestra será de 40 kg que es la cantidad de suelo que comunmente se requiere para realizar las pruebas en materiales de terracería, esta cantidad deberá obtenerse de una muestra representativa mediante el procedimiento de cuarteo. El espaciamiento de los sondeos y el número de muestras que se tomen deberá estar de acuerdo con la homogeneidad del suelo y del tipo de estudio que se trate. En suelos que presentan pocas variaciones en sus características, el espaciamiento de los sondeos será mayor que en suelos heterogéneos. Igualmente en los estudios preliminares el espaciamiento será mayor que en los estudios definitivos.

En préstamos laterales continuos con materiales homogéneos, se recomienda que los sondeos se hagan a distancias no mayores de 250 m y a la profundidad suficiente para definir el espesor del material aprovechable; en el caso de préstamo de banco localizados fuera de derecho de vía, se recomienda hacer un sondeo por cada 1600 m² de superficie, preferentemente formando una cuadrícula y una profundidad suficiente de acuerdo con el volumen

requerido; tratándose de cortes se recomienda hacer 3 sondeos como mínimo, en el sentido del cadenamamiento que abarque el ancho de la terracería, aunque en este caso el criterio de muestreo se determinará de acuerdo con su finalidad y las condiciones especiales del lugar, puesto que existen otros procedimientos para el estudio de cortes, que pueden hacer variar lo relativo a la toma de muestras; si se considera que el material es heterogeneo se deberán hacer los sondeos intermedios.

II. I.B.- PREPARACION DE LAS MUESTRAS:

La preparación de una muestra llevada a laboratorio comprende las siguiente operaciones: •

- a) Secado
- b) Disgregación
- c) Cuarteo

a) Secado.- El material debe secarse para eliminar el agua que contiene a un grado tal que permita su fácil disgregación y manejo, exponiéndola al sol, extendiendo todo el material sobre una superficie limpia y tersa o bien en charolas de lámina, en un horno de temperatura baja de 40oC. a 60oC. En ambos casos es

conveniente revolver periódicamente el material para lograr un secado mas rápido y uniforme, hasta bajar su humedad a un grado tal que permita la fácil disgregación y manejo de la muestra.

Cuando la muestra llegue al laboratorio con una humedad que permita su disgregación, sera necesario someterla al proceso de secado que anteriormente se indicó. Debe ponerse especial atención en que el secado de la muestra no se haga a temperatura elevada porque podría dar lugar a una alteración de ciertas características del material, como son la cohesión, la plasticidad, etc, lo cuál conduciría a la obtención de resultados erróneos en las pruebas a que se vaya a sujetar el material posteriormente.

En el caso de materiales finos de elevada plasticidad, el secado total provoca la formación de grumos muy difíciles de disgregar, que dificultan el lavado de la muestra y el paso a través de la malla #200 y que inclusive pueden originar resultados erróneos respecto al material que se ha retenido en dicha malla.

b) Disgregación.- Esta tiene por objeto hacer la separación de las diferentes partículas de material que

conveniente revolver periódicamente el material para lograr un secado mas rápido y uniforme, hasta bajar su humedad a un grado tal que permita la fácil disgregación y manejo de la muestra.

Cuando la muestra llegue al laboratorio con una humedad que permita su disgregación, sera necesario someterla al proceso de secado que anteriormente se indicó. Debe ponerse especial atención en que el secado de la muestra no se haga a temperatura elevada porque podría dar lugar a una alteración de ciertas características del material, como son la cohesión, la plasticidad, etc, lo cuál conduciría a la obtención de resultados erróneos en las pruebas a que se vaya a sujetar el material posteriormente.

En el caso de materiales finos de elevada plasticidad, el secado total provoca la formación de grumos muy difíciles de disgregar, que dificultan el lavado de la muestra y el paso a través de la malla #200 y que inclusive pueden originar resultados erróneos respecto al material que se ha retenido en dicha malla.

b) Disgregación.- Esta tiene por objeto hacer la separación de las diferentes partículas de material que

forman la muestra, para que esta pueda ser mezclada y cuarteada posteriormente, para obtener porciones representativas de la misma y efectuar en ella las diferentes pruebas.

En materiales no cohesivos esta separación es fácil de hacer; no así en el caso de materiales granulares cementados o en el caso de rocas alteradas, en donde el material va reduciéndose de tamaño a medida que avanza el proceso de disgregación hasta quedar frecuentemente reducido a polvo. La disgregación de la muestra deberá llevarse hasta un grado mínimo de disgregación que deba exigirse durante la construcción de la estructura que se trate, para lograr un empleo correcto del material propuesto.

El equipo necesario para efectuar la disgregación es el siguiente:

Mazo de madera de 1 kg de peso

Charola de lámina

Báscula de 120 kg de capacidad y 10 g de aproximación

Mallas con aberturas cuadradas

Malla	Abertura en mm
#4	4.76

2"	50.80
1"	25.40
3/8"	9.52

La disgregación del material deberá hacerse en una charola de lámina, la cuál será colocada sobre una mesa con cubierta de madera y el mazo deberá golpear verticalmente sobre el material, desde una distancia no mayor de 20 cm, primeramente deberá cribarse todo el material a través de la malla #4. El material retenido se cribará nuevamente por la malla de 2" y la fracción retenida en dicha malla deberá golpearse con el mazo hasta obtener partículas que ya no sean disgregables. El material así tratado se cribará nuevamente por la malla de 2", juntándose el material que pasa por la malla con el obtenido en la primera operación de cribado a través de la malla de 1", disgregando el retenido y procediendo como en el caso anterior.

Se repetirá el procedimiento empleando la malla de 3/8" y la malla #4. Se combinarán finalmente todos los productos obtenidos en estas operaciones para constituir la muestra que va a ser mezclada y cuarteada en la siguiente etapa de preparación de la muestra. El

cuadro siguiente muestra esquemáticamente la secuela de operaciones:

c) Cuarteo.- El cuarteo tiene por objeto obtener de una muestra porciones representativas de tamaño adecuado para efectuar las pruebas de laboratorio que se requieran, para efectuar el cuarteo se deberá seguir el procedimiento que se indica a continuación:

Se formará un cono con la muestra para seccionarlo por cuadrantes; para eso se revuelve primero todo el material hasta que presente un aspecto homogéneo, traspaleando de un lugar a otro unas 4 veces sobre una superficie sensiblemente horizontal, lisa y limpia. Se procederá después a formar un cono, depositando con la

pala el material en el vértice del mismo permitiendo que dicho material por si solo busque su acomodo y procurando a la vez que la distribución se haga uniforme. El cono se transformará en un cono truncado, encajando la pala del vértice hacia abajo y haciendo girar alrededor del eje del cono, con el fin de ir desalojando el material hacia la periferia hasta dejarlo con una altura de 15 cm a 20 cm, enseguida dicho cono truncado se dividirá y separará en cuadrantes por medio de una regla de dimensiones adecuadas. Se mezclará el material de dos cuadrantes opuestos en forma diagonal y con éste; en caso de ser necesario se repite el procedimiento anterior sucesivamente hasta obtener la muestra del tamaño requerido. Se deberá tener cuidado de no perder el material fino en cada operación de cuarteo.

II. I.C. PRUEBAS DE LABORATORIO:

1.C.1.- HUMEDAD DE LOS SUELOS:

La humedad de un suelo se define como la relación del peso del agua contenida en el suelo al peso de sólidos expresada en porciento:

$$W = Pa/Ps \times 100$$

En donde:

W = Contenido de humedad (%)

Pa = Peso de agua en el suelo (g)

Ps = Peso del suelo seco (g)

La determinación de la humedad se efectuará siguiendo el procedimiento de prueba estandar, o bien cuando no se requiera mucha exactitud se podrá aplicar la prueba rápida. El equipo necesario para realizar la prueba rápida será el siguiente:

- Balanza con aproximación de 0.01 g
- Horno
- Cápsulas metálicas o bien charolas de lámina

El procedimiento de prueba será el siguiente:

a).- Se pesa un recipiente limpio y seco, con su tapa y se anota este peso como Pt en gramos.

b).- Se coloca la muestra del suelo húmedo en el recipiente con su tapa en la balanza y se registra su peso como P1 en gramos.

c).- Posteriormente se despoja al recipiente de su tapa y se mantiene la muestra en el horno a una

temperatura (105 ± 5 grados Celcius) durante un periodo de tiempo (16 a 20 horas).

d).- Una vez que se ha secado la muestra es retirada del horno y se deja enfriar hasta que alcance la temperatura ambiente, finalmente se pesa en su recipiente original, previamente tapado y se registra su peso como P2 en gramos.

El procedimiento de cálculo se realizará con la siguiente fórmula:

$$W = \frac{P1 - P2}{P2 - Pt} \times 100$$

En donde:

W= Contenido de humedad o agua (%)

P1= Peso de la muestra húmeda mas el peso del recipiente (g)

P2= Peso de la muestra seca mas el peso del recipiente (g)

Pt= Peso del recipiente (g)

1.C.2.- ABSORCION DEL MATERIAL PETREO RETENIDO EN LA MALLA DE 3/8"

Este procedimiento de prueba sirve para determinar la cantidad de agua que absorbe el material pétreo, cuando

se le deja sumergido en agua a temperatura de 15oC. a 25oC. durante 24 horas.

Para preparar la muestra tómesese una porción representativa del material, la cuál se cribará por la malla de 3/8". La muestra para esta prueba se tomará del material retenido en dicha malla y deberá tener un peso de 500 g pudiendo reducir a 30 g cuando el material pétreo tenga un aspecto homogéneo.

El procedimiento de prueba será el siguiente:

El material pétreo deberá sumergirse en un recipiente que contenga agua a una temperatura de 15oC. a 25oC. y mantenerse así durante 24 horas, finalizando este tiempo deberá extraerse la muestra del recipiente y proceder a su secado superficial utilizando un lienzo absorbente ligeramente humedecido. Esta operación deberá hacerse rápidamente a fin de evitar cualquier pérdida de humedad por evaporación. Se pesará el material saturado y superficialmente seco, anotándose dicho peso como Pw.

Se secará la muestra en un horno a temperatura constante entre 100oC. y 110oC. durante 20 horas aproximadamente y se pesará cuando se haya enfriado a

la temperatura ambiente, registrándose el peso como Ps.

La absorción se calculará de la siguiente manera:

$$W_a = \frac{P_w - P_s}{P_s} \times 100$$

En donde:

Wa= Humedad de absorción (%)

Pw= Peso de la muestra saturada y
superficialmente seca (g)

Ps= Peso de la muestra seca (g)

1.C.3.- DENSIDAD DE LOS SUELOS

La densidad absoluta de un cuerpo es la masa de dicho cuerpo contenida en la unidad de volumen, sin incluir sus vacíos.

La densidad aparente es la masa de un cuerpo contenida en la unidad de volumen, incluyendo sus vacíos.

La densidad relativa de un sólido es la relación de su densidad a la densidad absoluta del agua destilada a la temperatura de 40°C.

La densidad relativa aparente de un material petreo se define como la relación de la densidad absoluta de dicho material; incluyendo sus vacíos, a la densidad absoluta del agua destilada a 40oC. que tiene un valor de un gramo por centímetro cúbico.

La densidad relativa de un suelo se define como la relación de la densidad absoluta promedio de las partículas que constituyen el suelo y la densidad absoluta del agua destilada a 40oC. que tiene un valor de un gramo por centímetro cúbico.

La densidad relativa queda expresada por un número abstracto y la densidad absoluta se acostumbra a expresarla en gramos masa por centímetro cúbico.

Expresado en forma de ecuación que tendría:

$$D_s = \frac{M_s}{V_s}$$

$$D_r = \frac{D_s}{D_w}$$

$$D_a = \frac{M_s}{V_t}$$

$$D_r = \frac{D_a}{D_w}$$

En donde:

D_r = Densidad relativa del sólido

- Un tanque de enfriado mediante agua en circulación
- Malla No. 4
- Un horno

El procedimiento a seguir en la prueba es el siguiente: Se llena el matr az con agua destilada hasta el aforo. Col quese el matr az en el tanque de enfriado y mant ngase en  l, hasta lograr una temperatura de mas o menos 20oC. An tense la temperatura exacta alcanzada por el agua. Compr ebese si el agua destilada tiene el nivel correcto y, en caso de que falte, compl etese con agua destilada hasta el nivel de aforo. Ret rese el matr az del tanque de enfriado, s quese exteriormente y p sese.

An tense este peso P1, y vac ese el matr az.

T mese una muestra secada, disgregada y cuarteada de aproximadamente 100 g y p sese. Dicha muestra ya debe estar cribada en la malla No. 4. Determ nense la humedad de la muestra y calc lese el peso seco Ps. Introduzcase la muestra de material en el matr az vac o y agr guese agua destilada hasta la mitad de la capacidad, aproximadamente. Col quese el matr az en la parrilla y ll nense a ebullici n a fin de expulsar el

D_s = Densidad absoluta del sólido,
en g/cm³

D_a = Densidad aparente del sólido,
en g/cm³

D_w = Densidad absoluta del agua
destilada a 40°C, 1g/cm³

M_s = Masa del sólido, en g-masa

V_s = Volúmen del sólido, en cm³

V_t = Volúmen del sólido mas volúmen
de huecos, en cm³

DENSIDAD RELATIVA APARENTE DEL MATERIAL PÉTREO RETENIDO EN LA MALLA DE 3/8"

La determinación de la densidad relativa aparente del material pétreo retenido en la malla de 3/8", está relacionada con la prueba de absorción y da una idea general de la calidad del material pétreo. En términos generales se puede decir que a densidades altas y bajas absorciones, corresponden materiales compactos y resistentes, a no ser que presenten planos o superficies de debilitamiento. Sin embargo existen materiales porosos de baja densidad y alta absorción que son bastante resistentes y que se identifican fácilmente por la presencia de poros o cavernas a

simple vista.

El equipo necesario para la prueba es el siguiente:

- Una balanza de 0.1 g de aproximación
- Un recipiente para saturar el material
- Un lienzo absorbente
- Un picnómetro del tipo sifón
- Una probeta graduada de 250 cm³

El procedimiento a seguir en la prueba es el siguiente:

La muestra de material pétreo, previamente cribado por la malla de 3/8", para eliminar el material que pasa dicha malla se satura durante 24 horas y se secará superficialmente. Se registrará el peso P_w del material húmedo y superficialmente seco y se sumergirá con todo cuidado en el picnómetro lleno de agua que ha sido llenado al nivel del derrame, el cuál deberá permanecer fijo durante la prueba. Se recogerá en la probeta graduada toda el agua desalojada por el material pétreo y se medirá el volumen de ella. Se extraerá del picnómetro la muestra del material pétreo y se procederá a secarla en un horno a temperatura constante de 100°C. a 110°C. durante 20 horas aproximadamente.

Después de secada, se dejará enfriar la muestra del

material hasta que alcance la temperatura ambiente y se registrará su peso Ps.

La densidad relativa aparente se calculará con la fórmula:

$$Dr = \frac{Ps}{Vt \cdot Dw}$$

En donde:

Dr= Densidad relativa aparente

Ps= Peso de la muestra seca en g

Vt= Volúmen desalojado en cm³

Dw= Densidad absoluta del agua = 1
g/cm³

DENSIDAD RELATIVA DEL MATERIAL QUE PASA POR LA MALLA

No. 4

El equipo necesario para la prueba es el siguiente:

- Un matr az aforado a 500 cm³
- Una balanza de 1 kg de capacidad y de 0.1 g de aproximaci n
- Un term metro calibrado de 0oC. a 50oC.
- Una parrilla el ctrica

aire atrapado en el término de una hora. Colocar el matríz en el tanque de enfriamiento y complétese con agua destilada el volúmen faltante, manteniéndolo el tiempo necesario hasta que alcance la temperatura registrada para el agua destilada, con tolerancia de 10C., e igual aproximadamente a 200C. Retírese el matríz del tanque de enfriado, séquese superficialmente y regístrese su peso P2.

La densidad relativa se calculará con la formula siguiente:

$$Dr = \frac{Ps}{Ps + P1 - P2}$$

En donde:

P1= Peso del matríz lleno de agua
hasta la marca de aforo

Ps= Peso seco de los sólidos

P2= Peso del matríz conteniendo los
sólidos y el agua

Pw= Peso de un volúmen de agua
destilada equivalente al volúmen
de los sólidos

Dr= Densidad relativa de los sólidos

En la fórmula anterior el denominador representa el valor del peso de un volumen de agua destilada equivalente al volumen de los sólidos, como se observa a continuación:

1.C.4.- DETERMINACION DE LOS PESOS VOLUMETRICOS DE LOS SUELOS

El peso volumétrico húmedo de un suelo es el peso del agua de las partículas sólidas del suelo contenidas en la unidad de volumen, considerando los huecos que existen entre ellos.

Para conocer el peso volumétrico húmedo se utiliza la fórmula siguiente:

$$Y_w = \frac{P_w}{V}$$

En donde:

Y_w = Peso volumétrico húmedo (kg/m³)

P_w = Peso del material húmedo (kg)

V = Volumen del suelo incluyendo los huecos (m³)

El peso volumétrico seco de un suelo es el peso de las partículas sólidas del suelo contenidas en la unidad de volúmen, considerando los huecos que existen entre ellos. Se conocerá mediante la siguiente fórmula:

$$Y_s = \frac{P_s}{V}$$

En donde:

Y_s = Peso volumétrico seco (kg/m³)

P_s = Peso del material seco (kg)

V = Volúmen del suelo incluyendo los huecos (m³)

El peso volumétrico suelto es el peso por unidad de volúmen secado considerando los vacíos que quedan entre sus partículas, cuando no han estado sujetas éstas a un proceso especial de acomodo.

El equipo necesario para la realización de esta prueba es el siguiente:

- Un recipiente cilíndrico de 10 litros de volúmen, 25.24 cm de diámetro y 20 cm de altura
- 2 reglas de 20 cm y 30 cm
- 1 balanza de 20 kg de capacidad y 1 g de

aproximación

El procedimiento es el siguiente:

- a) Se tomará una cantidad suficiente de material previamente secado en forma parcial y disgregado.
- b) Se colocará sobre el recipiente cilíndrico dejando caer el material desde una altura de 20 cm lo cual se verificará con la regla de esa misma longitud.
- c) Se envasará el recipiente con la regla de 30 cm cuidando que no se compacte el material.
- d) Se pesará y a este peso se descontará el peso del recipiente y se dividirá entre el volumen del mismo.
- e) Se corregirá este peso por la humedad presente en el material.

El cálculo se hará con la siguiente fórmula:

$$Y_f = \frac{100 P}{v (100+W)}$$

En donde:

Yf= Peso volumétrico suelto (kg/m³)

P= Peso del material contenido en el
recipiente (kg)

V= Volúmen del recipiente (m³)

W= Humedad del material (%)

El peso volumétrico seco en el lugar es el peso del material seco contenido en la unidad de volúmen, considerando los huecos que quedan en sus partículas, cuando han adquirido éstas un cierto acomodo, ya sea por un proceso natural o por un proceso mecánico de compactación.

El equipo necesario para la realización de esta prueba mediante el procedimiento de arena es el siguiente:

- Una barreta de acero con un extremo terminado en punta y el otro plano.
- Arena lavada y clasificada entre las mallas Nos. con un peso de 5 kg para cada sondeo
- Una cinta métrica
- Balanza de 20 kg de capacidad y 1 g de aproximación.

El procedimiento para la prueba será el siguiente:

- a) Se realizará una excavación en el suelo cuyo peso volumétrico se desee determinar, las dimensiones

deberán ser aproximadamente para materiales finos que pasen la malla No. 4; de 15 cm de diámetro y 15 cm de profundidad, para materiales con agregados gruesos de 25 a 30 cm de diámetro y 20 cm de profundidad.

b) Se pesará el material extraído de la excavación y se tomará una muestra para determinar su humedad.

c) Se determinará el volúmen de la excavación de la manera siguiente:

- Se pesará una cantidad conveniente de arena, de tal manera que sea mayor a la cantidad necesaria para llenar el sondeo, anotando su peso inicial.

P1

d) Se llenará el sondeo con la arena, depositándola desde una altura constante de 10 cm, con el fin de evitar compactación en la arena.

e) Se nivelará la arena hasta el borde superior de la excavación dejando una superficie plana con la ayuda de la regla. Se anotará el peso de la arena que llenó la excavación mediante la fórmula:

$$Pa = P1 - Pf$$

En donde:

Pa = Peso arena que lleno la
excavación (kg)

Pl = Peso arena inicial (kg)

Pf = Peso arena sobrante de la
excavación (kg)

f) Se calculará el volúmen de la excavación, con la
fórmula:

$$V = Pa/fa$$

En donde:

V = Volúmen de la excavación (m3)

fa= Peso volumétrico de la arena
(kg/m3)

g) Se calculará el peso volumétrico húmedo del suelo
con la siguiente fórmula:

$$fw = \frac{Pw}{V}$$

En donde:

f_w = Peso volumétrico húmedo del
suelo (kg/m³)

P_w = Peso material húmedo extraído
del sondeo (kg)

h) Una vez determinada la humedad que contiene el
suelo; se calculará el peso volumétrico seco, con la
siguiente fórmula:

$$f_s = \frac{f_w}{100 + w} \times 100 \quad \text{o bien}$$

$$f_s = \frac{P_s}{V} = \frac{P_w}{v(100+w)} \times 100$$

En donde:

f_s = Peso volumétrico seco del suelo
(kg/m³)

W = Humedad del suelo

1.C.5.- DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA

Esta es una prueba definitiva para juzgar la calidad de
un material, de acuerdo con el fin que se destina y se
verifica, mediante la determinación de los tamaños de

las partículas que forman el suelo.

La composición granulométrica representa gráficamente o numéricamente, la distribución de los diferentes tamaños de las partículas que componen el suelo. En la determinación de la composición granulométrica del material retenido en la malla #4 por cribado en seco, deberá obtenerse una porción representativa de unos 10 dm³, aproximadamente.

El equipo necesario para la prueba es:

- Una balanza de 20 kg de capacidad y 1 g de aproximación.

- Un juego de cribas Tyler de las siguientes aberturas:

3" - 75.0 mm	3/4" - 19.0 mm
2" - 50.0 mm	1/2" - 12.5 mm
1 1/2" - 37.5 mm	3/8" - 9.52 mm
1" - 25.0 mm	No. 4 - 4.75 mm

- Charolas de lámina.

El procedimiento de la prueba es el siguiente:

Por lo general se utilizará el mismo material que fue empleado en la determinación del peso volumétrico seco suelto anotándose su peso Pt. Posteriormente se

tamizará a través de las cribas indicadas, comenzando por la de mayor abertura y siguiendo el orden en que aparecen anotadas. Para facilitar esta operación se imprimirá a las cribas un movimiento lateral y vertical que produzca una vibración para mantener el material en constante movimiento. Las porciones retenidas en cada una de las cribas mencionadas así como la porción que pasa la malla #4, se pesarán en la balanza anotándose los resultados obtenidos. Los pesos de las porciones retenidas en cada criba deberán expresarse como porcentajes del peso de la muestra total Pt.

Ejemplo:

MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL g	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULATIVO	%QUE PASA LA MALLA
50.8mm (2")	665	665 -----x100=4.9 13540	3 1/2 = 4.9	100-4.9 = 95.1
38.1mm (1 1/2")	3060	3060 -----x100=22.6 13540	4.9+22.6=27.5	100-27.5= 72.5
25.4mm (1")	2853	2853 -----x100=21.0 13540	27.5+21.0=48.5	100-48.5= 51.5
9.05mm (3/4")	1352	=10	=58.5	= 41.5
9.52mm (3/8")	2575	=19.0	=77.5	= 22.5
#4	1490	=11.0	=88.5	= 11.5
Pasa #4	1545	=11.5		
SUMA	13540	100.0		

En la determinación de la composición granulométrica del material que pasa la malla #4 se cortará por cuarteo una muestra de 500 a 600 g, que se pondrá a secar en un horno a temperatura de 100°C. a 110°C. hasta que permanezca su peso constante. En casos de suelos finos de elevada plasticidad, en que el secado total de la muestra pueda dar lugar a la formación de grumos difíciles de disgregar, la prueba deberá de hacerse en la muestra parcialmente seca.

