



64
2ej
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ARAGON"**

FALLA DE ORIGEN

**CONCEPTOS BASICOS DE
CALIDAD EN MATERIALES DE
C O N S T R U C C I O N**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A :
AURELIO ROMERO RAMIREZ



ENEP
ARAGON

SAN JUAN DE ARAGON, EDO. MEX.

1995



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCION

AURELIO ROMERO RAMIREZ
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 27 de enero del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor - profesor, Ing. AMILCAR GALINDO SOLORZANO pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado "CONCEPTOS BASICOS DE CALIDAD EN MATERIALES DE CONSTRUCCION", con fundamento en el punto 6 y siguientes del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., Febrero 15 de 1993.
EL DIRECTOR



- c c p Lic. Alberto Ibarra Rosas, Jefe de la Unidad Académica.
 - c c p Ing. José Paulo Mejorada Mota, Jefe de Carrera de Ingeniería - Civil.
 - c c p Ing. Manuel Martínez Ortiz, Jefe del Departamento de Servicios Escolares.
 - c c p Ing. Amilcar Galindo Solorzano, Asesor de Tesis.
- CCMC•AIR•vld

FALLA DE ORIGEN

**A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
Y EN PARTICULAR A LA ENEP - ARAGON**

**Por haberme abierto las puertas
para forjarme un futuro.**

*Con admiración y respeto a los profesores
Ing. Amilcar Galindo Solórzano*

**Por el apoyo y orientación que me dió para
la realización de esta tesis.**

Ing. David Govea Torres

**Por sus consejos y la confianza que me brindó
en el transcurso de mi carrera.**

A mis maestros

Mi agradecimiento por su enseñanza.

Al pueblo de México

**Por que por medio del Artículo 3º de
la Constitución Política nos abre las
puertas a la educación gratuita,
ofreciendo así la oportunidad a todos
los que se esfuerzan por lograr el
desarrollo de la nación.**

AGRADECIMIENTOS

A mis padres

Aurelio Romero S. (t)

Sofía Ramírez G.

Por ser ejemplo de honradez y trabajo.

A mis hermanos

Ernesto, Guadalupe, Alfredo, Antonio, Soledad y Laura

Con todo mi afecto para ustedes.

A mis sobrinos

Por que espero ser un ejemplo para ellos.

A mis abuelos

Por su esperanza y cariño

A mis amigos y compañeros

Y a todas aquellas personas que con buena voluntad me ayudaron a la elaboración de este trabajo.

A Rosa María Sandoval M.

Por su comprensión y apoyo

A Jesús Alpizar Reyes

Gracias por su amistad.

INDICE

CAPITULO 1

1.- INTRODUCCION

1.1 PROPOSITOS.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.3 DESCRIPCION DEL CONTENIDO.....	3
1.4 GENERALIDADES SOBRE CALIDAD.....	3

CAPITULO 2

2.- CONCEPTOS DE ESTADISTICA

2.1 PRINCIPIOS DE PROBABILIDAD.....	7
2.2 DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DISCRETA.....	9
2.3 DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD CONTINUA.....	12
2.4 ESTADISTICA DESCRIPTIVA.....	17
2.5 INFERENCIA ESTADISTICA.....	25
2.6 CORRELACION Y REGRESION.....	33

CAPITULO 3

3.- CONCEPTOS DE CALIDAD

3.1 CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.....	37
3.2 CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD.....	39
3.3 ADMINISTRACION DE LA CALIDAD.....	40
3.4 PLANEACION ORIENTADA AL PRODUCTO.....	42
3.5 AUDITORIAS.....	43
3.6 COSTOS DE CALIDAD.....	45
3.7 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.....	48
3.8 LAS SIETE HERRAMIENTAS BASICAS DE LA CALIDAD.....	51
3.9 MUESTREO DE ACEPTACION.....	59
3.10 CARTAS DE CONTROL.....	64
3.11 CONFIABILIDAD.....	80