El equipo necesario para realizar la prueba será:

- Una balanza con capacidad de 1 kg y 0.1 g de aproximación
- Horno
- Vaso de aluminio de 500 cm³
- Agitador metálico de 1/4" de diámetro y 20 cm de longitud
- Un juego de cribas Tyler de las aberturas siguientes:

Malla No.	10	-	2.00 mm
	20	-	0.85 mm
	40	-	0.425 mm
	60	-	0.250 mm
	100	-	0.150 mm
	200	-	0.075 mm

El procedimiento de prueba será el siguiente: .

De la muestra preparada como se indica anteriormente, se tomarán por cuarteo 200 g, en el caso de tratarse de muestras secas.

Esta muestra se colocará en el vaso metálico y se le añadirán 200 cm³ o mas de agua, dejándose en reposo durante 12 horas. Después de este tiempo, se procederá a lavar la muestra a través de la malla No. 200, agitando el contenido del vaso con una varilla durante 15 segundos en forma de 8 y dejando reposar durante 30 segundos dicho contenido. Se decantará sobre la malla todo el material fino en suspensión y se repetirá el proceso todas las veces que sea necesario hasta que el agua quede limpia.

A continuación se devolverá al vaso de metal el material fino que se haya retenido en la malla, utilizando un poco de agua, que se decantará del vaso al final de la operación. Se secará en el mismo vaso todo el material que se retuvo en la malla No. 200 hasta peso constante y se tamizará a través de las mallas anteriormente mencionadas.

El procedimiento de cálculo se muestra en la tabla



SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
CONTROL DE CALIDAD
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

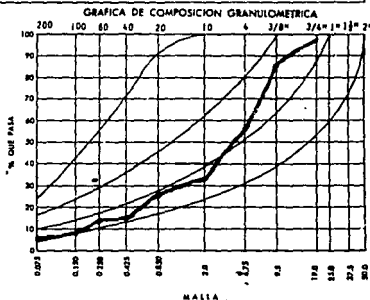
INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE

OBRA VIA FE. EA. MEXICO-NVO. LAREDO SONDEO NUM. 1 NÚM. ENSEY N° 1236
LOCALIZACION TRAMO VIBORILLAS-VILLA DE REYES FECHA DE RECIBO 5 - VI - 86
(CUBRAS, CONTRA, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CAMBARIENTO ETC.) FECHA DE INFORME 31 - VI - 86
KM. 28+500 DESV. DERECHO

DAITOS DEL MUESTREO
MATERIAL PARA CAPA DE: SUB-BASE BASE
DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL TEPILATE
CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO SONDEO NUM. 1
TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO _____
UBICACION DEL BANCO _____

P.E. SECO SUELTO kg/m ³	923
P.E. MAXIMO kg/m ³	1280
HUMEDAD OPTIMA %	34
P.E. DEL LUGAR kg/m ³	1040
HUMEDAD DEL LUGAR %	23

MALLA		% RETENIDO
2" EN RD		
1 1/2" EN 3/2		
		% QUE PASA
2"		
1 1/2"		
1"		
3/4"		
3/8"	98	
2/8"	88	
4"	58	
10"	32	
20"	25	
40"	15	
60"	13	
100"	9	
200"	6	



W.B. (ESTANDAR) % 128
EXPANSION % 0.0
VALOR CEMENTANTE kg/cm³ 3.479
EQUIVALENTE DE ARENA % _____

PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA N° 20
ABSORCION % 18.7
DENSIDAD 1.93
DURABILIDAD _____

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N° 20
LIMITE LIQUIDO % 49 EQUIV. NUM. DE CAMPO % _____
LIMITE PLASTICO % N.P. CONTRACCION LINEAL % 1.8
INDICE PLASTICO % N.P. CLASIFICACION SOP _____

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

EL LABORATORISTA C. MIGUEL J. LOPEZ SOTO EL JEFE DEL LABORATORIO C. ANTONIO SEGUNDO MORALES V. B. _____

siguiente:

TABLA DE SCT ANALISIS VOLUMETRICO

1.C.6.--LIMITES DE ATTERBERG O LIMITES DE PLASTICIDAD Y
CONTRACCION LINEAL.

Estas pruebas tienen por objeto conocer las características de plasticidad de la porción de suelo que pasa por la malla No.40 cuyos resultados se utilizan principalmente para la identificación y clasificación de los suelos.

La plasticidad es la propiedad de algunos suelos que les permite bajo ciertas condiciones de humedad, mantener la deformación producida por un esfuerzo que les ha sido aplicado en forma rápida sin agrietarse, desmoronarse o sufrir cambios volumétricos apreciables.

De acuerdo con su contenido de agua, los suelos pueden estar en alguno de los siguientes estados de consistencia:

ESTADO SOLIDO	ESTADO SEMISOLIDO	ESTADO PLASTICO	ESTADO SEMILIQUIDO	ESTADO LIQUIDO
	L.C.	L.P.	L.L. #	

L.P.

-----|

L.L.

-----|

I.P.

-----|

Las fronteras entre los estados de consistencia establecidos por Atterberg bajo el nombre de límites de consistencia, los cuales se indican a continuación:

Límite Líquido (L.L.) : Es el contenido de agua que tiene un suelo cuando se encuentra justamente en la frontera del estado semi-líquido y plástico.

Límite Plástico (L.P.) : Es el contenido de agua que tiene un suelo cuando se encuentra en la frontera del estado plástico y el estado semi-sólido.

Límite de Contracción (L.C.): Es el contenido de agua que tiene un suelo cuando se encuentra justamente en la frontera del estado semi-sólido y sólido.

Índice Plástico (I.P.): Es la diferencia aritmética entre el límite líquido y el límite plástico.

La contracción lineal de un suelo es la reducción del volumen del mismo, medida en una de sus dimensiones y expresado como porcentaje de la dimensión original, cuando la humedad se reduce desde la correspondiente al límite líquido hasta el límite de contracción. El límite de contracción corresponde al contenido

de agua para el cuál el suelo alcance su máxima contracción.

Para definir las características de plasticidad de los suelos se utiliza el límite líquido, el índice plástico y la contracción lineal.

Para la determinación del límite líquido de un suelo se emplea el procedimiento de Casagrande, según el cuál se define como límite líquido el contenido de agua de la fracción de suelo que pasa la malla No. 40 cuando al ser colocado en la copa de Casagrande y efectuar en ella una ranura trapecial de dimensiones especificadas, los bordes inferiores de la misma se ponen en contacto en una longitud de 13 mm después de golpear la copa 25 veces, dejándola caer contra una superficie dura de características especiales desde una altura de 1 cm a la velocidad de 2 golpes por segundo.

El equipo necesario para realizar la prueba es el siguiente:

- Cápsula de porcelana de 12 cm de diámetro.
- Espátula de hoja de acero flexible de 12 cm.
- Cuentagotas.
- Copa de Casagrande calibrada para una altura de caída

de 1 cm provista de ranuradores, uno plano y otro curvo.

-Vidrios de reloj

-Balanza de 200 g de capacidad y 0.01 g de aproximación.

-Horno

El procedimiento para realizar la prueba es el siguiente:

a) Para determinar los límites de plasticidad y la contracción lineal se emplean 250 g de material previamente cribado por la malla No. 40 , los cuales se toman de una porción representativa.

La muestra se coloca en un recipiente apropiado, se le agrega agua en la cantidad necesaria para que tome el aspecto de material saturado y se deja en reposo durante mas o menos 24 horas.

b) Se toma una muestra de 150 g del material preparado anteriormente, se coloca una cápsula de porcelana y se procede a mezclar la humedad con la espátula.

c) Logrado lo anterior se coloca en la copa de

Casagrande, previamente calibrada, una cantidad suficiente del material para que una vez extendida por medio de la espátula se tenga un espesor de 1 cm en la parte central de la muestra colocada. Para extender el material se procede del centro hacia los lados, sin aplicar una presión excesiva y con el mínimo de pasadas con la espátula.

d) Se efectúa una ranura en la parte central del material que contiene la copa con una pasada firme del ranurador, manteniéndole siempre normal a la superficie de la copa.

e) Se acciona la manivela del aparato para hacer caer la copa, a razón de 2 golpes por segundo hasta completar 25 golpes. Se observa que los bordes inferiores de la ranura se pongan en contacto en una longitud de 13 mm.

g) Si se observa que los bordes inferiores se unen antes de aplicar los 25 golpes, se procederá a mezclar el material con el objeto de que pierda humedad, repitiéndose el procedimiento a partir del inciso b al inciso e de tal manera que a los 25 golpes se cierren los bordes inferiores en una longitud de 13 mm.

Casagrande, previamente calibrada, una cantidad suficiente del material para que una vez extendida por medio de la espátula se tenga un espesor de 1 cm en la parte central de la muestra colocada. Para extender el material se procede del centro hacia los lados, sin aplicar una presión excesiva y con el mínimo de pasadas con la espátula.

d) Se efectúa una ranura en la parte central del material que contiene la copa con una pasada firme del ranurador, manteniéndole siempre normal a la superficie de la copa.

e) Se acciona la manivela del aparato para hacer caer la copa, a razón de 2 golpes por segundo hasta completar 25 golpes. Se observa que los bordes inferiores de la ranura se pongan en contacto en una longitud de 13 mm.

g) Si se observa que los bordes inferiores se unen antes de aplicar los 25 golpes, se procederá a mezclar el material con el objeto de que pierda humedad, repitiéndose el procedimiento a partir del inciso b al inciso e de tal manera que a los 25 golpes se cierren los bordes inferiores en una longitud de 13 mm.

h) Finalmente se coloca en un vidrio de reloj 100 g de la muestra contenida en la copa de Casagrande para efectuar la determinación de la humedad (L.L.)

Con la formula:

$$WL = \frac{P1-P2}{P2-Pt} \times 100$$

Donde:

WL= Humedad en L.L.

P1= Peso de la muestra húmeda + Peso del recipiente.

P2= Peso de la muestra seca + Peso del recipiente.

Pt= Peso del recipiente.

El límite plástico de un suelo se define como el mínimo contenido de agua de la fracción que pasa la malla No. 40 , para que pueda formar con ella cilindros de 3 mm sin que se rompan o desmoronen.

El equipo necesario para realizar la prueba es el siguiente:

- Cápsula de porcelana de 12 mm de diámetro.
- Espátula de acero flexible de 12 cm.
- Placa de vidrio de (40 x 40 x 1.5 cm)
- Balanza de 200 g de capacidad y 0.1 g de aproximación.

- Placa de vidrio de (11 x 11 x 0.6 cm) con dos cinchos paralelos de alambre de 3,2 mm (1/8") de diámetro.
- Vidrio de reloj.
- Horno.

El procedimiento para realizar la prueba es el siguiente:

A) Se toma una muestra del material preparado anteriormente, a la cuál se le dá la forma de una esfera de 12 mm de diámetro que deberá moldearse con los dedos para que pierda la humedad y se forma un cilindro manipulándolo sobre la palma de la mano, aplicando con los dedos la presión necesaria para tal objeto.

B) A continuación se rola el cilindro con los dedos de la mano sobre la placa de vidrio, dándole la presión requerida para reducir su diámetro hasta que sea uniforme en toda su longitud y ligeramente mayor de 3.2 mm.

C) Si al alcanzar dicho diámetro el cilindro no se rompe en varias secciones simultáneas, su humedad es

superior a la del límite plástico. En este caso, se deberá juntar todo el material, se forma nuevamente una pequeña esfera, manipulándola con los dedos para facilitar la pérdida de agua y lograr una distribución uniforme de la misma.

D) Se repite la prueba desde el inciso A al C hasta que el cilindro se rompa en varios segmentos precisamente en el momento de alcanzar el diámetro de 3.23 mm. , dicho diámetro se verificará comparándolo con el alambre de referencia.

E) Enseguida se coloca en un vidrio de reloj todos los fragmentos en que se haya dividido el cilindro y se efectúa la determinación de humedad correspondiente (L.P.)

Con la formula :

$$WP = \frac{P1 - P2}{P2 - Pt} \times 100$$

En donde:

WP= Humedad del L.P.

P1= Peso de la muestra húmeda + Peso del recipiente

P2= Peso de la muestra seca + Peso del recipiente

Pt= Peso del recipiente

F) Los suelos con los que no es posible formar cilindros del diámetro especificado, con ningún contenido de agua, se consideran como no-plásticos.

El índice plástico de un suelo mide el intervalo de variación de la humedad dentro del cuál el suelo presenta una consistencia plástica y se calcula mediante la fórmula que sigue:

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

A) Cuando el suelo sea muy arenoso y no se pueda determinar el límite plástico, se reportan el límite y el índice plástico como NP (no plástico).

B) Cuando el límite plástico sea igual o mayor que el límite líquido se reporta el índice plástico como NP.

La contracción lineal de un suelo se define como la reducción en la mayor dimensión de un espécimen de la forma prismática rectangular, elaborando con la fracción de suelo que pasa la malla No. 40 cuando su

humedad disminuye desde la correspondiente al límite líquido hasta la del límite de contracción, expresada como un porcentaje de la longitud inicial del espécimen.

El equipo necesario para realizar la prueba es el siguiente:

- Cápsula de porcelana de 12 cm de diámetro
- Espátula de hoja de acero flexible de 12 cm
- Moldes de lámina galvanizada de 2 x 2 x 10 cm
- Calibrador con Venir del tipo Mauser
- Horno
- Grasa grafitada

El procedimiento para realizar la prueba es el siguiente:

A) Para esta determinación se utilizará el material que sobró de la prueba del límite líquido inmediatamente después de terminada esta última o en su defecto, una muestra preparada, que contenga la humedad del límite líquido.

B) Con la mezcla de suelo y agua en las condiciones indicadas, se procederá al llenado del molde de prueba que deberá haber sido engrasado previamente para evitar

que se adhiere material a las paredes. El llenado del molde se efectuará en tres capas y golpeando en cada ocasión el molde contra una superficie dura.

Para verificar esta operación deberá tomarse el molde de sus dos extremos y golpearlo, procurando siempre que el impacto lo reciba en toda su base, lo cuál se consigue manteniendo, durante la caída paralela la base del molde a la superficie sobre la cuál se golpea. Esta operación deberá continuarse hasta lograr la expulsión casi total del aire.

C) Al final, se enrasará el material en el molde utilizando una espátula. Deberá dejarse secar la barra al aire, hasta que su color cambie de oscuro a claro y a continuación, se pondrá a secar en el horno por 18 horas aproximadamente.

D) Finalmente con el calibrador, se medirá la longitud de la barra del material seco y la longitud del interior del molde. Se calculará la contracción lineal de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

En donde:

CL = % de contracción lineal con respecto a la longitud original de la barra del suelo húmedo.

Li = Longitud interior del molde o sea de la barra del suelo húmedo.

Lf = Longitud de la barra del suelo seco.

En el siguiente reporte se observa la secuencia de cálculo para determinar el límite líquido L.L., límite plástico L.P., índice plástico I.P. y la contracción lineal C.L.

1.C.7.-EQUIVALENTE DE ARENA.

Esta prueba tiene por objeto determinar las proporciones volumétricas relativas de las partículas gruesas de un suelo, con respecto a los finos plásticos que contiene, empleando un procedimiento que amplifica el volumen de los materiales finos plásticos en forma proporcional a sus efectos perjudiciales.

Para esta determinación se emplea la porción del suelo que pasa la malla No. 4, es decir una mezcla de arena y finos; estos últimos pueden estar constituidos, a su vez, por partículas plásticas perjudiciales y por partículas no plásticas. El método que se describe cuantifica bajo ciertas condiciones arbitrarias de la prueba el volumen total de material inactivo en la muestra incorporando los finos no plásticos a la fracción arenosa de donde proviene su nombre de equivalente de arena.

La prueba de equivalente de arena se aplica tanto a materiales de capa sub-rasante como a los de sub-base, y agregados petreos para mezclas asfálticas y concretos hidráulicos, permitiendo obtener rápidamente en el campo datos sobre la calidad del material, desde el punto de vista de su contenido de finos plásticos.

El equipo y material para realizar la prueba es el siguiente:

- Probetas de lucita o acrílico transparente, con escala de alturas graduada en mm., con tapón de hule.
- Tubo irrigador de acero inoxidable y provisto de un tramo de manguera de hule y un sifón.
- Pisón metálico con peso de 1 kg
- Cápsulas metálicas de 5.7 cm de diámetro con capacidad de 85 cm³
- Papel filtro
- Embudo de vidrio o plástico, de boca ancha de 10 cm de diámetro
- 2 botellas de vidrio con capacidad de 3.78 litros
- Solución de reserva: Se prepara disolviendo 454 g de cloruro de calcio en 1.89 lts de agua destilada; como al preparar esta solución se genera calor se le deja enfriar y se hace pasar a través del papel filtro; a continuación se agregan 47 g de solución volumétrica al 40 % de formaldehído R.A. (solución comercial) y 2050 g de glicerina, se mezcla el total y se agrega agua destilada hasta completar 3.78 lts. finalmente se agita toda la solución para homogeneizarla.

Solución de trabajo: Se prepara colocando en la botella de 3.78 lts. de capacidad, 85 cm³ de solución de

reserva, se llena con agua destilada y se agita para tener una solución homogénea.

En vez de agua destilada puede usarse agua limpia de la llave, siempre y cuando al hacerse pruebas comparativas con la misma muestra del suelo, se obtenga resultados prácticamente iguales en el equivalente de arena.

El procedimiento para realizar la prueba es el siguiente:

A) De la fracción que pasa la malla No. 4 se toma por cuarteo la porción necesaria para obtener aproximadamente 500 g

B) Se llena la cápsula de material , se golpea ésta por su base contra la mesa de trabajo con el fin de acomodar las partículas y finalmente se enrase.

C) Se coloca la botella con la solución de trabajo en una repisa que estará a una altura de 91.5 cm sobre el nivel de la mesa de trabajo.

D) Se instala el sifón en la botella, el cuál se llena soplando por el tubo corto y manteniendo abierta la pinza de que está provisto el tubo largo.

E) Se vierte en la probeta, utilizando el sifón, solución de trabajo hasta una altura de 10.5 cm .

F) Se coloca en la probeta la muestra previamente preparada en la cápsula, usando el embudo para evitar pérdidas de material.

Se golpea firmemente varias veces la base de la probeta contra la palma de la mano, para remover las burbujas de aire que hubieran quedado atrapadas y facilitar el humedecimiento del material.

G) Se deja reposar la muestra durante 10 min. procurando no mover la probeta durante ese lapso. A continuación se coloca el tapón de hule en la probeta y se afloja el material del fondo de ésta inclinándola y agitándola simultáneamente.

H) Se agita la probeta manualmente, para lo cual deberá sostenerse la probeta por sus extremos y agitarla vigorosamente con un movimiento lineal horizontal, hasta completar 90 ciclos en 30 seg. con una carrera aproximada de 20 cm entendiéndose un ciclo por un movimiento de oscilación completo.

I) Una vez efectuada la operación de agitado, se destapa la probeta, se coloca sobre la mesa de trabajo, se introduce en ella el tubo irrigador y se acciona de manera que al bajar se vayan lavando las paredes de la probeta; se lleva el tubo hasta el fondo de la misma, efectuando en él un ligero picado al material, acompañado de movimientos rotatorios alternativos del tubo alrededor de su eje y trasladándolo por el contorno interno de la probeta. Esta acción tiene por objeto separar el material fino de las partículas gruesas con el fin de dejarlo en suspensión.

J) Cuando el nivel líquido llegue a 381 mm , se saca lentamente el irrigador de la probeta sin cortar el flujo de solución, de manera que el líquido se mantenga aproximadamente al mismo nivel.

Se regula el flujo un poco antes de que el tubo esté completamente afuera y se ajusta el nivel final en la probeta a 381 mm .

K) Se deja la probeta en reposo durante 20 minutos contados a partir del momento en que se haya extraído el tubo irrigador.

L) Pasando el momento de reposo, se lee en la escala de la probeta el nivel superior de los finos en suspensión al cuál llamaremos "Lectura de Arcilla" o altura total.

M) Una vez realizada la "Lectura de arcilla", se introduce despacio el pisón en la probeta, hasta que por su propio peso descanse en la fracción gruesa, se debe tener cuidado de no perturbar a los finos en suspensión, cuando se detenga el pisón al apoyarse en la fracción gruesa, se lee el nivel superior del indicador y se le restan 254 mm, la diferencia será la "lectura de arena".

A continuación se ilustra el procedimiento de prueba.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
CONTROL DE CALIDAD
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

DEPENDENCIA. DIRECC. GRAL DE VIAS FERREAS UNIDAD DE LABORATORIOS
CENTRO S.C.T. QUERETARO, QRO. RESIDENCIA. LABORATORIO DE CAMPO

INFORME DE PRUEBAS EN GRAVA PARA CONCRETO HIDRAULICO

OBRA <u>PLATILLAS</u>	KM: <u>156+000</u>	ENSAYE NO. <u>2154</u>
LOCALIZACION <u>VIA FERREA: MEXICO-QUERETARO</u>		FECHA DE RECIBO <u>11-IX-86</u>
<u>TRANS. ARAGON-ARCAHO</u>	<small>CARRERA, CAMINO, TRAMO, DIOMETRO, GENERAL DEL CARRIL/BIEN, ETC.)</small>	FECHA DE INF. <u>18-IX-86</u>

BANCO: <u>MUESTRA TOMADA EN OBRA</u>	UBICACION _____

PESOS ESPECIFICOS		
P.E.S. <u>1314</u> Kg. m ³	ABSORCION <u>0.7</u> %	DESGASTE _____ %
P.E.C. <u>1518</u> Kg./m ³	DENSIDAD APARENTE <u>2.61</u>	ESPECIFICACION 50% máx.

SUBSTANCIAS PERJUDICIALES	PORCENTAJE EN PESO	
	DE LA MUESTRA	ESPECIFICACION
PARTICULAS DELEZNALES		0.25 máx.
PARTICULAS SUAVES		5.0 máx.
FEDERAL COMO IMPUREZAS QUE SE DESINTEGRE EN LOS CINCO (5) CICLOS DE LA PRUEBA DE SANIDAD O AQUEL QUE TENGA UN PESO ESPECIFICO RELATIVO, SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO, MENOS DE DOS PUNTO TREINTA Y CINCO (2.35)		
PARA CONDICIONES SEVERAS DE EXPOSICION		1.0 máx.
" " MEDIAS " "		5.0 máx.
MATERIAL QUE PASA POR LA MALLA NO. 0.075		1.0 máx.
CARBON MINERAL Y LIGNITO PARA CONCRETOS APARENTES		5.0 máx.
" " " " " " DE CUALQUIER OTRO TIPO		1.0 máx.

INTEMPERISMO ACELERADO	% PERDIDA EN PESO	
	DE LA MUESTRA	ESPECIFICACION
CON SULFATO DE SODIO		12% máx.
CON SULFATO DE MAGNESIO		18% máx.

1.C.8.- PRUEBA DE VALOR CEMENTANTE (VC)

El objetivo de esta prueba es determinar la capacidad de cementación de un suelo fino o de la fracción de un suelo granular compactado y seco que pase la malla # 4. El valor cementante es una función de la forma y acomodo de las partículas de un suelo y su rugosidad, de la plasticidad de los finos y de otros fenómenos que tienen relación con la composición química del suelo.

El equipo necesario para la prueba es el siguiente:

- Moldes de lámina de sección cuadrada de 76 mm de lado y 100 mm de altura con bisagra en una de las aristas verticales y abiertos por la opuesta, para facilitar la remoción del espécimen.
- Una placa metálica de sección ligeramente menor que la del molde.
- Una varilla metálica con peso de 900 g para producir los impactos.
- Una guía de tubo de longitud adecuada para dar una altura libre de caída de 50 cm .
- Una malla del # 4 .
- Probetas graduadas de 1000 y 100 cm³ .
- Charolas de lámina.
- Un cucharón.
- Una máquina de compresión.

-Un horno con temperatura controlable.

El procedimiento para realizar la prueba es el siguiente:

A).-El material se tamizará a través de la malla # 4 para obtener una muestra de unos 3 kg . Se adicionará agua hasta alcanzar la humedad óptima de compactación, y se mezclará hasta lograr una repartición uniforme de la misma. Se tomarán muestras para efectuar la prueba por triplicado, debidamente tener los 3 espécimenes la misma altura. Para esto deberá emplearse la misma cantidad en peso de material húmedo para elaborar cada espécimen.

B).- Se compactará el material en 3 capas para formar un espécimen de forma cúbica y apisonado con 15 golpes de la varilla y una altura libre de caída de 50 cm para cada capa. El molde con el material compactado se colocará en un horno a temperatura de 40o C y se mantendrá en este último hasta que se pierda la suficiente humedad para permitir la remoción del molde.

Se continuará el secado a una temperatura de 100 oC a 110 oC hasta que se pierda toda la humedad. Se sacará

el espécimen del horno, se dejará enfriar, y se probará la compresión, debiendo colocarse unas placas de cartón sobre la cara superior e inferior del espécimen o bien se procederá a cabecear los cubos con azufre o una mezcla de arena y yeso, dejando las caras paralelas, conservando la posición en que fue compactado.

C).-El valor cementante es el promedio de la resistencia a la compresión sin confinar obtenida en los 3 especímenes y se expresa en Kg/cm²

1.C.9 PRUEBA PROCTOR ESTANDAR

Es una prueba de compactación dinámica cuyo objetivo es determinar el peso volumétrico seco máximo ($\gamma^A d \text{ max}$) y la humedad óptima ($W \text{ opt}$) en suelos cohesivos y en suelos que pasan la malla No. 4.

El equipo para realizar la prueba es el siguiente:

- Un molde con diámetro de 10.3 cm y 11.7 cm de altura, provisto de una extensión desmontable de igual diámetro y 5 cm de altura. El molde puede fijarse en una base metálica con tornillos de mariposa.
- Un pisón de 2.5 kg
- Una guía metálica para pisón

- Una balanza de 10 kg de capacidad
- Un horno
- Cápsula para la determinación de la humedad.

El procedimiento para realizar la prueba es el siguiente:

A) De una muestra preparada, retírese todo el material mayor que la malla No. 4 y obténgase por cuarteo una muestra de prueba de 3 kg .

B) Determinese y regístrese la tarea del molde teniendo colocada placa de base.

C) Agréguese a la muestra de prueba la cantidad de agua necesaria y mézclese, hasta que presente una consistencia tal que, al ser comprimida en la palma de la mano no deje partículas adheridas en ella ni la humedezca y que a la vez el material comprimido, pueda tomarse con los dedos, sin que se desmorone.

D) Colóquese en el molde la muestra de prueba, en tres capas dando con el pisón 25 golpes por cada capa desde una altura de 30.5 cm.

E) Cuidadosamente quítese la extensión del molde y

enrasese la parte superior del cilindro con la regla metálica.

F) Determinese y regístrese el peso del cilindro, con la placa de base y el suelo compactado.

G) Retírese el suelo del molde y obténgase un corazón de 100 g para obtener el contenido de agua.

H) Se disgrega la muestra compacta en el molde junto con la que sobró al enrasarlo.

I) Se elaboran nuevos especímenes con la misma muestra aumentando el contenido de agua en un 2%, respecto al peso de la misma muestra. Se requiere que el número de especímenes sean cuatro para poder determinar el peso volumétrico seco máximo y la humedad óptima.

J) Dibújense los resultados obtenidos en una gráfica que tenga como abscisas los diferentes contenidos de agua resultantes y como ordenadas los pesos específicos secos.

A continuación se muestra un reporte de una prueba proctor estandar, en donde se observa la secuencia de

cálculo para obtener el peso específico seco, máximo y la humedad óptima.

1.C.10 PRUEBA PROCTOR

El objetivo de esta prueba es determinar el peso volumétrico seco máximo que puede alcanzar el material para un procedimiento definido de compactación, así como la humedad óptima a que deberá hacerse dicha compactación. A partir de esta prueba también se podrá determinar la expansión y VRS (valor relativo soporte).

Esta prueba está limitada a los suelos que pasan totalmente por la malla de (1"). Deberá efectuarse también en suelos finos en que la prueba de compactación por impactos descrita anteriormente no puede verificarse es decir, en las arenas de río o de mina, arenas producto de trituración, tezontles francamente arenosos y en general, en todos los materiales que carezcan de cementación.

El equipo necesario para realizar la prueba es el siguiente :

-Un molde cilíndrico con diámetro interior (15.7) cm y

(12.7) cm de altura.

- Una máquina de compresión con capacidad (30) ton.
- Una varilla metálica con diámetro de (1.9)cm y (30)cm long.
- Una placa circular para compactar con diámetro (15.5)cm. ligeramente menor que el diámetro interior del cilindro.
- Cilindro de acero para la prueba de penetración.
- Un extensómetro.
- Charola de lámina galvanizada.
- Mallas (1" y No. 4)
- Balanza de (10)kg de capacidad con (1) g de aproximación.
- Balanza de aproximación de (0.1) g .
- Horno
- Una probeta graduada de (500) cm³
- Una regla de (20) cm de longitud

El procedimiento de prueba será en la forma siguiente:

- a) De una muestra preparada retírese de ella todo el material mayor que la malla (1") y obténgase por cuarteo una muestra de (5) kg.

- b) Colocar en el molde (4.5) kg de la muestra de prueba en tres capas, aplicando con la varilla (25) golpes por

capa. Los otros (500) g de la muestra serán utilizados en la determinación de la humedad de la prueba.

c) Al terminar la colocación de la última capa se llevará el molde a la máquina de compresión para compactar el material aplicando carga uniforme, y lentamente, de modo de alcanzar la presión de (140.6) kg/cm² en un tiempo de (5) minutos. Si al llegar a la carga máxima no se humedece la base del molde la humedad del espécimen es inferior a la óptima, por lo cual habrá que aumentar la cantidad de agua (a criterio del laboratorista).

Si al aplicar la carga máxima (28 tons) se observa que se humedece la base del molde por haberse iniciado la expulsión de agua el material se encuentra con una humedad ligeramente mayor que la óptima de compactación.

d) Se determinará la altura del espécimen restando la altura entre la cara superior de éste y el borde del molde, de la altura total del molde y con este dato se calculará el volumen del espécimen. Se pesará éste con el molde de compactación y se calculará el peso volumétrico húmedo (w) con la siguiente fórmula:

$$w = \frac{Pw}{V}$$

En donde:

Pw = Peso húmedo del espécimen

V = Volúmen del espécimen

Así como el peso volumétrico máximo (dmax)

$$dmax = \frac{W}{100 + Wopt} \times 100$$

En la siguiente forma de reporte (Prueba Porter) se muestra el ejemplo de cálculo para obtener el dmax y la W óptima.

Determinación de la expansión:

e) El espécimen correspondiente a las condiciones de (dmax) y (Wopt), se le colocará una hoja de papel filtro en la cara superior, una placa perforada y dos placas de carga.

f) Una vez colocadas las placas se procederá a tomar la lectura inicial (antes de saturación)

Li=lectura inicial

Li

Lf

Af

Lf=lectura final

Af=altura faltante

Amol

A esp=altura espécimen

Aesp

Amol=altura molde

g) Posteriormente el espécimen se colocará en un tanque de saturación por un tiempo de (72) horas , para que finalmente sea tomada su lectura final (como se indica en la figura anterior).

h) La diferencia de lectura final e inicial expresada en milímetros, se dividirá entre la altura del espécimen, antes de sujetarlo a la saturación y este cociente multiplicado por cien expresará el valor de la expansión.

$$E = \frac{L_f - L_i}{A \text{ esp.}} \times 100$$

Ejemplo:

$$L_i = 0.22 \text{ mm}$$

$$L_f = 0.10 \text{ mm}$$

$$A \text{ esp.} = 99 \text{ mm}$$

$$E = \frac{0.10 - 0.22}{99} \times 100 = 0.12 \%$$

Determinación del Valor Relativo de Soporte (VRS)

i) El molde con el espécimen se retira del tanque de saturación y con todo cuidado se acostará sin quitar las placas, dejándolo en esta posición durante tres minutos para que escurra el agua. Se llevará a la prensa, se retirarán las placas y el papel filtro y colocarán nuevamente las dos placas de carga. El cilindro de acero para la prueba de penetración deberá pasar a través de los orificios de las placas, hasta tocar la superficie de la muestra; se aplicará una carga inicial que no sea mayor de 10 kg. e inmediatamente después sin retirar la carga se ajustará el extensómetro de carátula para registrar el desplazamiento vertical del cilindro. Se procederá a la aplicación de carga en pequeños incrementos continuos, procurando que la velocidad de desplazamiento del cilindro sea de 1.25 mm/min. y se anotarán las cargas

correspondientes a cada una de las 7 penetraciones como se indica en el cuadro siguiente.

RESISTENCIA A LA PENETRACION

Penetraciones (mm)	Carga (kg)
1.27	300
2.54	555
3.81	735
5.08	900
7.62	1200
10.16	1410
12.70	1575

j) La carga registrada para la penetración de 2.54 mm se deberá expresar como un porcentaje de la carga estandar de 1360 kg y, si la prueba estuvo bien ejecutada, el porcentaje así obtenido es el valor relativo de soporte correspondiente a la muestra ensayada.

$$VRS = \frac{C \text{ 2.54 mm}}{1360} \times 100$$

Ejemplo:

Del cuadro anterior se tiene que para penetrar 2.54 mm en la muestra se necesita una carga de 556 kg.

$$\text{VRS} = \frac{556}{1360} \times 100 = 40.8\%$$

k) Con el resultado obtenido en esta prueba se clasifica el suelo usando la siguiente gráfica, que indica el empleo que puede dársele al material de acuerdo su VRS.

II.2.- MATERIALES PARA BALASTO

Son aquellos materiales procedentes de depósitos naturales, rocas fragmentadas y rocas sanas que generalmente requieren ser triturados, cribados y/o lavados, para su utilización.

III.2.A. MUESTREO DE MATERIALES.

La obtención de las muestras se hará en los bancos de materiales, almacenamientos, en las plantas de trituración o cribado, en el material depositado en la

obra o en la estructura misma ya construída, de acuerdo con las recomendaciones siguientes:

a) Cuando se trate de bancos de roca, se tomarán muestras preliminares de los afloramientos, que servirán como orientación acerca de la calidad del material. Para definir si es conveniente o no explotar el banco, deberán efectuarse exploraciones por medio de explosivos o con máquinas perforadoras de tipo rotatorio para obtener corazones de la roca a diferentes profundidades.

b) Cuando se trate de materiales almacenados, deberá efectuarse tanto en los taludes del depósito que forma el material como en la parte superior. El muestreo en los taludes se hará tomando materiales con una pala de mano a diferentes alturas, de manera de abarcar todo el talud. El material así obtenido de cada zona deberá ser mezclado, sin contaminarlo y cuarteado, para obtener muestras individuales con peso mínimo de (50) kg. En la parte superior del depósito, las muestras deberán obtenerse del material extraído de sondeos hechos a la mayor profundidad

posible, y a un espaciamiento no mayor de (10) metros.

c) El muestreo en las plantas de trituración o cribado deberá

hacerse en la descarga de la banda transportadora interceptando mediante fracciones de muestra de (10)kg aproximadamente, deberán tomarse a cada 15 min. y se combinarán para formar una muestra de (50)kg que representará la producción durante el lapso que se efectuó el muestreo.

d) El muestreo del material depositado en la obra, generalmente el material se encuentra formando montones en el sitio en que va a ser utilizado, deberán tomarse muestras a equidistancias tales que representen un volumen aproximado (45)m³ de material las cuales se reducirán por cuarteo a una cantidad de (10) kg. Cada (10) muestras así obtenidas se combinarán para obtener finalmente cuarteo una muestra de (50)kg.

II.2.B. PREPARACION DE LAS MUESTRAS

Esta preparación en términos generales comprende las mismas operaciones empleadas en terracerías (Secado, Disgregación y Cuarteo), pero en ciertos casos algunas

muestras requerirán de tratamientos preliminares de acuerdo con el uso que se le pretende dar en la obra; los cuales son necesarios a fin de obtener porciones representativas en condiciones adecuadas para efectuar las pruebas en dichos materiales. Los tratamientos a que se someten las muestras son cribado, trituration y lavado, los cuales deberán efectuarse a la muestra en condiciones semejantes a las de la obra.

II.2.C PRUEBA DE LABORATORIO

2.C.1. PRUEBA DE DESGASTE DE LOS ANGELES

Esta prueba tiene por objeto determinar el desgaste de los materiales pétreos, para estimar el efecto perjudicial que origina a los materiales su grado de alteración, su baja resistencia estructural, planos de debilitamiento, planos de cristalización, forma de las partículas etc.

El equipo necesario para efectuar esta prueba es el siguiente:

-Máquina de abrasión Los Angeles; constituida por un cilindro hueco de acero, cerrado en sus extremos, con un diámetro interior de (711) mm y longitud interior (508) mm, lleva en su parte interior y a todo lo largo

una placa radial de acero, removible (89)mm. de ancho y está provisto de una abertura para la introducción del material, la cual puede cerrarse herméticamente, dicho cilindro está montado en una base rígida, mediante ejes fijos unidos a los centros de las cubiertas del mismo, de manera que pueda girar horizontalmente, a una velocidad de (30-33) RPM.

-Esferas de acero con diámetro (47.6)mm y un peso (390-445)g

-Mallas Números:

75.0mm	37.5mm	12.5mm	4.75mm
63.0mm	25.0mm	9.5mm	2.36mm
50.0mm	19.0mm	6.3mm	1.70mm

-Horno

-Balanza con capacidad de (20)kg y (1)g aproximación.

-Charolas de lámina rectangulares

La preparación de la muestra será de la manera siguiente:

1) Se toma por cuarteo una muestra representativa de (20)kg se le determina el Peso Volumétrico seco suelto δ_d , así como su granulometría.

2) Se criba la muestra por la malla No. 12 y se lavan

sobre dicha malla las partículas retenidas, pudiendo evitarse el lavado cuando se observan limpias.

3) Se seca en el horno la fracción retenida en la malla No. 12 a una temperatura de $(105 \pm 5^{\circ}\text{C})$ hasta obtener peso constante.

4) Se selecciona el tipo de muestra y demás requisitos en función de la granulometría en la siguiente tabla.

5) De acuerdo con el tipo de muestra seleccionado se clasifica el retenido en la malla No. 12, cribándola por las mallas correspondientes, a continuación, se pesan y mezclan las fracciones respectivas para integrar la muestra de prueba y se registra su peso total como W_i en gramos.

El Procedimiento de Prueba es el siguiente:

a) De la tabla se determina, el número de esferas que forman la carga abrasiva, tomando en cuenta el tipo de muestra.

b) Se coloca dentro de la máquina Los Angeles la muestra de prueba W_i , con la carga abrasiva correspondiente y se cierra herméticamente.

c) Se hace funcionar la máquina; hasta completar (500) revoluciones en el caso de muestras A, B, C y D y de 1000 revoluciones para los del tipo E, F y G.

d) A continuación se saca la muestra del cilindro, se vacía en una charola y se criba por la malla No 12; se pesa la fracción retenida en dicha malla y se registra su peso como W_f en gramos.

El procedimiento de cálculo se realiza con la fórmula siguiente:

$$D = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

En donde :

D = Desgaste del material pétreo (%)

W_i = Peso inicial de la muestra (g)

W_f = Peso final de la muestra (g)

CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS DE PRUEBA Y DE LA CARGA ABRASIVA

TIPO DE MUESTRA	GRANULOMETRIA		PESO DE LA MUESTRA EN GRAMOS	CARGA ABRASIVA	
	PASA MALLA NUM.	RETIENE MALLA NUM.		NUM. DE ESFERAS	PESO TOTAL EN GRAMOS
A	37.5	25.0	1250 ± 25	12	5000 ± 25
	25.0	19.0	1250 ± 25		
	19.0	12.5	1250 ± 10		
	12.5	9.5	1250 ± 10		
	TOTAL		5000 ± 10		
B	19.0	12.5	2500 ± 10	11	4584 ± 25
	12.5	9.5	2500 ± 10		
	TOTAL		5000 ± 10		
C	9.5	6.3	2500 ± 10	8	3330 ± 20
	6.3	4.75	2500 ± 10	6	2500 ± 15
	TOTAL		5000 ± 10		
D	4.75	2.36	5000 ± 10	6	2500 ± 15
	TOTAL		5000 ± 10		
E	75.0	63.0	2500 ± 50	12	5000 ± 25
	63.0	50.0	2500 ± 50		
	50.0	37.5	5000 ± 50		
	TOTAL		10000 ± 100		
F	50.0	37.5	5000 ± 50	12	5000 ± 25
	37.5	25.0	5000 ± 25		
	TOTAL		10000 ± 76		
G	37.5	25.0	5000 ± 25	12	5000 ± 25
	25.0	19.0	5000 ± 25		
	TOTAL		10000 ± 50		

2.C.2. PRUEBA DE INTEMPERISMO ACELERADO

Es un índice de grado de alteración que pueden alcanzar los agregados pétreos, por la acción de los agentes atmosféricos.

Esta prueba tiene por objeto determinar la resistencia a la desintegración de los agregados pétreos, causados por los esfuerzos desarrollados al formarse cristales en los huecos o fisuras de los agregados.

El equipo necesario para realizar la prueba es el siguiente:

-Un juego de mallas de las siguientes aberturas:

2"	-	50.8 mm	3/4	-	19.5 mm
1 1/2"	-	38.1 mm	1/2	-	12.7 mm
1 "	-	25.4 mm	No.4	-	4.74 mm

-Charolas de lámina

-Balanza de (5) kg de capacidad y (1) g de aproximación.

-Solución de sulfato de sodio o magnesio

-Horno

El procedimiento de prueba será en la forma siguiente:

a) Se prepara la solución de las sales Na_2SO_4 o MgSO_4 en una proporción de (350)g de sal por (1)lt de agua

destilada, ésta mezcla deberá hacerse a una temperatura de (25-30)°C y un agitado violento a la hora de mezclarse y dejarse reposar dicha solución (48)horas a una temperatura de (21)°C.

Deberá agitarse perfectamente cuando va a iniciarse cada ciclo.

b) Se realizará la prueba de granulometría a la muestra de prueba y se seleccionará el material comprendido en las siguientes mallas:

Tamaño		Cantidad muestra en (g)
De No.4	a 12.7 mm (1/2")	300
De 12.7 mm (1/2")	a 19.05 mm (3/4")	500
De 19.05 mm (3/4")	a 25.4 mm (1")	1000
De 25.4 mm (1")	a 38.1 mm (1 1/2")	1500
De 38.1 mm (1 1/2")	a 50.8 mm (2")	1500

Como se puede apreciar en el cuadro no se tomarán en cuenta los materiales retenidos en la malla 2" así como el que pasa la malla No. 4, al cuál se le considera una pérdida por intemperismo igual al promedio obtenido para la tamaño inmediato anterior y

posterior.

c) Las muestras de material en tamaño y peso según la tabla anterior, previamente secadas en horno, se colocarán por separado en charolas que contengan la solución saturada de sulfato de sodio o magnesio, de manera que queden perfectamente saturadas y se mantendrán por un tiempo de (16-18) horas a una temperatura de (21)0C . Finalizado el periodo de saturación, las muestras se sacarán de la charola, se escurrirán y se secarán hasta peso constante, a una temperatura de (100-110)0C ; se dejarán enfriar y se colocarán nuevamente en el recipiente con la solución de saturación.

d) El ciclo anterior se repetirá 5 veces y al terminar el último se lavarán las muestras hasta eliminar todo el sulfato, después del cuál se secarán por separado hasta peso constante.

e) Cada muestra se cribará sobre la malla inferior y se anotará el peso del material retenido; la diferencia de éste con el peso original, expresando como porcentaje de este último representará la pérdida por intemperismo

de cada tamaño ensayado.

f) Se calculará la pérdida total por intemperismo acelerado del material grueso (retenido en la malla No 4) multiplicando los porcentajes de material de cada tamaño ensayado, por la pérdida determinada y dividiendo entre cien estos productos. La suma de ellos representará la pérdida total del material ensayado.

El procedimiento de cálculo se realizará en la forma siguiente:

2.C.3. PRUEBA DEL INDICE DE DURABILIDAD

El índice de durabilidad es una medida de la resistencia que oponen los materiales pétreos a producir finos perjudiciales similares a las arcillas cuando están trabajando en la obra bajo ciertas condiciones de humedad.

La prueba consiste en someter una muestra de agregado pétreo, con determinada granulometría, a un proceso de degradación por agitado en húmedo.

El equipo y material necesario para la prueba son los siguientes:

- Los que se requieren para la prueba de equivalente de arena.
- Recipiente para lavado mecánico de forma cilíndrica de fondo plano y paredes rectas, con capacidad aproximada de 7.57 litros de acero inoxidable.
- Charolas metálicas redondas.
- Agitador mecánico para accionar el recipiente de lavado y operar (285+-10) ciclos por minuto.
- Horno
- Probeta con capacidad de (1000)cm³ y graduación (10)cm³
- Mallas de las siguientes aberturas:

3/4"	-	19.0 mm	No.4	-	4.75 mm
1/2"	-	12.5 mm	No.10	-	2.0 mm
1/8"	-	9.5 mm	No. 200	-	0.075 mm

-Balanza con capacidad de (5)kg y aproximación (1)g

La preparación de muestra deberá ejecutarse como se indica a continuación.

a) Se cribará una porción representativa del material preparado como se indicó en la preparación de muestras para materiales pétreos, suficiente para obtener (8)kg de la fracción que pasa la malla de (3/4) y se retiene en el No. 4 identificándose como material grueso.

b) Se separa y pesa el material grueso según sus retenidos en las mallas (1/2", 1/8", No. 4), se obtienen y anotan los porcentajes en peso que dichas fracciones representan del material grueso. Se integrarán muestras pesando para cada una las cantidades indicadas en la siguiente tabla, siempre y cuando el porcentaje en peso obtenido sea mayor del 10 %.

Tamaño del material	Peso del material
Malla No.	en gramos.
3/4" a 1/2"	1050 ± 10
1/2" a 1/8"	550 ± 10
1/8" a No. 4	900 ± 10
Peso de la muestra	2500 ± 25

Ejemplo del ajuste de peso del material según la tabla.

Mallas Nums.	%	Cálculo	Peso del material (g)	Tolerancia (g)
3/4" a 1/2"	6	0.06x2500	150	± 10
1/2" a 1/8"	26	550(2500-150)	891	± 5
		<hr/> 550=900		
1/8" a No.4	68	900(2500-150)	1459	± 10
		<hr/> 550+900		
Total	100		2500	± 25

c) Una vez ajustados los pesos de la muestra a (2500) g se procederá a agitar individualmente el retenido en

cada malla.