CAPITULO 4

4.- CONCEPTOS DE NORMALIZACION

4.1 CONCEPTOS BASICOS DE NORMALIZACION.....	81
4.2 PRINCIPIOS CIENTIFICOS DE LA NORMALIZACION.....	83
4.3 PROPOSITOS DE LA NORMALIZACION.....	85
4.4 CLASIFICACION DE NORMAS.....	87
4.5 ESPECIFICACIONES.....	88
4.6 NORMALIZACION NACIONAL.....	90
4.7 ESTRUCTURACION DE LAS NORMAS.....	95
4.8 METROLOGIA.....	98

CAPITULO 5

5.- PRUEBAS DE CALIDAD EN MATERIALES DE CONSTRUCCION

5.1 GENERALIDADES.....	117
5.2 PRUEBAS DE CALIDAD EN ACEROS.....	123
5.3 PRUEBAS DE CALIDAD EN SOLDADURAS.....	135
5.4 PRUEBAS DE CALIDAD EN CONCRETOS.....	157
5.5 PRUEBAS DE CALIDAD EN MATERIALES PARA TERRACERIAS.....	167
5.6 PRUEBAS DE CALIDAD EN MATERIALES ASFALTICOS.....	175
5.7 RESUMEN DE PRUEBAS EN MATERIALES DE CONSTRUCCION.....	198

CAPITULO 6

6.- CONCEPTOS DE CALIDAD INTEGRAL

6.1 CIRCULOS DE CONTROL DE CALIDAD.....	197
6.2 CALIDAD TOTAL.....	199
6.3 RELACIONES HUMANAS.....	205
6.4 CONDICIONES PARA LOGRAR LA CALIDAD.....	212

CAPITULO 7

7.- CONCLUSIONES.....	219
APENDICES.....	221
BIBLIOGRAFIA.....	237

CAPITULO 1

1. INTRODUCCION

1.1 PROPOSITOS

La creciente demanda de materiales de construcción para atender el crecimiento de la infraestructura, obliga a la aplicación de Normas que permitan verificar la calidad de esos materiales, a fin de que las obras cumplan con los requisitos de resistencia, funcionabilidad y durabilidad que de ellas se esperan.

Las principales entidades constructoras de la infraestructura del país (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Secretaría de Recursos Hidráulicos, Departamento del Distrito Federal, etc.), cuentan con Normas para la ejecución de pruebas de laboratorio que permiten calificar la calidad de los materiales que emplearán en sus obras.

Muchas de esas Normas han sido adaptadas de Normas de procedencia extranjera, particularmente de los Estados Unidos de Norteamérica y especialmente de Sociedades Técnicas como la American Society of Testing and Materials (ASTM).

Cuando el ingeniero civil recién egresado comienza a trabajar en una de esas entidades públicas o en una empresa que debe cumplir con los requerimientos de esas entidades, encuentra que debe conducir su trabajo con una constante vigilancia del cumplimiento de las Normas, por lo que una de sus primeras tareas será la de conocer profundamente dichas Normas.

Este esfuerzo es útil, pero involucra el riesgo de que el ingeniero tome las Normas como artículo de fe y no comprenda cual es su fundamento científico y tecnológico.

Al adoptar esa actitud el ingeniero pierde una visión amplia sobre el trabajo y se equipara a un técnico o a un práctico que sólo pueden hacer trabajos rutinarios en que se aplican las Normas con poco criterio.

El propósito de esta tesis es el de presentar conceptos fundamentales con base a los cuales se han desarrollado las Normas para la calificación de la calidad de los materiales de construcción, con el objeto de que los ingenieros al conocer dichos conceptos, tengan una visión más amplia en los problemas de Normalización que encontrarán en su trabajo.

1.2 ANTECEDENTES

En cualquier proceso de producción la calidad del producto es aleatoria, varía para cada individuo en función de múltiples circunstancias particulares. Por eso, para definir si en el proceso se está cumpliendo o no con un requisito de calidad, no se puede depender de los datos de una sola muestra o de unas cuantas muestras, siendo que deben tenerse datos de una población de muestras adecuadas al tamaño del conjunto que se desea calificar. Los datos de que se dispongan deben realizarse con las herramientas matemáticas que nos da la estadística.