Este se realizará en el recipiente de lavado, con una cantidad de (1) litro de agua destilada durante (1) minuto.

d) Al terminar el período de agitado, se lava el contenido sobre la malla No. 4, vaciando en una charola el retenido en dicha malla.

e) A continuación se combina todo el material lavado obtenido de ambas muestras y se seca en el horno hasta peso constante a una temperatura de $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$.

f) Se seca el material del horno y se deja enfriar a la temperatura ambiente; en seguida se separa según sus retenidos a las mallas (1/2", 1/8".No.4) y se desecha el material que pasa la malla No. 4.

El procedimiento de prueba se realizará en la forma siguiente:

a) En la probeta de equivalente de arena se colocan (7)cm³ de la solución de trabajo.

b) Nuevamente se mezcla todo el material se lava en el recipiente de lavado durante un tiempo de (10) minutos en una cantidad de (1) litro de agua destilada.

c) Al terminar el periodo de lavado, inmediatamente después se vierte el contenido del recipiente sobre las mallas Número (10 y 200), previamente acopladas y sostenidas sobre una charola limpia, en la cuál se depositará el material que pasa dichas mallas.

d) El contenido de la charola se vaciará en la probeta de (1000) cm³ de capacidad, se le agregará agua destilada hasta completar los (1000)cm³, se agita manualmente para poner en suspensión los finos e inmediatamente después se vierte la suspensión a la probeta de equivalente de arena que contiene la solución de trabajo, hasta que el nivel del líquido alcance la marca de (381) mm.

e) Se tapa la probeta y se mezcla durante (35) segundos de manera que la burbuja recorra (20) veces la longitud de la probeta.

f) Al terminar el proceso de mezclado, se destapa la probeta y se deja reposar durante (20) minutos para

finalmente efectuar la lectura en la altura "H" de la columna de sedimentos.

El procedimiento de cálculo se realizará una vez obtenida la altura "H", se obtendrán los valores del Índice de Durabilidad de la Tabla siguiente:

O bien con la fórmula siguiente:

$$D_g = 30.3 + 20.8 \cot (0.29 + 0.059H) \times 57.295$$

III MORTERO Y CONCRETO HIDRAULICO.

III.1.- Materiales para Concreto y Mortero Hidráulico.

III.1.A.- Materiales para Concreto Hidráulico.

El concreto hidráulico es la mezcla y combinación de cemento Portland, agregados pétreos seleccionados, agua y adicionantes en su caso, en dosificación adecuada, que al fraguar adquiere las características previamente fijadas.

Los materiales que se emplean en la fabricación del concreto hidráulico son los siguientes : Cemento Portland, en sus tipos I, II, III, IV, V, Puzolánico, tipo IP y de escorias de altos hornos tipo IE.

Los agregados pétreos fino y grueso se obtendrán de bancos o depósitos, siempre que se estime que están bien graduados, exentos de arcillas y sustancias nocivas que puedan afectar la resistencia y durabilidad de concreto.

El agua deberá ser de preferencia potable. Cuando se requiera se usará adicionantes que puede ser de los tipos : Aditivos, Puzolanas, etc.

III.1.B.- Materiales para Mortero Hidráulico.

El mortero hidráulico es la mezcla de arena con cemento o cal hidratada y agua, la mezcla se elabora dosificando los materiales en volumen, Tomando (1) parte de cemento por cierta cantidad de arena según la proporción que se desee.

III.2.- Pruebas de Laboratorio en Agregados Pétreos.

Granulometría

Peso volumétrico seco suelto

Peso volumétrico compacto

Densidad

Absorción

Humedad

Módulo de finura

Equivalente de arena

Desgaste Los angeles

Intemperismo Acelerado

Indice de durabilidad

El muestreo, preparación de muestras, procedimiento de pruebas y cálculo de éstas; son los mismos que se describen en el Capítulo II.

III.3.- Procedimiento de Cálculo del Proporcionamiento de Mezclas de Concreto Hidráulico.

En base a los estudios previos de calidad de grava y arena, así como los datos de proyecto obtendremos las siguientes características de los materiales:

Datos de Proyecto: $f'c = 200 \text{ kg/ cm}^2$

Revenimiento = 10 - 8 cm.

DATOS DE MATERIALES:

PRUEBA	ARENA	GRAVA	CEMENTO
Pvol. S. Suelto	1482	1329	1515
Pvol. Compacto	1599	1508	
Densidad	2.5	2.7	3.10
‡ Absorción	7.1	0.45	
Mod. Finura	2.77		
Tamaño Máx.		1 1/2"	

a) Considerando la curva de condiciones comunes y $f'c$ de proyecto, calculamos la relación agua-cemento

(Ra/c) en la gráfica No. 1 Obtenemos : $Ra/c = 0.60$

b) De la tabla de datos de materiales escrita en la parte superior, obtenemos el módulo de finura de la arena y el tamaño máximo de la grava, calculamos la

relación grava/arena (Rg/a) en la gráfica.

No.2-B. Obtenemos $R g/a = 1.60$

c) Utilizando la (Rg/a) y el tamaño máximo de la grava en la gráfica No. 2-A. Obtenemos el contenido agua por metro cúbico:

Agua = 173 lts/m³

d) En la gráfica No. 3 (Nomograma para Proporcionamiento de Concreto). Se obtiene el contenido de cemento por metro cúbico.

Utilizando la (R a/c) y el contenido de agua, deducidos en los incisos ("A" y "C") respectivamente.

Cemento : 290 kg/m³

e) De la tabla de datos o materiales escrita anteriormente, obtenemos las densidades de la arena y grava y con la relación grava-arena (R g/a).

Obtenemos la gravedad específica media con la siguiente fórmula:

$$G_{em} = \frac{100}{\frac{\%a}{D_a} + \frac{\%g}{D_g}}$$

En donde:

Da = Densidad arena

Dg = Densidad grava

GEm = Gravedad específica media

Para conocer el porcentaje (%) de arena y grava, nos auxiliaremos de la (R g/a) y haremos una proporción unitaria de tal manera que se cumpla la (R g/a).

Considerando : R g/a = 1.60

Sustituyendo en la relación unitaria tendremos:

$$1.6 + 1 = 2.6$$

$$\text{Obtención de arena} = \frac{1}{2.6} = 38 \%$$

$$\text{Obtención de grava} = \frac{1.6}{2.6} = 62 \%$$

Sustituyendo en la fórmula de GEm:

$$G_{em} = \frac{100}{\frac{38 \%}{2.5} + \frac{62 \%}{2.7}} = 2.62$$

GEM = 2.62

Otra forma de calcular GEM es aplicando la fórmula siguiente:

$$GEM = \frac{(R \text{ g/a})(DG) + 1(Da)}{(R \text{ g/a}) + 1}$$

En donde:

Da = Densidad de arena

Dg = Densidad de grava

Sustituyendo valores : $GEM = \frac{(1.6)(2.7) + 1(2.5)}{(1.6) + 1} = 2.62$

$$GEM = 2.62$$

f) En la gráfica No. 3 Se obtiene el valor de la relación agregados-cemento (P). Utilizando la GEM y un punto en el eje auxiliar (obtenido en la línea A/c -C) anteriormente obtenida (ver inciso "d"). Obtenemos :

$$P = 6.6$$

g) Con los valores de la relación grava-arena (R g/a) y la relación agregados-cemento (P), se Obtienen las proporciones teóricas en peso del proporcionamiento de la siguiente manera:

$$\text{Relación grava - arena: } R \text{ g/a} = \frac{g}{a} \quad \text{-----I}$$

$$\text{Relación agregados cemento: } P = \frac{a + g}{c}$$

$$\text{Considerando al cemento unitario (1)Kg: } P = \frac{a + g}{1} \quad \text{---II}$$

Obtendremos de I y II:

$$a = \frac{P}{1+R} \quad \text{Y} \quad g = a \times R \text{ g/a}$$

Sustituyendo

$$a = \frac{6.6}{1+1.6} = 2.54 \text{ Kg}$$

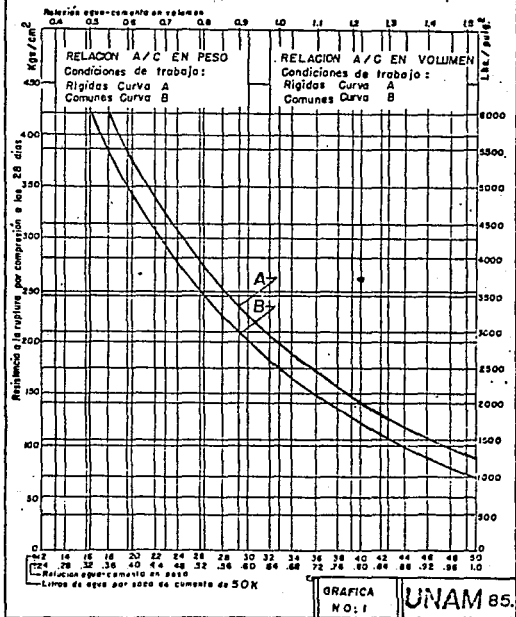
$$g = 2.54 (1.6) = 4.06 \text{ Kg}$$

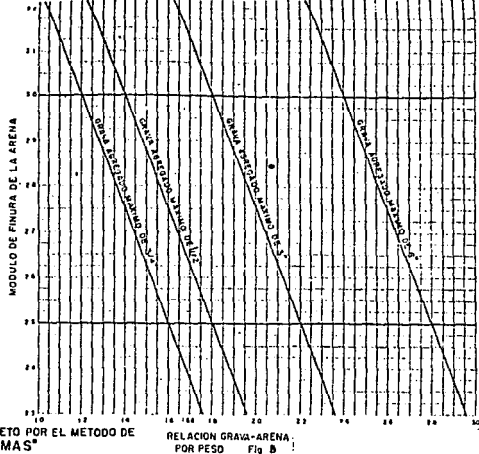
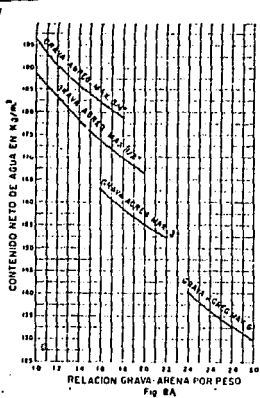
h) Resumiendo valores obtenidos de materiales para (1) Kg de cemento.

Cemento	1 Kg
Agua	0.6 Lts.
Arena	2.54 Kg
Grava	4.06 KG

i) Finalmente calcularemos el proporcionamiento para un metro cúbico de concreto en peso, después de haber afinado la mezcla de prueba, en la forma siguiente:

CURVAS DE ABRAMS





PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR EL METODO DE "CURVAS Y NOMOGRAMAS"

RELACION GRAVA-ARENA POR PESO Fig. B

Medida de agua: Para cada una mezcla se emplearan estas graficas con el nomograma A (Fig. B).

Gráfica A: Seleccionar con el módulo de finura de arena de que se desea hacer el concreto, la curva de agua más alta que toque, al punto de intersección se proyecta sobre el eje de las abscisas y se obtiene la relación grava-arena.

Gráfica B: La relación grava-arena obtenida en la gráfica A, se proyecta sobre la curva de agua de agregado, después que se tenga el punto de intersección se proyecta horizontalmente sobre el eje de las abscisas y se obtiene el contenido neto de agua en kg/m³.

Esta relación de agua se empleará para la normalización de w/c . Para normalizarla multiplicar el tiempo de que se usó $1/c$, por cada litro de la cantidad de agua w/c , en su momento, multiplicar el resultado por 100 .

Conocer una vez obtenida la cantidad de agua se usa el nomograma A (Fig. B).

Se aplica también por las mismas del mismo de libro de la parte de 3 y 8.0, los que se dan.

Nota: en la gráfica el proporciónamiento del General de Concreto.

CONSTRUIDO Y ELABORADO VERIFICADO POR EL COMITÉ

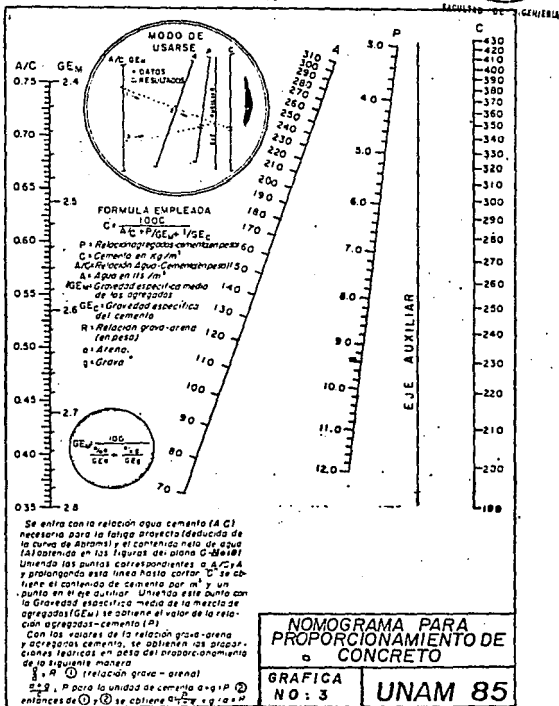
ARQUITO

DISEÑO E. PADILLA G.

GRAFICAS PARA DETERMINAR LA RELACION GRAVA-ARENA Y EL CONTENIDO NETO DE AGUA POR PESO

GRAFICA NO: 2

UNAM 85



Material	Material medido en peso para (50) Kg	Proporción en peso	Material medido en volúmen en (LTS)	Proporción en volúmen	Volúmen absoluto de materiales	Cant. para un M3 en (Kg)
	A	B	C	D	E	F
Cemento	50	1	33	1	16.0	290
Agua	30	0.60	30	----	30.0	173
Arena	127	2.54	85	2.5	50.8	739
Grava	203	4.06	152	4.6	75.0	1181
Sumas					171.8	

Cálculo por Columnas

A = Columna B x 50 (Kg)

B = Datos obtenidos inciso (h)

$$C = \frac{\text{Col. A}}{\text{PVSS}} \times 1000$$

D = Unitario de la columna C con respecto al cemento

$$E = \frac{\text{Columna A}}{\text{Densidad}}$$

$$F = \frac{1}{E} \times A \times 1000$$

En donde $\leq E$ = Volúmen absoluto para un saco de cemento.

III.4.-PRUEBAS DE LABORATORIO EN MORTERO HIDRAULICO
ENDURECIDO.

III.4.A.-Prueba de Resistencia a la Compresión.

Esta prueba tiene por objeto determinar la resistencia de proyecto f'c a la edad de prueba (7) dias del mortero hidráulico.

El equipo para efectuar la prueba es el siguiente:

- Moldes metálicos de forma cúbica para elaborar especímenes de (2"x2"x2").
- Pisón de compactación de sección (1/2" x1") y (15) cm de long.
- Máquina de compresión.

La preparación de los especímenes para esta prueba se deberán formar colocando el mortero en el molde, en dos capas de volumen aproximadamente igual. Cada capa se deberá compactar con (32) golpes. Después de que la capa superior se haya compactado, se deberá emparejar la superficie del mortero con una llana y protegerse del sol con el fin de evitar evaporación. A las 24 horas de haber tomado la muestra, se procederá a descimbrar el molde con el objeto de someter el espécimen de prueba a un proceso de curado en inmersión de agua, finalmente este será sometido a la prueba de

compresión a la edad de (7) días.

El procedimiento de prueba es el siguiente:

Colocar en la máquina de compresión el espécimen de prueba aplicando carga con una velocidad uniforme. Y continúa.

Se continúa la carga hasta que el espécimen falla y se registra la carga máxima de falla entre el área promedio de la sección transversal.

III.5. Pruebas de Laboratorio en Concreto Hidráulico Fresco.

En este inciso se establece el método para obtener muestras representativas de concreto fresco, tal como se entrega en el sitio de la obra y con las cuáles se realizan las pruebas para determinar el cumplimiento de los requisitos de calidad.

Muestreo de Mezcladoras Estacionarias. La muestra se obtiene interceptando el flujo completo de descarga de la mezcladora con un recipiente, aproximadamente a la mitad de la descarga de la olla, o desviando el flujo completamente de tal modo que descargue el recipiente. Debe tenerse cuidado de no restringir el flujo de la mezcladora con compuertas u otros medios de tal manera que cause que el concreto se segregue.

Muestreo de Olla de Camión Mezclador o Agitador. La muestra se toma en tres o más intervalos interceptando todo el flujo de la descarga, teniendo la precaución de no tomarla antes del 15% ni después del 85% de la misma. El muestreo se hace pasando repetidamente un recipiente en la descarga, interceptándola totalmente cada vez, o desviando el flujo completamente de tal modo que descargue en el recipiente. La velocidad de

descarga se debe regular con la velocidad de las revoluciones de la olla y no por la mayor o menor abertura de la compuerta. No debe tomarse la muestra sino hasta que se haya agregado toda el agua y esté homogénea la mezcla.

III.5.A.- Prueba de Revenimiento.

El revenimiento es la medida de consistencia del concreto fresco en términos de la disminución de altura, en un tiempo determinado de un cono truncado de concreto fresco de dimensiones específicas.

El método para la prueba de revenimiento se refiere al procedimiento que debe seguir tanto en el laboratorio como en el campo.

El equipo para efectuar la prueba es el siguiente:

- Un molde de lámina galvanizada en forma de cono truncado provisto de dos estribos para apoyar los pies y dos asas para levantamiento. Sus dimensiones son : diámetro inferior 20 cm. diámetro superior 10 cm. y una altura de 30.5 cm.
- Una varilla para compactar de 1.58 cm de diámetro y 50

cm. de longitud.

-Un recipiente de 15 lts. de capacidad.

El procedimiento de prueba es el siguiente:

Se humedece el molde y se coloca sobre una superficie horizontal plana, rígida, húmeda y no absorbente. El operador lo debe mantener firmemente en su lugar, durante la operación de llenado apoyando los pies en los estribos que tiene para ello el molde. Se debe llenar inmediatamente el molde en tres capas, cada una aproximadamente igual a un tercio del volumen total. Se compacta cada capa con 25 penetraciones de la varilla distribuidas uniformemente sobre la sección de cada una de éstas. Para lograr esto sobre la capa inferior es necesario inclinar la varilla ligeramente. Aproximadamente la mitad de las penetraciones se hacen cerca del perímetro. Después con la varilla vertical se progresa espiralmente hacia el centro. Se compacta la segunda capa y la superior a través de todo su espesor, de manera que la varilla penetre en la capa anterior aproximadamente 2 cm. Para el llenado de la última capa se amontona el concreto por encima del borde superior del molde antes de empezar la compactación. Si como consecuencia de la compactación, el concreto se asienta a un nivel inferior del borde superior del molde, se

agrega concreto en exceso para mantener su nivel por encima del borde del molde todo el tiempo. Después de terminada la compactación de la última capa, se enrasa el concreto a la altura del molde mediante un movimiento de radamiento de la varilla. Se limpia la superficie exterior del asiento e inmediatamente se mide el revenimiento, determinado la altura del molde y la altura del espécimen en su eje.

Una vez que se termine de medir el revenimiento, se deberá golpear suavemente el lado del cono de concreto con la varilla.

El comportamiento del concreto bajo este tratamiento dará una indicación valiosa de la cohesión, trabajabilidad y colocabilidad de la mezcla. Una mezcla bien proporcionada y trabajable se reviene gradualmente y retiene su forma original, mientras que una mezcla mala se desmorona, se segrega y disgrega.

III.5.B. Prueba de Fluidéz

El método de prueba de fluidéz mediante el uso de la mesa de fluidéz también es una medida de consistencia

del concreto fresco.

El equipo para efectuar la prueba es el siguiente:

- Un molde metálico en forma de cono truncado de 25.4 cm. de diámetro en la base, 17.5 cm. de diámetro en la base superior, 12.7 cm. de altura y provisto de asa para levantamiento.
- Mesa de fluidéz
- Una varilla de compactación de 5-8" de diámetro y 60 cm. de longitud.

El procedimiento de prueba es el siguiente:

Inmediatamente antes de la prueba, la mesa de fluidéz se deberá humedecer y limpiar de todo material arenoso y se deberá quitar el exceso de agua con una esponja de hule. Se sostendrá el molde firmemente, centrado sobre la mesa, y se llenará en dos capas, cada una de aproximadamente la mitad del volumen del molde.

Cada capa deberá recibir 25 golpes con la varilla de compactación. Los golpes se distribuirán de manera uniforme sobre la sección transversal del molde penetrado a la capa inferior, y una vez que se haya compactado la capa superior, se deberá enrasar la superficie del concreto con un movimiento de

rodamiento de la varilla. Se quitará el exceso del concreto que se haya derramado del molde y se volverá a limpiar la porción de la mesa no cubierta por éste. Se deberá quitar el molde inmediatamente después levantándolo con un movimiento firme y vertical. En seguida se levantará y dejará caer la mesa desde una altura de 1.27 cm. 15 veces en aproximadamente 15 segundos de manera continua y con una rapidéz uniforme. La fluidéz del concreto, se deberá anotar en la forma de porciento de aumento en el diámetro del concreto extendido con relación al diámetro de la base del concreto moldeado y se deberá calcular por medio de la siguiente fórmula :

$$\% \text{ de fluidéz} = \frac{D2 - D1}{D1} \times 100$$

En donde :

D2 = Diámetro extendido del concreto después de accionar la mesa de fluidéz

D1 = Diámetro de la base inferior del molde (25.4 cm.)

Colocación del molde
y concreto antes de
accionar la mesa de
fluidéz

Concreto extendido
después de accionar
la mesa de fluidéz

III.5.C. Determinación del contenido de aire del
concreto fresco por el método de presión.

Esta prueba tiene por objeto determinar el contenido de
aire, por observaciones del cambio de volúmen al
efectuarse un cambio de presión. No es recomendable
para concretos hechos con agregados ligeros, escoria de
alto horno enfriado con aire, o agregados de alta
porosidad.

El equipo necesario paea realizar la prueba es el que
se menciona a continuación :

-Una bomba de aire

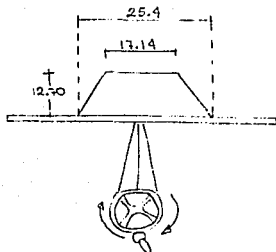
de la siguiente formula:

$$\% \text{ de fluidez} = \frac{D2 - D1}{D1} \times 100$$

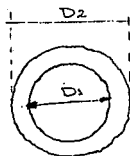
En donde:

D2= Diametro extendido del concreto despues de accionar la mesa de fluidez

D1= Diametro de la base inferior del molde (25.4 cm)



Colocacion del molde y concreto antes de accionar la mesa de fluidez



Concreto extendido despues de accionar la mesa de fluidez

III.5.C. Determinacion del Contenido de Aire del Concreto Fresco por el Metodo de Presion

Esta prueba tiene por objeto determinar el contenido de aire por observaciones del cambio de volumen al efectuarse un cambio de presion. No es recomendable para concretos hechos con agregados ligeros, escoria de alto horno enfriado con aire, o agregados de alta porosidad.

- Varilla para compactación
- Martillo con cabeza de hule de peso aproximado (0.25) Kg
- Espátula de acero
- Embudo
- Recipiente para agua
- Medidor de aire: es un recipiente metálico de forma cilíndrica con diámetro mínimo (0.75 a 1.25) su altura y con capacidad mínima (5500) cm³. La cubierta del recipiente debe cerrar herméticamente, de tal manera que permita hacer la lectura en la carátula superior.

El procedimiento para realizar la prueba es el siguiente:

a) Varillado; se colocan tres capas aproximadamente de igual volumen en el recipiente, se compacta cada capa de concreto con (25) golpes con la varilla. A continuación se golpea el exterior del recipiente de (10-15) veces con el martillo. Se debe llenar la última capa evitando que el concreto, sobresalga excesivamente del recipiente.

b) Se arma el aparato y se añade agua sobre el concreto, por medio del tubo indicador de medición

hasta la mitad del mismo. Se inclina el aparato alrededor de 30° con respecto a la vertical y se hace girar aplicando unos golpes simultáneos para remover el aire atrapado. Se vuelve a poner el aparato en la posición vertical y se lleva el nivel de agua hasta la marca cero.

c) Se aplica el concreto algo mas de la presión de prueba "p" deseada (aproximada de 0.02 Kg-cm²; (1961Pa)) por medio de la bomba de mano. Para aliviar los posteriores esfuerzos, se golpean suavemente los lados del manómetro y cuando éste indique la presión exacta de prueba "P" se lee el nivel de agua "h₁" y se registra hasta la división mas cercana del tubo indicador.

d) Lentamente se alivia la presión de aire por medio de la válvula en la parte superior de la columna de agua y se golpean ligeramente los lados durante (1) minuto aproximado. Se registra el nivel de agua h₂ hasta la división mas cercana del tubo indicador. El contenido de aire aparente es:

$$A_1 = h_1 - h_2$$

e) Se repiten los pasos anteriores (C y D) hasta que

coincidan el nivel en la marca cero. Las dos terminaciones deben coincidir dentro de 0.2% del valor anterior y se promedia para obtener A1.

f) Se calcula el contenido de aire del concreto en el recipiente con la siguiente fórmula:

$$A_s = A_1 - G$$

En donde:

A_s = Contenido de aire (%)

A₁ = Contenido de aire aparente (%)

G = factor de corrección del agregado (%)

Determinación de factor de Corrección del Agregado

En esta operación se mezclan las muestras representativas de los agregados (Fino y Grueso) y se colocan en el recipiente de medición, el cuál debe contener una (1-3) parte de su volúmen de agua, de modo que el material esté cubierto por ella. Debe tenerse cuidado, al depositar el material, de no atrapar aire hasta donde sea posible.

Se continúa la operación en la misma forma de los incisos (a, b, c, d, e,) de tal manera que se obtiene:

$$G = h_1 - h_2$$

Comunmente el factor puede permanecer aproximadamente

constante para unos agregados dados, sin embargo se recomienda una prueba ocasional de verificación.

III.6. PRUEBA DE LABORATORIO EN CONCRETO HIDRAULICO ENDURECIDO

III.6.A. Prueba de Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto.

El método descrito en este inciso se refiere a la prueba de resistencia a la compresión utilizando concreto muestreado en el sitio de construcción o en el laboratorio.

El equipo para efectuar la prueba es el siguiente:

- Molde metálico de forma cilíndrica para formar especímenes de 15 cm. de diámetro por 30 cm. de largo
- Varilla para compactación de 5-8" de diámetro y 60 cm. de longitud.
- Máquina de compresión.

La preparación de los especímenes para esta prueba se deberán formar colocando el concreto en el molde, en 3

capas de volúmen aproximadamente igual. Cada capa se deberá compactar con 25 golpes de la varilla. Los golpes se deberán distribuir uniformemente sobre la sección transversal del molde y deberán penetrar hasta la capa anterior. La capa del fondo se deberá compactar en toda su profundidad. Cuando la varilla deje huecos, se deberán golpear suavemente los lados del molde a fin de que se cierren éstos. Después que la capa superior se haya compactado, se deberá emparejar la superficie del concreto con una cuchara de albañil y cubrirse con una placa de vidrio o de metal para impedir la evaporación. A las 24 horas de tomada la muestra, se procederá a decimbrar el molde con el objeto de someter el espécimen de prueba a un proceso de curado en inmersión de agua, finalmente será sometido este a la prueba de compresión según la edad de prueba (7, 14 ó 28 días)

El procedimiento de prueba es el siguiente:

Colocar en la máquina de compresión el espécimen de prueba aplicando carga con una velocidad uniforme y continua. Se aplica la carga hasta que el espécimen falla y se registra la carga máxima soportada durante la prueba. Se deberá describir el tipo de falla y la apariencia del concreto. Se calcula la resistencia a la

compresión de especimen dividiendo la carga máxima soportada durante la prueba entre el área promedio de la sección transversal.

III.6.B. PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION CON CARGA EN LOS TERCIOS.

El método descrito en este inciso se refiere a la prueba de resistencia a la flexión del concreto, mediante el uso de viga libremente apoyada con carga en los tercios del claro.

El equipo para efectuar la prueba es el siguiente:

- Moldes para vigas de 15 cm. de altura por 15 cm. de ancho y longitud de 50 cm.
- Varilla de compactación de 3/8" de diámetro y 50 cm. de longitud.
- Máquina de prueba.

El moldeado de los especímenes para esta prueba se deberán formar colocando el concreto en el molde de 2 capas aproximadamente iguales, consolidando cada una de ellas por medio de un proceso de compactación con varilla (25 golpes por capa). La capa inferior se deberá compactar en toda su profundidad. La capa superior deberá derramar ligeramente sobre el molde y se deberá compactar de modo que la mitad de los golpes penetren a la capa inferior. Después de compactar cada capa, se deberán picar los lados y los extremos del concreto con una cuchara de albañil.

Se deberán golpear ligeramente los lados de los moldes para cerrar los huecos. Una vez terminadas las operaciones de varillado, picado y golpeado, deberá emparejarse la parte superior con una regla y terminarse con una liana de madera. Los especímenes se deberán hacer rápidamente sin interrupciones y se deberán cubrir para evitar la evaporación de agua, hasta que el espécimen se saque del molde. Los especímenes para pruebas de flexión también deberán someterse a un proceso de curado.

El procedimiento de prueba es el siguiente:

El espécimen tendrá por lo menos un claro de tres veces el peralte, al ser ensayado. Deberá colocarse de lado respecto de la posición en que haya sido colocado y centrarse sobre los bloques de apoyo. Los bloques de aplicación de carga se deberán poner en contacto con la superficie superior en los tercios del claro.

La carga se podrá aplicar rápidamente, hasta aproximadamente el 50% de la carga de ruptura, después de lo cual se deberá aplicar con una rapidéz tal que el aumento del esfuerzo de la fibra extrema no exceda 10 Kilogramos sobre centímetro cuadrado por minuto. Si la

fractura ocurre dentro del tercio central, el módulo de ruptura se deberá calcular del modo siguiente:

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

En donde:

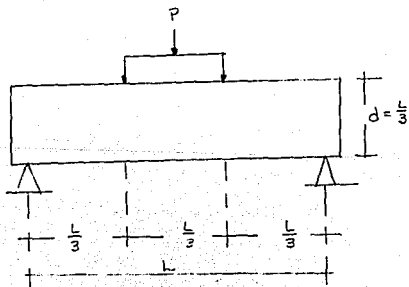
R = Módulo de ruptura en Kg/cm²

P = Carga máxima aplicada indicada por la máquina de prueba en Kg

L = Distancia entre centro de apoyos, en cms.

b = Ancho medio del espécimen, en cms.

d = Peralte medio del espécimen, en cms.



Prueba de Flexión del concreto por el método de Carga de los Tercios.

Si la fractura ocurre fuera del tercio medio, desfasada respecto de éste una distancia no mayor de un 5 % de la distancia entre apoyos, el módulo de ruptura deberá calcularse del modo siguiente:

$$R = \frac{3Pa}{bd^2}$$

En donde:

a = Distancia entre la línea de fractura y el apoyo mas próximo, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga en cms.

Las demás tendrán el mismo significado que en la fórmula anterior.

Si la fractura ocurre fuera del tercio medio del claro de la viga, desfasada en mas de 5% respecto a la distancia entre apoyos la prueba deberá desecharse.

III.6.C Prueba de Resistencia a la Flexión con Carga al Centro.

El método descrito en éste se refiere al procedimiento

para determinar la resistencia del concreto a la flexión mediante el uso de una viga libremente apoyada con carga al centro.

El equipo para efectuar la prueba es el siguiente:

- Se usará el mismo equipo utilizando en la prueba anterior.

El método para la elaboración de los especímenes de concreto es el descrito en la prueba anterior.

El Procedimiento de prueba es el siguiente:

El espécimen deberá tener un claro, por lo menos, de tres veces su peralte al ser ensayado. Debe mantenerse húmedo hasta el momento de la prueba y se centrará sobre los bloques de apoyo.

El bloque de aplicación de carga se pondrá en contacto con la superficie superior en la línea central entre los apoyos.

La carga se podrá aplicar rápidamente hasta la mitad de la carga de ruptura, después de lo cual se deberá aplicar a una velocidad tal que el aumento del esfuerzo en la fibra extrema no exceda a 10 kilogramos sobre

concreto es el descrito en la prueba anterior.

El Procedimiento de prueba es el siguiente:

El espécimen deberá tener un claro, por lo menos, de tres veces su peralte al ser ensayado. Deberá mantenerse húmedo hasta el momento de la prueba y se centrará sobre los bloques de apoyo.

El bloque de aplicación de carga se pondrá en contacto con la superficie superior en la línea central entre los apoyos.

La carga se podrá aplicar rápidamente hasta la mitad de la carga de ruptura, después de lo cuál se deberá aplicar a una velocidad tal que el aumento del esfuerzo en la fibra extrema no exceda a 10 kilogramos sobre centímetro cuadrado por minuto. El módulo de ruptura se deberá calcular de la manera siguiente:

$$R = \frac{3PL}{2bd^2}$$

En donde:

R = Módulo de ruptura, en Kg/cm²

P = Carga máxima aplicada indicada por la máquina de

centímetro cuadrado por minuto. El módulo de ruptura se deberá calcular de la manera siguiente:

$$R = \frac{3PL}{2bd^2}$$

En donde:

R = Módulo de ruptura, en Kg/cm²

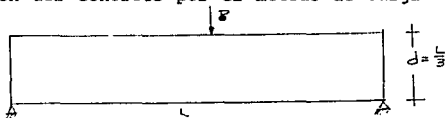
P = Carga máxima aplicada indicada por la máquina de ensaye, en Kgs.

L = Distancia entre el centro de apoyos en cms.

b = Ancho promedio del espécimen, en cms.

d = Peralte promedio del espécimen, en cms.

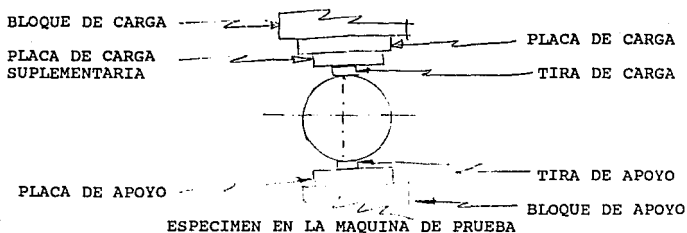
Prueba de Flexión del concreto por el método de carga en el centro.



III.6.D. Prueba de Resistencia a la Tensión por Compresión Diametral de Cilindros de Concreto.

El método para la elaboración de los especímenes de concreto es el descrito en la prueba de resistencia a la compresión de cilindros de concreto.

En esta prueba se puede usar una barra o placa de carga suplementaria si el diámetro o la dimensión mayor de los bloques de carga, superior o inferior es menor que la longitud del cilindro por probarse. Las barras o placas deben ser de acero con caras planas y deben tener un ancho de por lo menos igual al espesor mínimo de la placa de carga. La barra o placa debe usarse en tal forma, que transmita en toda su longitud de carga aplicada. Para cada prueba se deberá contar con dos tiras de madera, libre de imperfecciones con un espesor de 3 mm. y un ancho de 25 mm. aproximadamente y una longitud igual o ligeramente mayor que el espécimen. Las tiras de madera se colocan entre el espécimen y ambas platinas de carga, superior e inferior de la máquina de prueba o entre el espécimen y las placas suplementarias cuando se utilicen.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

DEPENDENCIA DIRECCION GENERAL DE VIAS FERREAS

RESIDENCIA LABORATORIO DE ENFO EN QUERETARO

INFORME DE PRUEBAS EN ARENAS PARA CONCRETO Y/O MORTERO HIDRAULICOS

OBRA <u>PLANTILLAS</u>	KM: <u>135+320</u>	ENSAYE No. <u>2156</u>
LOCALIZACION <u>VIA FERREA-MEXICO-QUERETARO</u>		FECHA DE RECIBO <u>11-IX-86</u>
<u>TRAMO SARAGON-AHORCADO</u>		FECHA DE INF. <u>18-IX-86</u>

BANCO: <u>MUESTRA TOMADA EN OBRA</u>	UBICACION: _____
_____	_____
_____	_____

PESOS ESPECIFICOS		PESOS ESPECIFICOS DE MATERIAL SATURADO
P.E.S. <u>1227</u> kg/m	ABSORCION <u>7.0</u> %	FRASCO CHAPMAN <u>2.29</u> g/cm.
P.E.C. <u>1334</u> kg/m	EQUIVALENTE DE ARENA <u>95</u> %	PICNOMETRO _____ g/cm.

MATERIA ORGANICA (SIN LAVADO) ACEPTABLE MATERIA ORGANICA (CON LAVADO) _____

SUBSTANCIAS PERJUDICIALES	PORCENTAJE EN PESO	
	DE LA MUESTRA	ESPECIFICACION
Particulas deleznales		1.0 máx.
Material que pasa en malla Núm. 0.075 Para concretos sujetos a desgaste.		3.0 máx.
Material que pasa en malla Núm. 0.075 Para concretos de cualquier otro tipo.	2	5.0 máx.
Carbón y lignito Para concretos aparentes		0.5 máx.
Carbón y lignito Para concretos de cualquier otro tipo		1.0 máx.

INTENPERISMO ACCELERADO	% PERDIDA EN PESO	
	DE LA MUESTRA	ESPECIFICACION
Con sulfato de sodio		10% máx.
Con sulfato de magnesio		15% máx.

Se centra en la máquina de prueba el espécimen y se aplica la carga en forma continua sin impacto a una velocidad constante de tal manera, que se logren esfuerzos de tensión por compresión diametral de 5 a 15 Kg/cm² por minuto hasta la falla del espécimen. Para cilindros de 15 por 30 cm. el rango de esfuerzos de tensión corresponde a una carga aplicada aproximadamente entre 3500 y 10600 Kg. por minuto. Se registra la carga máxima aplicada, indicada por la máquina de prueba en el momento de la falla. Se debe observar el tipo de falla y la apariencia del concreto. Finalmente se calcula la resistencia a la tensión por compresión diametral de espécimen como sigue:

$$T = \frac{2P}{LD}$$

En donde:

T = Resistencia a la tensión por compresión diametral,
en Kg/cm²

P = Carga máxima aplicada, en Kgs.

D = Diámetro del espécimen, en cms.

DURMIENTES

IV. 1.- GENERALIDADES.

Son elementos de vía, que van a permitir altas velocidades y confort a un tráfico, los cuales van a ser sujetos a vibraciones, amortizando golpes y anclar el riel para impedir su desplazamiento lateral o longitudinal. Los durmientes a su vez, deben transmitir solo presiones máximas admisibles al balasto, ya que la sujeción del riel les proporcionan cierto momento resistente o módulo de sección que precisa concordar con la máxima carga rodante y su impacto. Esta condición, produce presiones máximas sobre un solo durmiente, el cuál debe reaccionar en su apoyo de balasto sin hundirse y a su vez debe soportar la flexión sin deformarse ni romper las planchuelas o juntas de rieles por excesiva tensión.

Existen dos clases de durmientes; de madera (dura y blanda) que son empleados en vía clavada en la que se colocan placas de asiento metálicas entre rieles y durmientes, sujeciones con clavos y anclas. El otro tipo de durmientes son los de concreto los cuales son empleados en vía elástica, en las que se colocan suelas amortiguadoras entre rieles y durmientes y sujeciones

del tipo de muelle o de resorte.

IV.2.- DURMIENTES DE MADERA.

Existen dos tipos de durmientes los de madera blanda; son los empleados en tangente, y son fabricados del tipo pino : Amapa prieta, Lagunillo, Duraznillo, Marimbo, Roble blanco, Laurel blanco, Totoposte, etc.

El segundo tipo son los de madera dura o semidura; son empleados en curva, pueden ser de los siguientes árboles: Madera semidura tipo encino : Amargoso, Leche Maria, Peinecillo prieto, Tepeguacate, etc.

Madera dura (corrientes tropicales) : Alejo, Cocohuite, Ebano, Guayabillo prieto, Tamarindillo, etc.

Los durmientes deberán ser de madera compacta y tener en alguna parte de su sección cuando menos siete anillos de crecimiento anual en un espacio de (3) cm. medidos en dirección radial, los que provengan de trozos de cuya sección se hayan obteniendo dos o mas durmientes y los sencillos de madera compacta. La madera estará exenta de cualquier principio de putrefacción aun cuando se presente en forma de

manchas, libre de plagas u hongos. Sólo se aceptarán las manchas azules de savia provocadas por hongos cronógenos.

Los durmientes serán cortados de árboles vivos y sanos que no tengan mas de un mes de talado, deberán ser preferentemente aserrados por sus cuatro caras, las cuales deben formar un ángulo recto una con otra. Los durmientes serán derechos y bien terminados, considerando a un durmiente derecho cuando un cordel tendido de centro a centro de las aristas de las cabezas de los durmientes, cualquier punta de las aristas laterales diste del cordel cuando menos (5) cm. (Ver. Figs. 2,3,4,5,6,y,19)

IV.2.A.-CALIDAD EN LOS DURMIENTES DE MADERA

a) Requisitos físicos:

Podrán ser aceptadas otras clases de maderas, siempre y cuando cumpla con tener una dureza mínima de 300 Kgs, de acuerdo con las normas ASTM. Se entiende por dureza, la prueba de penetración que se hace a los durmientes aplicando perpendicularmente a las fibras una carga que permita introducir una esfera de 11.5 mm. de diámetro

hasta la mitad de su diámetro.

Todos los durmientes estarán libres de cualquier defecto que pueda perjudicar su resistencia y durabilidad.

b) Dimensiones:

Los durmientes deben tener las siguientes dimensiones mínimas y máximas :

Mínimas 0.18 x 0.20 x 2.44 Mts. (7" x 8" x 8")

y

Máximas 0.19 x 0.21 x 2.50 Mts.

c) Inspección:

Manera de hacer la inspección; se examinarán con minuciosidad todas las caras del durmiente aceptando o rechazando cada pieza por separado. Cada durmiente se juzgará independiente sin tomar en cuenta las decisiones tomadas de otro del mismo lote. No se recibirá ningún durmiente que haya permanecido apoyado en contacto directo con el suelo. También se rechazarán los durmientes enfangados que sea difícil de examinar rápidamente.

d) Lugar de Inspección:

Los durmientes se entongarán en lugares donde haya vías auxiliares para dejar equipo y se elegirán frente a éstas los terraplenes de una altura no mayor de 1 metro o los cortes no mayores de 2 metros no aceptándose aquellas tongas formadas en lugares encharcados, en las cunetas, en lugares en donde el terreno sea inundable, las tongas mas inmediatas a la vía deberán quedar a una distancia no menor de 3 metros. Los durmientes se entongarán en pilas cuadrangulares de 30 piezas cada una, dejando un pasillo andador de 1.50 metros entre una tonga y otra para facilitar su inspección.

(Fig. 20).

e) Defectos:

Agujeros : se rechazarán los durmientes que presenten en la zona "A" agujeros de 1.5 cm. de diámetro o mas de 8 cm. de profundidad, los que presenten agujeros de mas de 5 cm. de diámetro o mas de 8 cm. de profundidad cuando estén fuera de la zona "A" los que presenten varios agujeros cercanos que por su superficie equivalgan a un agujero de los ya citados y que debiliten el durmiente a igual grado que aquellos. También se rechazará el durmiente que tenga un agujero longitudinal de 2 cm. o mas de diámetro por 20 cm. de profundidad y que aparezca con uno o mas agujeros

obturados con tapón. (Fig. 7).

Nudos : se rechazarán los durmientes que presenten en las zonas "A" nudos de mas de 5 cm. de diámetro o varios próximos que equivalgan a dicha dimensión. La proximidad se entenderá como se definió para los agujeros en el inciso anterior. Igualmente se rechazarán los durmientes que tengan nudos o bolsas de resina cuando ellos alcancen las dimensiones establecidas para los agujeros. Los nudos dobles llamados de paloma, solo se aceptarán cuando no penetren mas de 3 cm. así mismo se rechazarán los durmientes que debido a la presencia de nudos acusen en sus fibras una distorsión que los haga salir de la cara del durmiente.

(Ver Fig. 8, 9, 10 y 11).

Grietas anulares: son las que se presentan siguiendo las capas concéntricas del crecimiento anual.

No se tolerará ninguna grieta anular de mas de 7 cm. de longitud y que pongan a descubierto la superficie cilíndrica o la arista correspondiente en mas de 30 cm.

(Ver. Figs. 12, 13 y 14)

Durmientes Cuarteados



Fig. 1

Figs. 2 y 3



Madera resinosa

Fig. 4



Estructura esponjosa

Fig. 5



- 1 Fibra con distorsión menor de 1/15
- 2 Fibra con distorsión igual a 1/15
- 3 Fibra con distorsión mayor de 1/15

Fig. 6

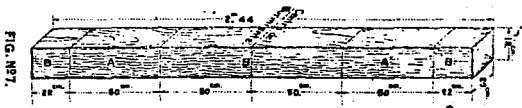
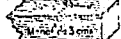


Fig. 7

Durmiente Aceptable

No aceptable

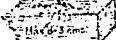
Nudo de paloma



Menos de 3cm

Fig. 8

Nudo de paloma



Mas de 3 cm

Fig. 9

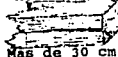
Nudo de paloma



Fig. 10

No aceptable

Menos de 7cm



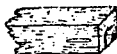
Mas de 30 cm

Fig. 16



Fig.11

Durmiente No aceptable



Mas de 7 cm.

Fig. 12

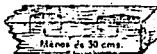
No aceptable
Grieta anular visible por la cara
Mas de 30 cm



Menos de 7 cm

Fig. 13

Aceptable



Menos de 30 cm

Fig.14

Durmiente No aceptable

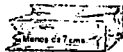


Menos de 30 cm

Fig. 15

mas de 7 cm

Durmiente Aceptable
Menos de 30 cm



Menos de 7 cm

Fig.17

Rajadura mixta



Fig. 18

Distancia L-M igual o mayor a
5 cm. Durmiente Aceptable

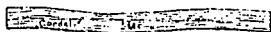


Fig. 19

Manera de formar las tongas de Durmientes

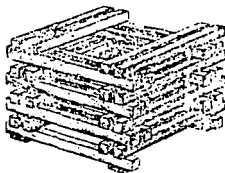


Fig. 20

Rajadura Radial: son las que se presentan transversal a los anillos de crecimiento anual. No se tolerará ninguna rajadura que tenga mas de 7 cm. de longitud, ni los que tengan mas de 30 cm. a lo largo del durmiente, aunque sean menos de 7 cm. en la cabeza. (Fig. 15 y 16).

Astilladuras: los durmientes con astilladuras ocasionadas por el labrado o por cualquiera otra circunstancia, solo se aceptarán si al desprenderse éstas no afectan las dimensiones.

f) Operaciones de Entalle, Barrenado e Incisionado:
Antes del tratamiento, los durmientes que así se especifique deberán ser entallados, barrenados e incisionados a máquina conforme los planos aprobados.

La profundidad de las incisiones no podrá ser menor de 19 mm y su espaciamento será tal que permita una correcta distribución del preservativo en las profundidades de las incisiones.

IV.2.B. PROCEDIMIENTOS PARA LA PRESERVACION EN
DURMIENTES DE MADERA.

a) Maderas Suaves

1.-Técnica elegida: se utilizará el procedimiento Lowry (Celdilla vacía sin aire inicial)

2.-Material para preservación: el impregnante puede ser un compuesto de 40 % de creosota con 60 % de impregmol o soluciones de pentaclorofenol al 2.5%.

3.-Retención: de 12 lbs /pie³ de madera (192,216 Kg. de mezcla por m³ de madera).

4.-Contenido de humedad: todo el material a ser tratado en cualquiera de las cargas deberá tener el mismo contenido de humedad con punto de saturación del 25 %.

5.-Descripción del proceso:

a) Una vez introducida la madera al cilindro de tratamiento, éste se cerrará en forma automática para ser llenado con la solución impregnante a una temperatura no menor de 75oC.

b) Se iniciará la inyección del impregnante lentamente

para alcanzar la presión de inyección en una hora a 180 lbs. por pulgada cuadrada (12.65 Kg/m²).

c) Se mantendrá la presión citada en forma sostenida por un período mínimo de (3 1/2 horas) hasta alcanzar la cantidad de mezcla impregnante calculada, se abatirá la presión y se desalojará el impregnante, procediendo finalmente a efectuar un vacío de 600 mm. en la columna de mercurio por espacio de 45 minutos a una hora.

La temperatura de mezcla impregnante, no deberá ser menor de 80°C, pudiendo alcanzar temperaturas hasta de 108°C.

MADERAS DURAS

- 1.- Técnica elegida: misma que para maderas suaves.
- 2.- Material para preservación: mismo que para maderas suaves.
- 3.- Retención: a repulsa.
- 4.- Contenido de humedad: mismo que para maderas

suaves.

5.- Descripción del proceso:

a) Misma que para maderas suaves, con la única variante que la retención será a repulsa.

b) Cuando se lleva a cabo la preservación de durmientes suaves y duros, debe tenerse cuidado de separarlos antes de someterlos al proceso de impregnación respectivo.

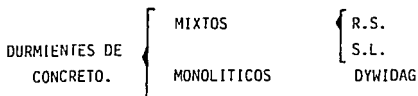
IV.3.- DURMIENTES DE CONCRETO HIDRAULICO

Son elementos de vía, que van a desempeñar la misma función (sujetos a esfuerzo y transmitir cargas al balasto) que los durmientes de madera. Pero van a representar una gran ventaja con respecto al mantenimiento y la velocidad puesto que son empleados en vía elástica en la cuál se pueden desarrollar mayores velocidades, así como soportar mayor tonelaje de carga.

En México en los años mas recientes, se ha iniciado la construcción de los durmientes de concreto, así como su utilización. Existen tres fábricas ubicadas en el Estado de Mexico-Los Reyes, Hidalgo-Tizayuca y Tlaxcala-Panzacola, en las cuales se han estado fabricando durmientes con muy buenos resultados.

IV. 3.A.-TIPO DE DURMIENTES DE CONCRETO HCO

Dependiendo de las características de trabajo y mantenimiento existen dos tipos de durmientes de concreto los cuáles son fabricados para soportar diferentes tráficos;



DURMIENTES DE CONCRETO MONOLITICOS:

LOS DURMIENTES MONOLITICOS DE CONCRETO TIPO DWIDAG, MODELO E-72, B-58 O SIMILAR, PREEFORZADO A BASE DE POSTENSADO SON FABRICADOS CON LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS:

ESPECIFICACIONES:

DISEÑO:

LA FORMA DE DISEÑO Y CARACTERISTICAS DEL DURMIENTE DE CONCRETO TIPO "A"(B -58) Y TIPO "B" (E-72), DEBERA DE SER PARA RIEL DE 115 Lbs/Yd. FIJACION ELASTICA EN PERNO DE ANCLAJE SL Y COJINETE SEMICILINDRICO, DEBIENDO UTILIZARSE UN SISTEMA DE DESMOLDEO LATERAL PARA ESTE TIPO DE FIJACION Y SERA EL FABRICANTE QUIEN PROPONGA EL DISEÑO EL CUAL DEBERA DE CUMPLIR CON LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES, SUJETO A LA APROBACION DE LOS FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO. EL FABRICANTE DEBERA DE PRESENTAR UN JUEGO COMPLETO DE PLANOS DETALLADOS DEL DURMIENTE EN SUS DOS TIPOS.

MATERIALES:

EL CEMENTO DEBERA SER PORTLAND TIPO III DE ALTA Y RAPIDA RESISTENCIA, DE ACUERDO A LAS NORMAS A.S.T.M.

EL AGREGADO FINO, DEBERA SER NATURAL O PRODUCTO DE TRITURACION DEBIENDO ESTAR EXENTO DE ARCILLAS, LIMOS Y MATERIA ORGANICA.

EL AGREGADO GRUESO, SERA DE 38 mm. DE TAMAÑO MAXIMO, PRODUCTO DE TRITURACION DE PIEDRA, CON UNA DENSIDAD SUPERIOR A 2.6, CON ALTA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y EXENTO DE ARCILLA, LIMOS Y MATERIA ORGANICA.

EL AGUA QUE SE EMPLEE EN LA ELABORACION DEL CONCRETO DEBERA SER LIMPIA, EXENTA DE SALES SOLUBLES Y CONTAMINANTES, COMPARABLE CON LA POTABLE.

CONCRETO:

EL CONCRETO DEBERA DE TENER REVENIMIENTO 0% Y UNA RESISTENCIA MINIMA A LA COMPRESION DE 600 kg/cm^2 A LOS 28 DIAS Y A LA TENSION POR FLEXION DE 65 kg/cm^2 A LOS 7 DIAS, DE ACUERDO A LA PRUEBA DE CUBO DE $20 \times 20 \times 20 \text{ cms}$. Y DE $10 \times 10 \times 10 \text{ cms}$. RESPECTIVAMENTE.

EL CURADO DE CONCRETO, DEBERA EFECTUARSE MEDIANTE VAPOR HUMEDO A PRESION -- AMBIENTAL QUE PERMITA ACELERAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ANTES DE APLICAR LA CARGA DE PREEFUERZO QUE NO SERA MENOR DE 450 KG./CM². EN PRUEBA DE CUBO DE 20 x 20 x 20 CMS.

LA MEZCLA DEBERA DE SER PLASTICA Y MANEJABLE PARA QUE AL VIBRARSE Y COMPACTARSE NO QUEDEN VACIOS NI POROSIDADES.

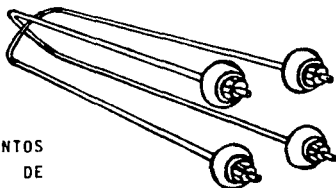
MORTERO Y LECHADA:

EL MORTERO PARA SELLAR LOS DUCTOS DE ANCLAJE DE POSTENSADO DEBERA DE TENER - UNA RESISTENCIA MINIMA A LA COMPRESION DE 400 KG./CM² A LOS 28 DIAS, DE ACUERDO A LA PRUEBA DE CUBO DE 5 x 5 x 5 CMS.

LA LECHADA DE INYECCION UTILIZADA EN EL DURMIENTE DE CONCRETO POSTENSADO DEBERA TENER UNA FLUIDEZ ADECUADA PARA EVITAR LA FORMACION DE BURBUJAS Y UNA - RESISTENCIA MINIMA A LA COMPRESION DE 335 KG./CM². A LOS 28 DIAS EN CILINDROS DE 2 x 4 CMS. Y A LA TENSION POR FLEXION DE 65 KG./CM². A LOS 7 DIAS EN ---- PRISMAS DE 4 x 4 x 16 CMS.

ACERO DE PREEFUERZO POSTENSADO:

EL ACERO USADO DEBERA TENER UN LIMITE DE FLUENCIA MINIMO DE 14000 KG./CM². - Y UNA RESISTENCIA A LA RUPTURA NO MENOR DE 16000 KG./CM². CON UN ALARGAMIENTO MINIMO EN TENSION DE 6%, OBSERVANDO EN LOS DURMIENTES TIPO "A" QUE LA CARGA MINIMA DE PREEFUERZO INICIAL NO SERA MENOR DE 30 TONELADAS Y PARA EL TIPO "B" LA CARGA MINIMA DE PREEFUERZO INICIAL NO SERA MENOR DE 35 TONELADAS. EN LA SIGUIENTE FIGURA SE MUESTRAN LOS ELEMENTOS DE PREEFUERZO.



ELEMENTOS
DE
PREEFUERZO.

DIMENSIONES:

EL LARGO NOMINAL DEL DURMIENTE DE CONCRETO TIPO "A" Y TIPO "B", SERA DE ---
2,400 mm.

EL ANCHO MINIMO DEL DURMIENTE DE CONCRETO TIPO "A" Y TIPO "B", SERA DE 150-
MILIMETROS EN SU PARTE SUPERIOR Y 200 mm. EN SU PARTE INFERIOR. LA ALTURA -
MINIMA DEL DURMIENTE DE CONCRETO TIPO "A" Y TIPO "B" SERA DE 150 mm.

EL DURMIENTE DE CONCRETO SERA FABRICADO PARA UNA VIA CON ESCANTILLON DE ---
1,435 mm.

EL PESO MAXIMO DEL DURMIENTE DE CONCRETO TIPO "A" DEBERA SER DE 250 KG. Y -
PARA EL TIPO "B" 280 KG.

LA DISTANCIA ENTRE EJES DE ASIENTO DEL RIEL SERA DE 1511 mm. PARA EL TIPO -
"A" Y EL TIPO "B".

LAS DIMENSIONES PARA RADIO EXTERNO E INTERNO DE CUBETAS, DEBERAN DE SER DE-
18.0 mm. Y 15.0 mm. RESPECTIVAMENTE PARA EL TIPO "A" Y TIPO "B".

LA DISTANCIA ENTRE EJES DE CUBETAS DE APOYO PARA FIJACION ELASTICA EXTERNAS
E INTERNAS, DEBERAN SER DE 1,785 mm. Y 1,239 mm. RESPECTIVAMENTE.,

LA DISTANCIA ENTRE EJES DE CUBETAS DE APOYO PARA FIJACION ELASTICA DE UNA -
MINIMA CABEZA DEL DURMIENTE SERA DE 274.0 mm., PARA EL TIPO "A" Y EL TIPO -
"B"

TOLERANCIAS DE FABRICACION:

EN EL LARGO NOMINAL DEL DURMIENTE DE CONCRETO SERA DE +10.-3mm.

EN EL ANCHO NOMINAL SERA DE \pm 5mm.

EN LA ALTURA SERA DE \pm 5mm.

ENTRE EJES DE CUBETAS DE APOYO DE LA FIJACION ELASTICA \pm 2mm.

ENTRE EJES DE CUBETAS DE APOYO DE LA FIJACION ELASTICA EN UN MISMO LADO DEL
DURMIENTE \pm 1.0mm.

EN EL RADIO DE LAS CUBETAS DEBERA SER DE \pm 1.0mm.

EN EL LARGO DE LAS CUBETAS DE LOS ASIENTOS DEL COJINETE +2mm. 0 -1mm.

EN DIMENSIONES TRANSVERSALES DE LAS CUBETAS PARA EL PERNO DE ANCLAJE --
+1mm. 0 -2mm.

EL ASIENTO DEL RIEL DEBERA TENER UNA INCLINACION DE $1:40 \pm 5$ HACIA EL CENTRO DEL DURMIENTE.

EL ASIENTO DEL RIEL DEBERA SER UNA SUPERFICIE PLANA Y LISA CON UNA TOLERANCIA DE ± 1.0 mm.

LOS ANCLAJES DE POSTENSADO NO SALDRAN FUERA DE LOS EXTREMOS DEL DURMIENTE Y SE CUBRIRAN CON MORTERO.

PARA LA COLOCACION DEL ACERO DE PREESFUERZO DEBERA SER DE ± 1.5 mm. ENTRE EJES DE ASIENTO DEL RIEL, DEBERA SER ± 2 mm. EN EL TIPO "A" Y "B"

ACABADO:

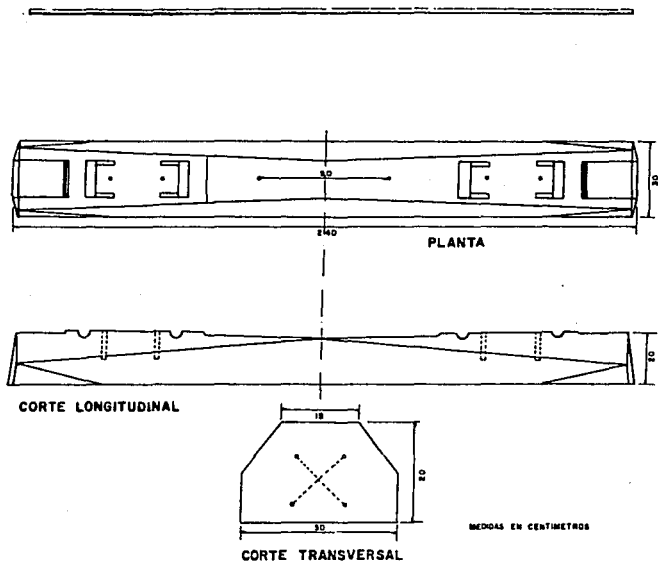
LAS SUPERFICIES SUPERIOR Y LATERALES DEL DURMIENTE, DEBERAN PRESENTAR UN ASPECTO LISO Y UNIFORME CON UN MINIMO DE POROSIDADES. LAS ARISTAS DE LAS CARAS SUPERIORES DEL DURMIENTE DEBERAN ESTAR PERFILADAS Y EXENTAS DE SALIENTES O DESPOSTILLADURAS.

EL DURMIENTE DEBERA LLEVAR APLICADA UNA MANO DE IMPERMEABILIZANTE EN SUS CARAS EXTREMAS.

EL DURMIENTE DEBERA TENER LETRAS O NUMEROS EN LA CARA SUPERIOR EN ALTO O BAJO RELIEVE PARA IDENTIFICAR AL FABRICANTE, TIPO O MODELO DEL DURMIENTE Y EL AÑO DE SU MANUFACTURA.

EMBARQUE:

EL DURMIENTE DE CONCRETO TIPO "A" Y TIPO "B", DEBERA EMBARCARSE EN PLATAFORMAS DE FERROCARRIL DEBIDAMENTE ASEGURADOS PARA SU TRANSPORTE, DE TAL MANERA QUE NO PUEDAN DESPLAZARSE NI OCASIONARSE DAÑO ALGUNO. DEBERA COLOCARSE EN POSICION HORIZONTAL EN NO MAS DE 6 CAMAS, SEPARADAS POR POLINES DE MADERA. FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO, ESPECIFICARA LA MAGNITUD DEL EMBARQUE DE ACUERDO CON LAS FACILIDADES DE DESCARGA CON QUE SE DISPONGA. (FIG. 5).



URMIENTE DYWIDAG.

FIG. 5

b) Prueba de flexión en asiento de riel (Momento Negativo).

Se ejecutará en un asiento de riel que se designará como asiento (A). Con el durmiente apoyado y cargado como se muestra en la figura I, se aplicaría una carga creciente a un promedio no mayor de 2.2 toneladas por minuto, se aplicará hasta que la carga P produzca un momento negativo en el asiento del riel de 132.5 toneladas-centímetros. Esta carga se mantendrá por lo menos 3 minutos, durante los cuáles se hará una inspección para determinar si ocurre agrietamiento. Una lupa de 5 aumentos con iluminación se usará para localizar grietas. Si no ocurre ningún agrietamiento los requisitos de esta prueba se habrán cumplido.

c) Prueba de flexión en asiento de riel (Momento Positivo).

De manera semejante a la prueba descrita en el inciso (b), el durmiente será apoyado y cargado como se observa en la figura II para producir un momento positivo del asiento del riel (A) de 253.5 toneladas-centímetro.

d) Prueba de flexión en todo el durmiente (Momento Negativo)

Con el durmiente apoyado y cargado como se muestra en la figura III, se aplicará una carga creciente a un promedio no mayor de 2.2 toneladas por minuto, se aplicará hasta producir un momento máximo negativo de 253.5 toneladas-centímetro. Esta carga se mantendrá por no menos de 3 minutos, durante los cuáles se hará una inspección para determinar si ocurre agrietamiento. Una lupa iluminada de 5 aumentos se usará para localizar las grietas. Si no ocurre agrietamiento los requisitos de esta prueba se habrán cumplido.

e) Prueba de flexión en todo el durmiente (Momento Positivo).

De manera semejante a la prueba descrita en el inciso (d), el durmiente será apoyado y cargado como se observa en la figura IV para producir un momento positivo de 103.7 toneladas-centímetro.

f) Prueba de flexión en asiento de riel (Momento Negativo y Positivo).

Se ejecutará en el otro asiento del riel que se denominará asiento (B). Las pruebas se harán como se describe en los incisos (b) y (c) respectivamente.

g) Prueba de desarrollo de adherencia, anclaje y presfuerzo y carga última.

Se efectuará en asiento de riel (A). Con el durmiente apoyado y cargado como se muestra en la fig. II, se aplicará una carga creciente a un promedio no mayor de 2.2 toneladas por minuto se aplicará hasta que:

Si el agrietamiento inicial ocurre arriba a 1.1P, se aplicará una carga total de 1.5P. La carga |P. será la determinada en la prueba de carga vertical en asiento de riel para momento positivo.

Si el agrietamiento inicial ocurre debajo del valor de 1.1P, se aplicará una carga total de 1.75P.

Si el durmiente puede soportar estas cargas por un período no menor de 5 minutos, los requisitos de esta prueba se habrán cumplido.

h) Prueba de extracción del incerto de sujeción (Extracción Perno)

Para determinar la capacidad de incertos de rosca, para resistir la tensión del tornillo y la capacidad del asiento de riel de concreto para soportar cualquier carga diferencial vertical entre el riel y el durmiente de concreto, la siguiente prueba se efectuará en cada incerto como se muestra en la figura V. Una carga axial de 5.45 toneladas será aplicada a cada inserto separadamente y sostenida por no menos de 3 minutos, durante los cuáles se efectuará una inspección para

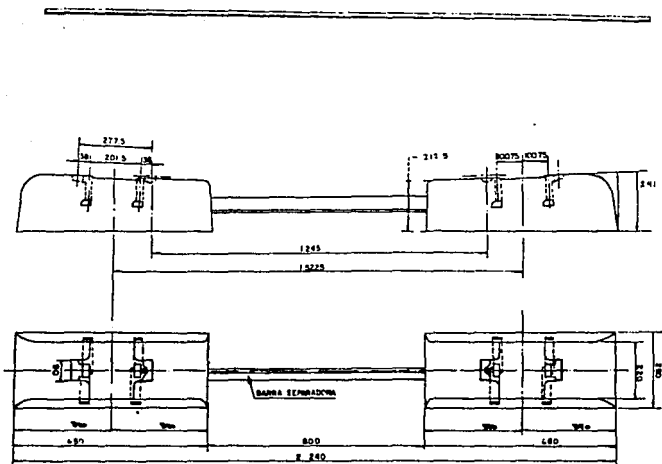


FIG. 4.

DURMIENTE "SL"

DURMIENTES DE CONCRETO MIXTOS:

LOS DURMIENTES MIXTOS "RS", CONSTAN DE DOS BLOQUES DE CONCRETO DE 720 x 290 x 226 mm. REMATANDO AL INTERIOR DE LA VIA CON 196 mm. UNIDO POR UNA BARRA SEPARADORA DE FIERRO EN FORMA DE "I" INVERTIDA, SU LONGITUD ES DE 2240 mm. CON UN PESO APPROXIMADO DE 196 KGS. (FIG. 1 Y FIG. 2).

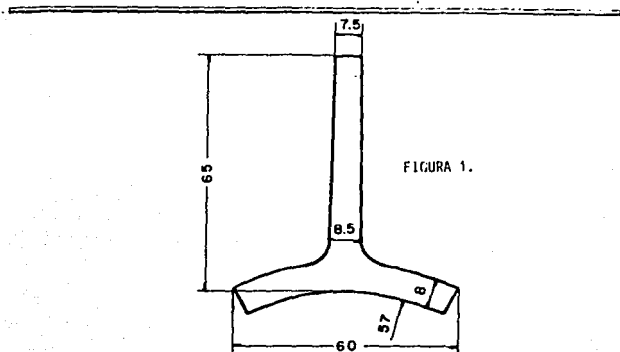
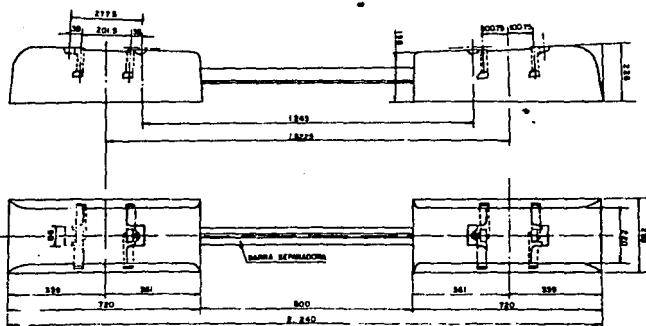


FIGURA 1.

Barra separadora para durmientes RS

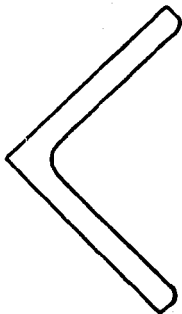


DURMIENTE "RS" FRANCES

FIG. 2.

LOS DURMIENTES MIXTOS "SL", SON SEMEJANTES A LOS "RS", CONSTAN DE DOS BLOQUES DE CONCRETO DE 680 x 290 x 241 mm. REMATANDO AL INTERIOR DE LA VIA CON 212.5 mm. UNIDOS POR UNA BARRA SEPARADORA DE FIERRO EN FORMA DE ANGULO DE 60 x 60 x 7 mm. SU LONGITUD ES DE 2242,5mm. CON UN PESO APROXIMADO DE 190 KGS. (FIG. 3).

FIGURA 3.



Barra separadora para durmientes SL

VER EN LA FIGURA NUMERO 4 UN DURMIENTE MIXTO "SL".

determinar si hay algún deslizamiento del inserto o cualquier agrietamiento en el concreto. Si ocurren tales fallas, los requisitos de esta prueba no se habrán cumplido.

i) Prueba de momento de torsión en el inserto de sujeción.

Esta prueba se efectuará en cada inserto de sujeción del riel para determinar su capacidad de resistir un momento de torsión alrededor del eje longitudinal del inserto. Un tornillo de alta resistencia y del diámetro apropiado para el inserto que se va a probar, que tenga un largo de rosca de 2.85 cm, se atornillará en el inserto y se aplicará un momento torsionante de 34.6 kg.m. El momento torsionante se mantendrá por no menos de 3 minutos. Si el inserto resiste el momento torsionante sin rotación, agrietamiento del concreto o deformación permanente, el inserto habrá pasado la prueba (ver fig VI).

IV.3.2. Pruebas en durmientes de dos bloques.

a) Acabado y Dimensiones

Las superficies superior y laterales de los durmientes deberán presentar un aspecto liso y uniforme con un

mínimo de porosidades. Una fuerte concentración de porosidades en la superficie o evidencia de mezclado, vibrado o curado inadecuado será motivo de rechazo. Las aristas superiores deberán estar perfiladas y libres de salientes y despostilladuras. En las aristas inferiores se permitirá un ligero despostillamiento. La superficie inferior de apoyo del durmiente deberá tener una rugosidad uniforme.

b) Prueba de flexión en asiento de riel (Momento Positivo)

Se ejecutará en cada asiento de riel. Con el durmiente apoyado y carga como se ve en la figura I, una carga aumentado a un promedio no mayor de 2.27 toneladas por minuto, se aplicará hasta que la carga P produzca un momento positivo en el asiento de riel de 172.5 toneladas-centímetro. Esta carga se sostendrá por no menos de 3 minutos, durante los cuales se hará una inspección para determinar su ocurre agrietamiento. Si no ocurre agrietamiento o el ancho de las grietas no excede de 0.015 mm los requisitos de esta prueba se habrán cumplido.

c) Prueba de flexión en asiento de riel (Momento Negativo)

Se ejecutará en cada asiento de riel. Con el durmiente apoyado y cargado como se ve en la figura II una carga aumentada a un promedio no mayor de 2.2 toneladas por minuto, se aplicará hasta que la carga P produzca un momento negativo en el asiento de riel de 121 toneladas-centímetro. Esta carga se mantendrá por no menos de 3 minutos durante los cuáles se efectuará una inspección para determinar si ocurre agrietamiento. Si no ocurre agrietamiento o el ancho de las grietas no excede de 0.015 mm los requisitos de esta prueba se habrán cumplido.

d) Prueba de flexión en todo el durmiente (Momento negativo)

Con el durmiente apoyado y cargado como se ve en la figura VII una carga aumentando a un promedio no mayor de 2.2 toneladas por minuto, se aplicará hasta que una carga de 3.18 toneladas produzca un momento de 40.0 toneladas-centímetro. Si no ocurre agrietamiento en los bloques de concreto y la deflexión al centro de los durmientes no excede de 13 mm los requisitos de esta prueba se habrán cumplido.

e) Prueba de flexión en todo el durmiente (Momento positivo)

Con el durmiente apoyado y cargado como se ve en la figura VIII una carga aumentado a un promedio no mayor de 2.2 toneladas por minuto, se aplicará hasta que una carga de 3.18 toneladas produzca un momento de 40.0 toneladas-centímetro. Si no ocurre agrietamiento en los bloques de concreto y la deflexión al centro de los durmientes no excede de 13 mm los requisitos de esta prueba se habrán cumplido.

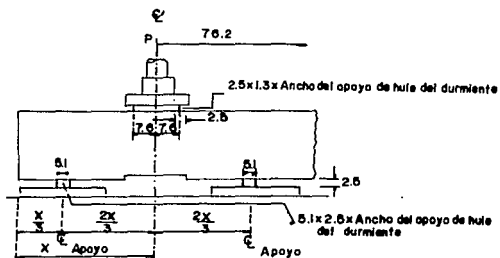
f) Prueba de carga última en el asiento del riel

Con el durmiente apoyado y el otro asiento del riel cargado como se muestra en la figura I, una carga aumentando a un promedio no mayor de 2.2 toneladas por minuto, se aplicará hasta llegar a la carga de 1.75P. La carga P es la definida en el inciso (b). Si el durmiente resiste esta carga por un periodo no menor de 5 minutos, los requisitos de esta prueba se habrán cumplido.

g) Prueba de extracción del inserto de sujeción
(Extracción del perno)

Para determinar la habilidad de insertos de rosca, para resistir la tensión del tornillo y la habilidad del asiento del riel de concreto para soportar cualquier carga diferencial vertical entre el riel y el durmiente

**PRUEBA DE FLEXION EN POSICION
INVERTIDA DE ASIENTO DE RIEL
DEL DURMIENTE**

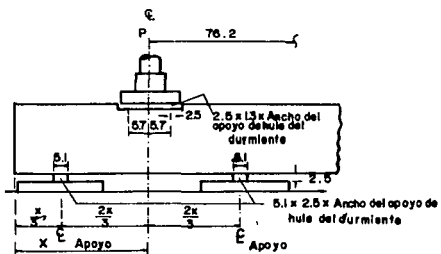


$$P = \frac{2M}{2X - 7.6} \cdot \frac{3}{3}$$

M = Momento negativo al asiento del riel

(FIG. 1)

PRUEBA DE FLEXION EN POSICION NORMAL DE ASIENTO DE RIEL DEL DURMIENTE



Las acotaciones estan en cm.

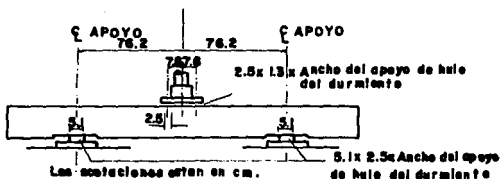
La siguiente formula se usara para determinar el valor de P.

$$P = \frac{M}{\frac{2x}{3} - 5.7}$$

M = Momento positivo en el asiento de riel como se requiere para durmientes presforzados monoliticos o de dos bloques

(FIG II)

PRUEBA DE FLEXION EN POSICION
INVERTIDA EN TODO EL DURMIENTE



La siguiente formula se usara
para determinar el valor de P

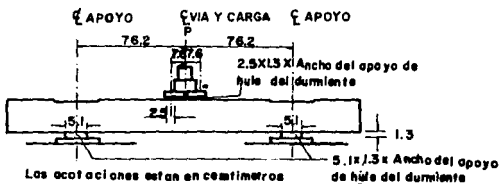
$$P = \frac{2M}{L}$$

68.6

M = Momento negativo en
el centro del durmiente

(FIG. III)

PRUEBA DE FLEXION EN POSICION
NORMAL EN TODO EL DURMIENTE



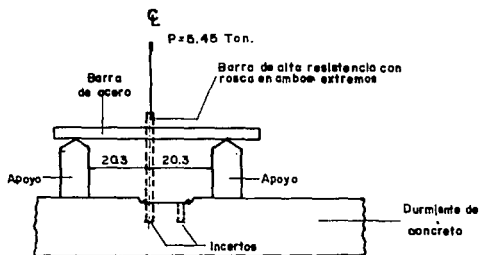
La siguiente formula se usara para determinar el valor de P

$$P = \frac{2M}{68.6}$$

(1) M = Momento Positivo al centro del durmiente

(FIG. IV)

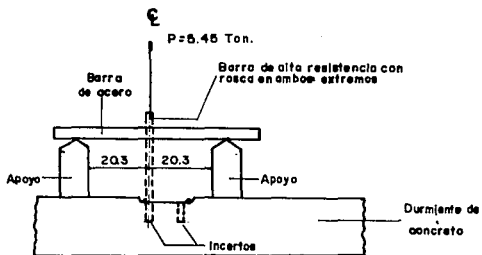
PRUEBA DE EXTRACCION DEL INSERTO DE FIJACION DEL RIEL



Las acotaciones estan en cm.

(FIG. V)

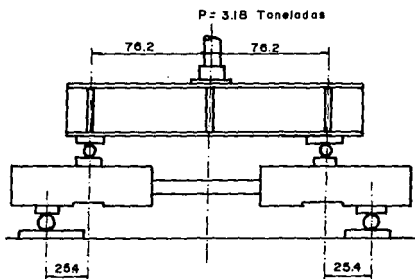
PRUEBA DE EXTRACCION DEL INSERTO DE FIJACION DEL RIEL



Las acotaciones estan en cm.

(FIG. V)

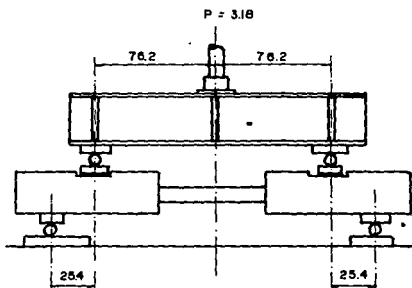
**PRUEBA DE FLEXION EN POSICION
INVERTIDA EN TOBO EL DURMIENTE**



Las acotaciones estan en cm.

(FIG. VII)

PRUEBA DE FLEXION EN POSICION NORMAL
EN TODO EL DURMIENTE



Las acotaciones estan en cm.

(FIG. VIII)

de concreto, la siguiente prueba se efectuará en cada inserto como se muestra en la figura V. Una carga axial de 5.45 toneladas será aplicada a cada inserto separadamente y sostenida por no menos de 3 minutos, durante los cuales se efectuará una inspección para determinar si hay algún deslizamiento del inserto o cualquier agrietamiento en el concreto. Si ocurren tales fallas, los requisitos de esta prueba no se habrán cumplido.

h) Prueba de momento de Torsión en el Inserto de Sujeción.

Esta prueba se efectuará en cada inserto de sujeción del riel para determinar su habilidad para resistir un momento de torsión alrededor del eje longitudinal del inserto. Un tornillo de alta resistencia y del diámetro apropiado para el inserto que se va a probar, que tenga un largo de rosca de 2.86 cm, se atornillará en el inserto y se aplicará un momento torsionante de 34.6 kg-m. El momento torsionante se mantendrá por no menos de 3 minutos. Si el inserto resiste el momento torsionante sin rotación, agrietamiento del concreto o deformación permanente, el inserto habrá pasado la prueba (Ver fig. VI)

V. VIA

V. 1.- GENERALIDADES.

Es la estructura formada por los siguientes elementos: balasto, durmientes, dispositivos de sujeción y de apoyo, rieles, juegos de cambio y crucero, que se colocan para sustentar y guiar el equipo rodante así como elementos de señalamiento.

Para las condiciones de trabajo y por diseño existen dos tipos de vía:

a) Vía elástica generalmente diseñada para grandes velocidades y tonelaje pesado, en la que se emplean suelas amortiguadoras entre rieles y durmientes y sujeciones del tipo de muelle o de resorte.

b) Vía clavada es la tradicional diseñada para velocidades lentas y poco o mediano tonelaje, en la que se emplean placas de asiento metálicas entre rieles y durmientes, sujeciones con clavos de vía y anclas a presión sujetas a los rieles.

La construcción de toda vía comprende las siguientes operaciones, consideras como principales:

a) Tendido, es decir la colocación en el lugar de durmientes, rieles, juegos de cambio, cruceros, lubricadores, juegos de sujeción y de apoyo.

b) Soldadura de rieles.

c) Distribución de balasto.

d) Alineamiento y nivelación para ajustarla al trazo horizontal, al perfil y a las secciones transversales de proyecto.

La vía elástica, armada en taller o en el lugar, y la vía común, clavada en el lugar, se colocarán sobre el sub-balasto cuando esté totalmente terminado.

V.2. RIELES

Los rieles (paralelos a una distancia entre sus costados interiores denominada Escantillón), permiten el tránsito del equipo cuyas ruedas se mantienen sobre la vía, gracias a las cejas con separación igual al escantillón mas una pequeña holgura.

Los rieles requieren la máxima precisión para su

alineado en planta y la nivelación del perfil longitudinal así como adecuadas sobre elevaciones, para poder permitir altas velocidades y confort, a un tráfico que somete a los rieles, a grandes esfuerzos que precisan de fijaciones sólidas para mantenerlos sobre los durmientes, amortiguando golpes y vibraciones.

Los durmientes a su vez, deben transmitir solo presiones máximas admisibles al balasto y anclar los rieles para impedir su desplazamiento lateral o el corrimiento longitudinal.

V.2.A. Prueba de Impacto

a) Esta prueba se deberá efectuar en tres tramos de riel con longitud no menor de 1.22m ni mayor de 1.83m.

Estos tramos deberán ser cortados del extremo delantero de los rieles "A" , del segundo, medio y último lingotes completos de cada colada. La temperatura de los tramos de prueba no deberán exceder de 380C.

b) La máquina de impacto deberá ser reglamentaria para esta prueba. El martillo deberá pesar 907 Kg. y deberá

tener una superficie circular de golpeo con un radio de 12.7 cm. El bloqueo del yunque deberá pesar 9070 Kg. y deberá estar apoyado en resorte. Los apoyos para los tramos de prueba deberán formar parte del yunque o estar firmemente asegurado a éste. Estos apoyos deberán estar a una separación de 122 cm. centro a centro.

c) Los tramos para la prueba de impacto se colocan sobre los apoyos con el hongo hacia arriba y se someterán a un golpe de martillo que deberá caer libremente desde una altura de 6.71 m aproximadamente.

d) Si los tres tramos de prueba soportan el impacto del martillo de la altura de caída, sin romperse entre los apoyos, se aceptarán todos los rieles de la colada, quedando sujetos a la revisión final de su superficie, sección y acabado.

e) Si alguno de los tres tramos se rompe fuera del claro entre apoyos, se descartará la prueba y se repetirá el ensaye en otra probeta tomada del extremo delantero del mismo riel ensayado.

f) Si alguno de los tres tramos falla, después de hacer

V.2.B. Defectos Interiores.

Se tomará una probeta que represente el extremo delantero o punta del riel, que encabece cada lingote de cada laminación en caliente y que haya pasado la prueba de impacto, esta probeta se mellará y se romperá observándose que no existan fisuras, defectos de laminación cavidades inclusiones de materia extraña o una estructura de grano mas fino o mas brillante.

V.2.C. Acabado

Todos los rieles deberán presentar una superficie tersa en el hongo y ser rectos, sin torceduras y ondulaciones. Los apoyos para rieles en las prensas de enderezado deberán tener una superficie plana sin agujeros y sin torceduras; deberán estar separados aproximadamente un 1.50 m pueden utilizarse apoyos auxiliares a menos de 1.50 m; para enderezar los extremos de los rieles. Se podrán aceptar aquellos rieles que al colocarlos sobre una superficie horizontal, con el hongo hacia arriba, sus extremos queden ligeramente levantados siempre y cuando los rieles tengan una curva uniforme con una flecha que no exceda de 3.2 cm en 11.89 m de longitud. Los rieles se cortarán en sus extremos con sierra y escuadra con

tolerancia de 0.8 cm. debiendo removerse totalmente las rebabas que resulten del corte.

V.3. Soldadura de Rieles

Se define como soldadura al procedimiento de unión de dos metales por un procedimiento de fusión. Para las soldaduras de rieles existen dos métodos que se seleccionan según la importancia de la obra.

a) El procedimiento eléctrico empleado normalmente para soldar en planta consiste en calentar eléctricamente el extremo de ambos rieles y ejerciendo presión por su unión.

b) El procedimiento aluminotérmico empleado normalmente para soldadura en campo consiste en calentar el extremo en ambos rieles que han de estar unidos, rellenando simultáneamente el espacio entre ellos con metal en estado de fusión.

V.3.A. Soldadura Eléctrica

Esta es considerada como la de mejor calidad y menor precio puesto que puede realizarse en taller,

produciéndose tramos en serie, pero los tramos soldados resultarían de 7 a 8 rieles máximo, a causa de problema de transporte. El procedimiento de soldadura eléctrica basada en el caldeoado por corriente eléctrica de alto porcentaje, y el recalcado entre los extremos de rieles, se hará en una planta adecuada, debiéndose cumplir con los siguientes requisitos:

a) Se limpiarán los extremos de los rieles antes de soldarlos, para eliminar el óxido, u otras sustancias extrañas que reduzcan la efectividad de la soldadura.

b) Antes de proceder a efectuar la soldadura los rieles se alinearán en la máquina soldadora.

c) La calidad de la soldadura se controlará por medio de registro gráfico del proceso, que elabora la propia máquina.

d) El reborde que por efecto de la soldadura se forma en la unión se recortará y se esmerilará con el equipo adecuado hasta obtener la sección del hongo.

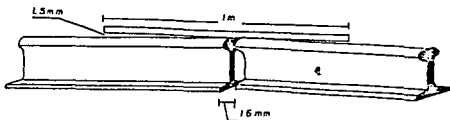
V.3.B. Soldadura Aluminotérmica

a) Este procedimiento se efectúa por fusión vertiendo un metal en estado líquido a una temperatura (2500 a 2600)°C sobre un molde.

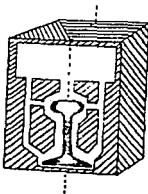
El metal de aportación en estado líquido se obtiene por reacción entre el óxido de hierro y el aluminio los cuales pulverizados reaccionan a (1400)°C. Por medio de adiciones incorporados a la mezcla inicial de óxido de hierro y aluminio (carga de soldadura) es posible variar la composición del metal de aportación, de acuerdo con las características del acero de los rieles.

FASES DE EJECUCION

a) Alineación de Rieles.- Consiste la presentación de los rieles en la siguiente forma., se tendrá que hacer de dos maneras, alineación en planta y alineación en elevación así como también se deberá dejar una separación de (16-18) mm de un riel a otro.



b) Moldeado.- Al tratarse de una soldadura por fusión es necesario moldear la zona de soldadura, se utiliza un molde prefabricado el cuál se envía perfectamente protegido hasta el lugar de empleo. En su fabricación se usa arena sílica, silicato de sosa y óxido de hierro. Una vez desempacado el molde se procede a la colocación la cuál se hará mediante una prensa de riel de brazos móviles independientes y será sellado con pasta en las juntas.



c) Pre calentamiento.- Una vez colocado el molde y antes de efectuar el vaciado se calientan los extremos de los rieles hasta lograr una temperatura aproximada de (900)°C se debe apreciar un color (rojo cereza claro) esto es con el objeto de:

c-1) Aportar un número inicial de calorías que faciliten la fusión del riel al entrar en contacto con el metal de aportación.

c-2) Calentamiento del molde para mejor funcionamiento.

Durante el calentamiento el quemador descansa sobre un soporte acoplado al cuerpo central de la prensa que sostiene al molde.

El quemador debe quedar perfectamente centrado con respecto al plano de simetría del riel y al plano medio del espacio entre rieles.

d) Colada.- Antes de iniciar la colada debe prepararse el crisol, el cuál consta de una envoltura de chapa de acero, revestida de un forro interior de material refractario en el fondo del crisol existe una pieza intercambiable (boquilla) de magnesita, a través de la cuál se efectúa la colada una válvula de acero en forma de clavo permite mantener cerrado el agujero hasta el momento de la colada. El aislamiento térmico de la válvula se logra con una capa apisonada de asbesto y magnesita en polvo, así como una pequeña cantidad de arena refractaria. El crisol se coloca sobre un soporte capaz de girar alrededor de su vástago vertical unido al cuerpo central de la prensa de sujeción del molde. Una vez centrado el crisol y sellado con la válvula de cierre se vierte dentro de éste la carga de soldadura constituida por óxido de hierro y soldadura, se usará una alumineta (bengala) para el encendido y finalmente

se tapa con el cubre crisol.

Procedimiento de la Colada.- Una vez que los extremos de los rieles han alcanzado la temperatura de (900)°C se retira el quemador y se procede al encendido de la bengala la cuál provoca la reacción en cadena entre el óxido de hierro y el aluminio.

La reacción de la carga suele durar de (20-25) segundos, pudiendo considerarse cuando se aprecia una disminución en la humareda y cesan las vibraciones del crisol.

d-1.-) Decantación.-Terminada la reacción y antes de empezar la colada debe dejarse reposar el crisol (10) segundos, con objeto de lograr una total separación entre el acero líquido y la escoria, esto es con objeto de permitir que la temperatura de los extremos de los rieles se iguale en toda la sección.

d-2.-) Sangrado del Crisol.- Mediante un pequeño golpe aplicado al vástago con una varilla al clavo de cierre, iniciándose la colada, lo primero que fluye es el metal el cuál penetra por el interior del molde, una vez que se ha colocado todo el metal continúa fluyendo la

escoria la cuál queda cubriéndolo hasta llenar por completo el molde.

d-3.-) Enfriamiento.- Realizada la colada, se retira el crisol y la prensa de sujeción, dejando enfriar el molde de (3-4) minutos, antes de efectuar cualquier otra operación.

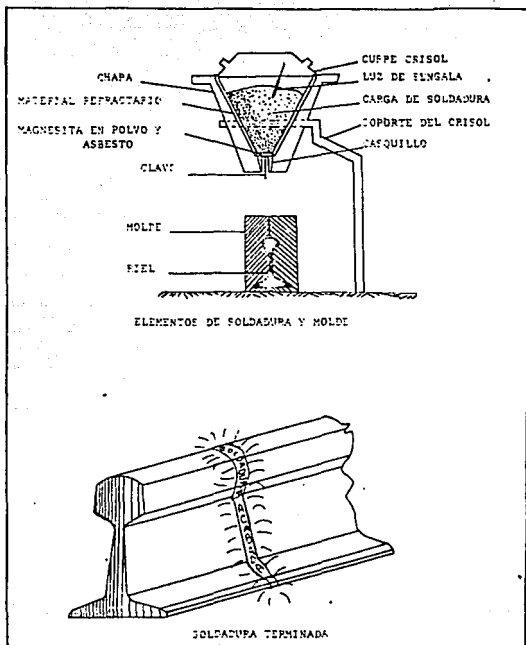
e) Desbaste.- Una vez transcurrido los (3-4) minutos de enfriamiento, se desprenden las carcasas y se deshace el molde.

Posteriormente se separa la escoria y se corta en caliente el metal sobrante en el hongo del riel, con una tajadera y un marro.

f) Acabado.- El reborde debe limpiarse cuidadosamente de todo rastro de arena, de tal forma que pueda inspeccionarse con facilidad. Para realizar la limpieza se comienza con picar con un martillo la arena adherida, terminado con un raspado con cepillo de alambre en forma manual.

Con el objeto de evitar cualquier clase de impacto, provocado al paso de las ruedas del ferrocarril por la

zona soldada, se le hace un terminado al perfil del hongo del riel por esmerilado de tal manera que la superficie no presente discontinuidad, con respecto al resto del riel.



INSPECCION ULTRASONICA DE SOLDADURA ALUMINOTERMICA EN VIAS FERREAS.

INTRODUCCION

La inspección ultrasónica de uniones soldadas por el procedimiento aluminotérmico para la construcción de riel continuo es un caso de evaluación no destructiva particularmente difícil debido principalmente a problemas geométricos, a la alta atenuación del sonido en el metal de soldadura y a la gran variedad de defectos posibles, que son los inherentes a un proceso de fundición, estos factores en la mayoría de los casos impiden la inspección ultrasónica automática, por lo cual en la actualidad dicha inspección es realizada casi siempre manualmente.

A continuación se hace una breve descripción del procedimiento utilizado para la inspección de soldadura en riel continuo de 115 libras por yarda, formulado de acuerdo a datos experimentales obtenidos antes y durante la inspección de aproximadamente 12000 uniones soldadas, efectuada durante los primeros tres meses de 1985 en la doble vía México-Querétaro.

PERSONAL Y EQUIPO

Para la realización de estas pruebas se requiere de técnicas en ultrasonido con amplia experiencia en la caracterización y análisis de fallas en soldadura.

El detector de fallas utilizado es un Karl Deutch E 1004 junto con transductores de haz directo y angulares de 2.25 Megahertz.

Para propósito de calibración para haz directo se utilizan blocks fabricados a partir de probetas de soldaduras acústicamente sanas, un block de 12.7 mm (0.5") de espesor para distancia y cuatro blocks con agujeros de fondo plano de 1.6 mm (1/16") de diámetro a profundidades de 12.7 mm (0.5") , 25.4 mm (1.0") , 38.1 mm (1.5") y 50.8 mm (2.0") (Ver Fig.1). Para la calibración de haz angular se utiliza el block IIW (International Institute of Welding) para distancia, el block IOW (Institute of Welding) para determinar la geometría del haz, y un block para calibración de sensibilidad construido a partir de una soldadura acústicamente sana con agujeros de 1.6 mm (1/6") a diferentes distancias sobre el haz de material

de soldadura (Ver Fig.2).

INSPECCION DEL HONGO

El hongo se inspecciona primero mediante haz directo desde la superficie superior y desde las dos caras laterales, se consideran para rechazo solamente aquellas discontinuidades cuya indicación sobrepasa la curva amplitud distancia construida a partir del agujero de fondo plano de 1.6 mm (1/6") y éstas se evalúan posteriormente en términos de tamaño y tipo de defecto para aceptar o rechazar la soldadura de acuerdo a la Tabla de Aceptabilidad-Rechazo (TAR) previamente determinada (Ver Fig.3).

Enseguida, se utiliza el método de transmisión con dos transductores iguales de 450 (Ver Fig.4) para ver faltas de fusión en el hongo y en el centro del patín desde ambos lados, calibrando para sensibilidad en los blocks de la Fig.2, posiciones 1 y 2, y cualquier indicación es analizada conforme a lo establecido en la TAR.

Por último el volúmen total de soldadura del hongo es inspeccionado por el método ecopulsante con un

transductor de 70o calibrado para sensibilidad en los blocks de la figura 2. La sensibilidad básica se calibra en la Posición 3 y enseguida se obtienen valores en decibeles para las distancias sobre el haz dentro del metal de soldadura, correspondientes a reflectores localizados en las diferentes posiciones laterales obtenidas mediante las posiciones 4 , 5 , 6 y 7 del transductor. Los valores en Decibeles obtenidos de esta manera se utilizan como factores de corrección por atenuación dentro de la soldadura.

Cuando durante el rastreo con el transductor se detecta un defecto, se obtiene su Nivel del Defecto y se evalúa de acuerdo a su Rango de Defecto (RD) o de acuerdo a su tamaño según corresponda el tipo de defecto de que se trate de los enlistados en la Tabla TAR. Para propósitos de este procedimiento, cualquier reflector detectado mediante el método de transmisión con dos transductores de 45o , que no se detecta por el método ecopulsante con un solo transductor de 70o , se considera como una falta de fusión.

INSPECCION DEL ALMA

Partiendo de la última calibración para el hongo, se

inspecciona el alma en su volúmen total desde las cuatro superficies de inspección disponibles (Ver Fig.4) y se procede de una manera similar a la utilizada en la inspección angular ecopulsante para el hongo. El espesor de soldadura por inspeccionar se considera igual al espesor del alma del riel, sin incluir el refuerzo, en caso de que lo haya.

INSPECCION DEL PATIN

Además de la inspección por el método de transmisión mencionada en "Inspección del Hongo", el patin es inspeccionado también por el método ecopulsante con 70o, para la detección de discontinuidades en el centro del patín es necesario utilizar angulación del transductor y se debe tener especial cuidado en la identificación de indicaciones provenientes de la superficie inferior del patín, ya que éstas, en el caso de que existan, no se encuentran visibles.

COMENTARIOS

El procedimiento anterior es aparentemente muy largo, pero un Técnico en Ultrasonido calificado en la inspección de este tipo de soldadura tarda de 10 a 15

minutos para la inspección completa de cada unión.

La importancia que se le dá a la atenuación en el metal de soldadura se debe a que en este caso se tuvo una atenuación del orden de 16 decibeles resultante del paso del sonido sobre su trayectoria angular de 70o a través del espesor promedio de 1.0" de soldadura.

Las discontinuidades mas frecuentemente rechazadas fueron faltas de fusión, las segundas en número fueron grietas y por último porosidad e inclusiones.

El criterio establecido en la Tabla de Aceptacion-Rechazo de la Fig.3 es un criterio de "Calidad Util" que rechaza solamente aquellas fallas cuya presencia de acuerdo a la experiencia se considera peligrosa para la integridad de la soldadura durante su vida útil esperada y fue formulada para ser utilizada solamente en este caso específico.

FIG.3 TABLA TAR

CRITERIO ULTRASONICO DE ACEPTABILIDAD-RECHAZO DE DEFECTOS DE SOLDADURA EN RIEL CONTINUO DE 57.047 Kg/m(115 Lbs/Yda)
 HD: Haz Directo HA: Haz Angular

TIPO DE FALLA	TAMAÑO MAXIMO PERMITIDO		
	HONGO	ALMA	PATIN
POROSIDAD AISLADA	HD:Cualq. con RD<-6 HA:Cualq. con RD<-2	Cualq. con RD<0	Cualq. con RD<0
POROSIDAD AGLOMERADA	HD:Cualq. con RD<0 HA:Cualq. con RD<+4	Cualq. con RD<+2	Cualq. con RD<+2
INCLUSION	19mm(3/4") de dimension mayor	12.7mm(1/2") de dim. mayor	19mm(3/4") de dim. mayor
FALTA DE FUSION INTERNA	12.7mm(1/2") de dim. mayor	6.4mm(1/4") de dim. mayor	9.5mm(3/8") de dim. mayor
FALTA DE FUSION CONECTADA A LA SUPERFICIE	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA
RECHUPE	NINGUNO	NINGUNO	NINGUNO
GRIETA	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA

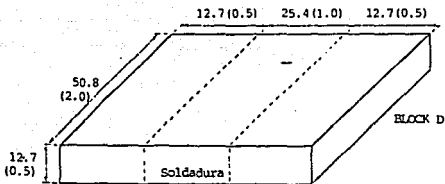
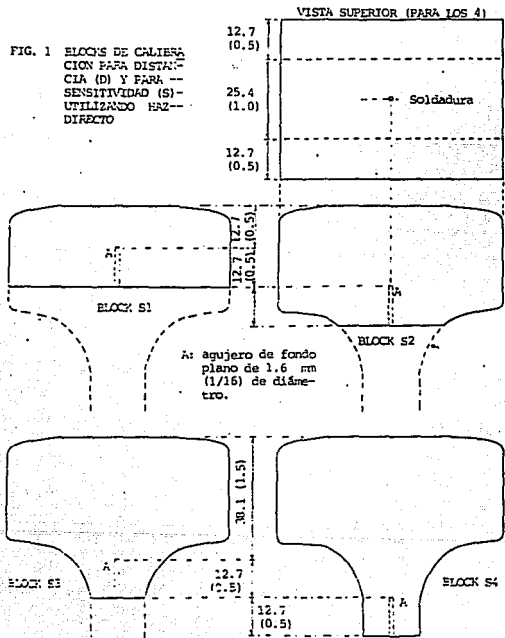
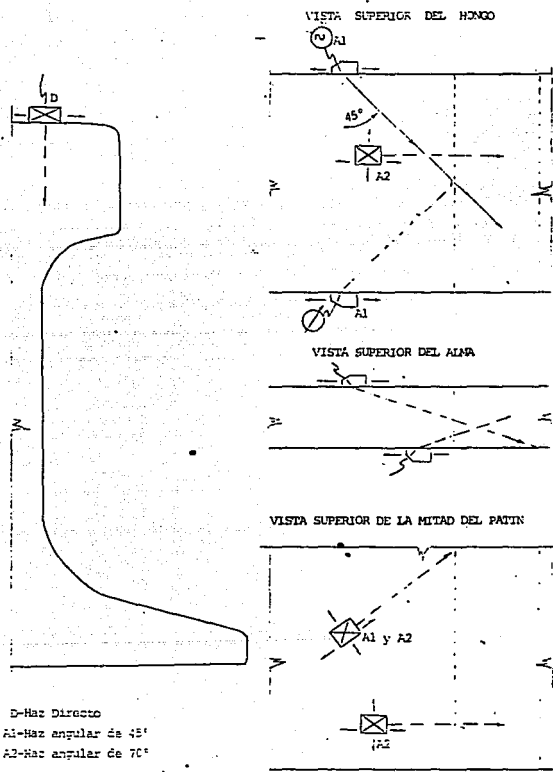


FIG. 1 BLOCS DE CALIERA
 CION PARA DISTAN-
 CIA (D) Y PARA --
 SENSITIVIDAD (S) --
 UTILIZANDO HAZ--
 DIRECTO



Nota: cotaciones en mm (pulg)



D-Haz Directo
 A1-Haz angular de 45°
 A2-Haz angular de 70°

FIG. 4 PATRÓN DE EFECTOS

V.4.-Accesorios de Sujeción

V.4.A.-Juego de Perno, Tuerca y Roldana

Este juego de accesorios se utiliza para la sujeción del riel (junto con Grapa elástica y la "placa de neopreno") en durmientes de concreto hidráulico.

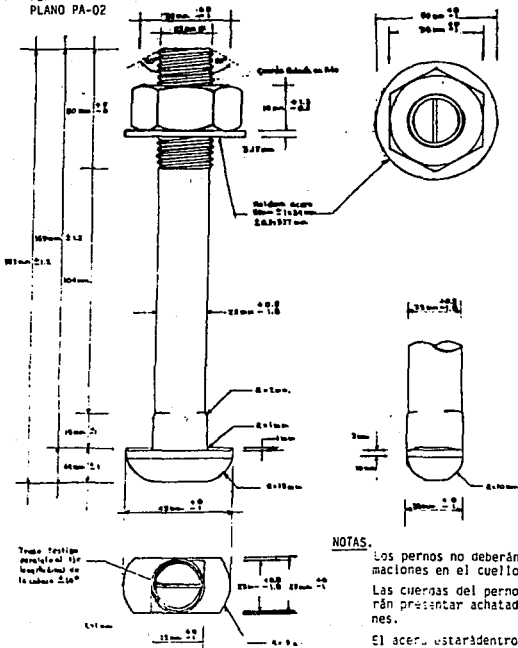
a) Control de acabado y dimensiones.

1-Aspecto.- Las cabezas de los pernos deberán estar bien centradas con respecto al cuerpo, sin salientes ni repliegue del metal, especialmente en los puntos de unión con el cuerpo del perno. La rosca será limpia, bien acabada y uniforme.

2-Engrase.- Terminada su fabricación, los pernos y las tuercas se limpiarán y engrasarán principalmente en sus roscas.

3-Galvanización.- Los pernos y tuercas serán galvanizados. La cuerda del perno será hecha antes de la galvanización. Pero con el fin de obtener mayor regularidad del par de apriete el tarrajado de la tuerca será efectuado después de la galvanización. La extremidad del vástago se aceitará antes de atornillar. La galvanización deberá ser una capa electrolítica depositada según sistema escogido por el fabricante. El

PERNO TIPO "SL" PARA DURMIENTE DE CONCRETO REFORZADO TIPO B-5B/E72.
PLANO PA-02



TOLERANCIAS*

Cuerda normal A.S.A.
B.I.1-1949,7/8" N.C.

PERNO:

Diámetro Exterior
Max. 22.174mm. (0.873")
Mín. 21.819mm. (0.819")
Diámetro de Paso
Max. 20.345mm. (0.801")
Mín. 20.183mm. (0.795")

TUERCA:

Diámetro Menor
Max. 19.761mm. (0.778")
Mín. 19.177mm. (0.755")
Diámetro de Paso
Max. 20.599mm. (0.811")
Mín. 20.396mm. (0.803")

NOTAS.

Los pernos no deberán presentar malformaciones en el cuello y la cabeza.

Las cuerdas del perno y tuercas no deberán presentar achataduras o deformaciones.

El acero estará dentro del rango de 1030 a 1035, según norma del A.I.S.I., INST. AMERICANO DE HIERRO Y DEL ACERO.

espesor nominal de la capa, es decir, el espesor local deberá ser cuando menos 15 micras.

4-Dimensiones y Tolerancias

Las dimensiones y tolerancias son las que se muestran en la figura siguiente:

5-Marca de la Ranura.- La ranura indica la posición en que deberá quedar el perno el ángulo de la marca que define la posición del perno, no debe exceder de 10o con respecto al eje mayor de la cabeza.

6-Roscado.- El formado de la cuerda del perno será por el método de rolado en frío y de tal manera que el montaje de la tuerca sobre el perno pueda deslizarse a mano sin juego excesivo por lo menos en 45 mm.

7-Tuercas.- Las tuercas serán forjadas y sus caras quedarán contenidas en planos perpendiculares al cuerpo del perno. La tolerancia de escuadrado sera igual a +3o.

8-Roldanas.- Las roldanas deberán quedar exentas de rebabas.

b) Pruebas Físicas

Los ensayos se efectuarán sobre las piezas fabricadas en su estado de presentación.

1- Prueba de tensión.- La cabeza del perno y la tuerca se afianzarán por dos mordasas las que deberán apoyar perfectamente en toda la superficie de la cara de la

cabeza y tuerca. La tensión se llevará hasta la ruptura del perno mismo que deberá ocurrir a la altura de la cuerda. En ningún caso la ruptura deberá producirse en la unión de la cabeza con el cuerpo del perno. El esfuerzo de ruptura no deberá ser menor de 50 Kg/mm².

Carga Mínima permisible=15,000Kg se prueban aproximadamente a 16 - 17,000 Kg.

2-Prueba de Flexión.

Montadas las muestras según su tipo y reproduciendo la instalación en la vía, se le someterá a un esfuerzo de flexión por medio de una cabeza de tirafondo o de perno. El apoyo sobre el que reposa la rama mas larga de la pieza que se prueba deberá estar hueco en su parte central, para que la pieza sufra esfuerzo bidireccionales. Colocada bajo una prensa la muestra deberá soportar:

-Sin indicios de ruptura una flexión que corresponda a 6 mm de descenso de la cabeza del tirafondo o perno.

-Sin ruptura, una flexión suplementaria de 6 mm o sea 12 mm en total.

V.4.D. Roldana Aislante

Estarán hechas con acero laminado en caliente ASTM-A-415 bajo carbono calidad comercial y deberán quedar exentas de rebaba.

Pruebas físicas

a) Dureza: Se aplicará una carga de 1000 Kg mediante un punzón de 10 mm de diámetro, manteniéndola durante

repliegue de metal, particularmente en el punto de unión con el vástago.

5-Los filetes deberán ser razonablemente lisos, uniformes y llenos.

6-Las dimensiones y tolerancias son las que se muestran en la figura siguiente:

b) Pruebas Físicas

1-Prueba de tensión.- Para esta prueba el tirafondo se sujetará en la máquina apoyando la parte inferior de la cabeza en una herramienta adecuada al propósito y sujetando con las mordasas la parte roscada se someterá a tracción hasta la ruptura para determinar la resistencia a la tensión, no se aceptará que la ruptura se produzca en la unión de la cabeza con el vástago.

2-Prueba de Dureza.- Para determinar la dureza se utilizarán las pruebas Brinell o Rockwell B., de preferencia la primera. La prueba de dureza se efectuará sobre la parte no roscada del vástago,

rebajada un milímetro como mínimo la superficie original del vástago por medio de lima o esmeril, los valores mínimos de dureza que deberán tener los tirafondos son los siguientes:

Kg	143 en la escala Brinell

mm2	78 en la escala Rockwell B.

3- Prueba de Dobléz.- El vástago, en correspondencia de la parte roscada deberá doblarse sobre un mandril de 56 mm. de diámetro a 90o sin que se presenten fisuras o fracturas.

V.4.C. Grapas Elásticas, Grapillas y Etiquetas Ranuradas.

a) Control de Acabado y Dimensiones.

1-Las piezas deberán estar sanas y exentas de rebabas que pudieran influir en su buen funcionamiento.

2- En ciertos casos, las piezas presentadas para su recepción podrán tener, especialmente en la zona del agujero, una pequeña comba no indicada en el dibujo, lo que no debe ser considerado como motivo de inconformidad si las piezas satisfacen la prueba de

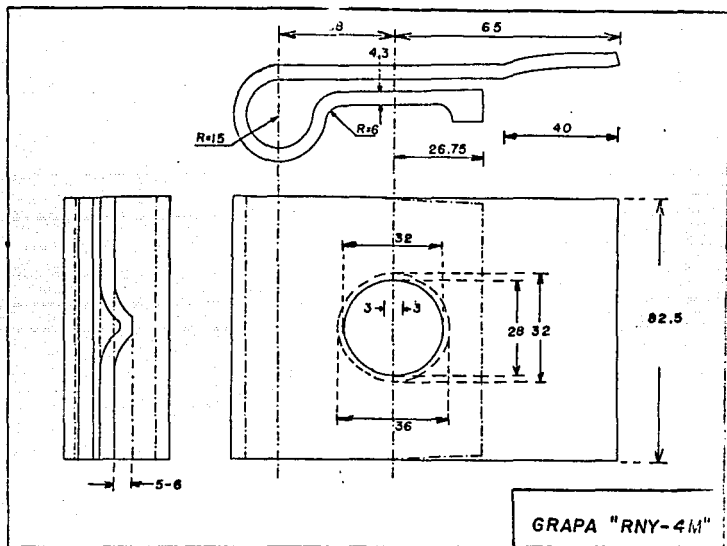
elasticidad definidas adelante.

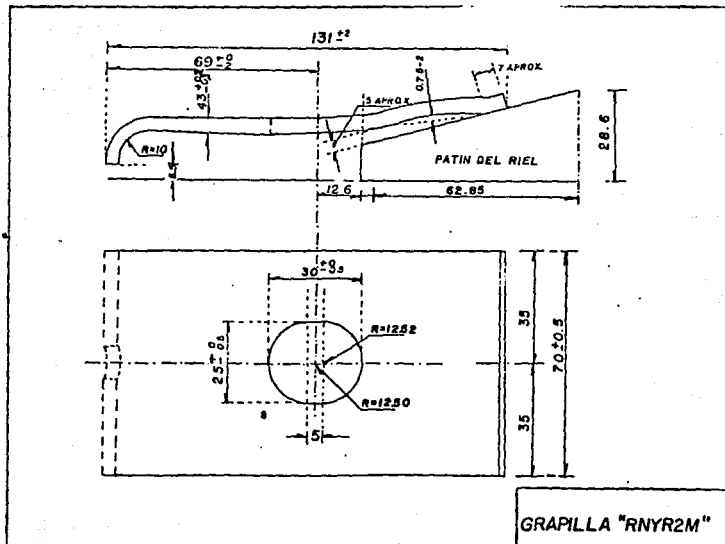
3- Las piezas deberán fosfatarse y pintarse para una buena protección contra la oxidación.

4- Las dimensiones y tolerancias son las que se muestran en las figuras siguientes.

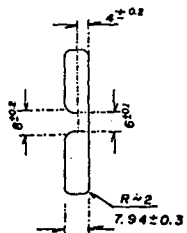
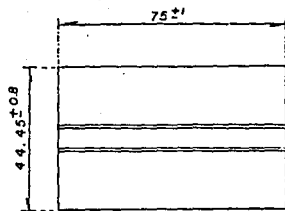
b) Pruebas Físicas

1-Prueba de elasticidad.- Para esta prueba las muestras se presentarán en un montaje que reproduzca la instalación en la vía. En esta posición, cada pieza se apoyará en el punto del primer contacto sobre el patín del riel, dejando en el extremo del patín un cierto juego llamado juego de segundo contacto. Las muestras se sujetarán, por medio de una cabeza de tirafondo o de perno a 3 flexiones hasta el contacto con el patín del riel. En cada flexión, la carga que haya provocado el contacto se mantendrá durante un minuto. Después de estas pruebas, el juego residual medio sobre el punto del segundo contacto, no deberá ser inferior a 3 mm. (Ver Fig.V.4.1).





- 241 -



NOTA: LA RANURA ESTA CENTRADA CON
UNA TOLERANCIA DE 1.0

PLAQUETA RANURADA

2-Prueba de Flexión.- El perno a ensayar se insertará hasta la mitad de su longitud en un orificio practicado en un block de fundición. La pieza deberá doblarse en su parte lisa a un ángulo de 150o observando que no se produzcan rupturas, agrietamientos o rajaduras.

V.4.B.- Tirafondos

Los tirafondos son accesorios que se utilizan para la sujeción del riel (junto con las grapillas y plaquetas ranuradas) en durmientes de madera.

a) Control de acabado y dimensiones.-

1-Los tirafondos serán fabricados de una sola pieza sin soldaduras.

2-Los tirafondos deberán galvanizarse con el procedimiento por inmersión en bano de zinc fundido.

3-Los tirafondos no galvanizados, deberán protegerse provisionalmente contra la corrosión por medio de una capa de pintura anti-corrosiva.

4-Las cabezas de los tirafondos deberán estar centradas con respecto al vástago y no deberán presentar ningún

un minuto.

Resultado: Al fin del ensaye no debe aparecer ninguna fisura o principio de exfoliación en la roldana y la reducción máxima de espesor bajo el punzón debe ser inferior a 0.6 mm. Un minuto después de la descarga la roldana debe haber recobrado su espesor inicial con tolerancia de 0.10 mm.

b) Alteración a la humedad: Deberá dar una variación en peso inferior al 2%.

c) Flexión: Se aplicará una carga de 3000 Kg manteniéndola durante 60 segundos consecutivamente en 4 posiciones de la roldana a 90 o entre sí.

Resultado: No deberá aparecer ni exfoliación, ni fisuración, ni lesión de ninguna clase en la roldana.

d) Aislamiento: La resistencia en humedad y en seco debe ser superior en 2 megohms.

e) Prueba Dieléctrica: El canon deberá resistir una tensión alterna practicamente senoidal de 50 ciclos por lo menos, igual a 3000 volts aplicada durante un minuto, tanto en seco como después de una inmersión en agua durante 24 horas.

VI.- CONCLUSIONES

El objetivo principal de esta exposición es mostrar los conceptos básicos para el control de calidad en los materiales que se utilizan en una vía férrea, nos hace una breve descripción del trabajo que se realiza en un laboratorio de campo pues nos muestra lo esencial del procedimiento y ejecución de pruebas en los diversos materiales.

Nos señala la importancia de la evolución que han tenido la ciencia y la tecnología con la aparición de nuevos materiales, equipos y opciones de proyecto.

Para proporcionar esta visión de conjunto y simplificar la perspectiva del control de calidad en los materiales se seleccionó obras apropiadas para este objetivo.

Este trabajo dista mucho de ser un tratado de la materia ya que existe una amplia bibliografía al respecto. Es obvio que quedan excluidos muchos conceptos y muchísima teoría, pero esta omisión queda compensada con el interés y esfuerzo puesto en la elaboración de este trabajo.

La modernización de los ferrocarriles, es un fenómeno

complejo que tiene que seguirse afrontando con un enfoque sistemático. Es necesario continuar trabajando esforzada y coordinadamente para alcanzar el objetivo común de convertir a las vías férreas del país en la columna vertebral de un sistema de transporte que contribuya efectivamente al logro de los propósitos de mejor funcionamiento y desarrollo económico y social del país en beneficio de todos los Mexicanos.

BIBLIOGRAFIA

- Mecánica de suelos Tomo I
Alfonso Rico Rodríguez y Eulalio Juárez Badillo
Editorial Limusa
- Normas Oficiales de Calidad D.G.N.
Control de Calidad del Concreto A.M.I.C.
Tomo I al VI
- Normas de Construcción SCT
Normas de Materiales. Tomo VIII, 1981
- Normas de Construcción SCT
Muestreo y Prueba de Materiales. Tomo IX parte 1.
- La Ingeniería de los Suelos en las Vías Terrestres,
Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas. Tomo I.
Alfonso Rico Rodríguez y Hermilo Del Castillo
Editorial Limusa
- Preservación y Tratamientos de Maderas
Instituto de Investigaciones Forestales
S.A.R.H. México 1983
- Fabricación de Durmientes de Concreto Preesforzado
(DIWIDAG) I.T.I.S.A.
Planta Panzacola-Tlaxcala
- Manual de Soldadura de Rieles
Manual de Defectos de Rieles
Sistemas de Sujeción Riel-Duermiente
Publicaciones de la Sub-Dirección del Instituto de
Capacitación de FF CC NN de M.
- Ferrocarriles
Fco. M. Togno.
Editorial y Representaciones y Servicios de
Ingeniería S.A. México. 2a. Edición
- Memoria de los Ferrocarriles en México
Dirección General de Vías Férreas SCT. 1984
- Plan a largo plazo y programa de los
Ferrocarriles Nacionales de México. 1989-1994
- Ferrocarriles Nacionales de México
Autoevaluación del Sexenio. 1983-1988