Por esa razón, un antecedente básico para el conocimiento de cualquier cuerpo de Normas, es la Estadística, por lo que en esta tesis en el capítulo segundo se hace una presentación de los conceptos básicos de la Estadística que debe conocer un ingeniero civil y que se incluye en el programa de la carrera que se cursa en esta Escuela.

Aquí es oportuno señalar que cuando los estudiantes cursan la materia de Estadística, en los primeros semestres de su carrera, la encuentran demasiado abstracta y aún aburrida por que no comprenden la incidencia que tendrá en su desarrollo profesional. Por otra parte, cuando tienen su primer contacto con las Normas de Calidad en la materia de Laboratorio de Construcción, raras veces se les hace notar la incidencia de la Estadística en la génesis y aplicación de las Normas. En esta tesis se pretende cubrir discontinuidades que haya entre las herramientas estadísticas y las pruebas que se efectúan a los materiales para construcción.

1.3 DESCRIPCION DEL CONTENIDO

El contenido de este trabajo se encuentra desglosado en siete capítulos, de los cuales: en el capítulo 1 se mencionan los motivos para la elaboración de esta exposición, se definen también los conceptos generales referentes a la calidad; en el capítulo 2 se describen los conceptos básicos de la Estadística, siendo éstos de gran importancia para un mejor control de las actividades y por ende, lograr una mejor producción o servicio ya que por medio de sus herramientas nos ayudará a localizar los defectos que van surgiendo en el proceso de fabricación o uso de los materiales; en el capítulo 3 se mencionan los conceptos principales para lograr la calidad, siendo éstos muy importantes para la toma de decisiones.

El capítulo 4, trata sobre la normalización y metrología, en la cual se puede ver la importancia de conjuntar esfuerzos y experiencias para poder acordar la manera de desarrollar un trabajo, con el acuerdo de todas las partes involucradas en la fabricación o tratamientos de los materiales. En el capítulo 5 se podrán ver las pruebas efectuadas, utilizando los procedimientos de prueba y las especificaciones ya establecidas en las Normas concernientes a los materiales utilizados en la industria de la construcción. El capítulo 6, se encarga de la calidad integral, basándose en la necesidad de llevar a cabo una organización grupal para lograr una armonía en el trabajo, conociendo de antemano las necesidades e inquietudes de cada uno de los miembros que integran el grupo de trabajo. En el capítulo 7 se dan las conclusiones y recomendaciones. Finalmente se incluye el apéndice y la bibliografía utilizada.

1.4 GENERALIDADES SOBRE EL CONCEPTO CALIDAD

a) Definición

La calidad puede definirse como un grado de excelencia con una o varias características esenciales con el propósito de lograr la satisfacción de la gente en sus necesidades o deseos.

Es el atributo que nos permite evaluar qué tan bueno es el material, equipo o componente para el fin específico, que en este caso se

hace referencia en materiales para construcción, para el cual fue fabricado el producto o elemento.

b) Control de Calidad

El control de calidad, se refiere a aquellas actividades relacionadas con las características físicas del material o equipo, que nos sirve para controlar su calidad de acuerdo con los requisitos establecidos por las especificaciones de las Normas.

c) Características de la calidad.

Las características, pueden ser cualquier propiedad física, química, dimensional, temperatura, presión, dureza, color, olor o cualquier otro requisito que se utiliza para definir la naturaleza del producto.

d) Especificaciones de la calidad.

Es la información contenida en las Normas, misma que debe reunir los siguientes puntos:

- 1.-Cuál es la unidad del producto
- 2.- Método de fabricación
- 3.- Método de prueba
- 4.- Criterios de aceptación o rechazo
- 5.- Uso al que se destina el producto

e) Factores de la calidad.

Los factores más importantes que afectan la calidad de un producto son:

1. Mano de obra.- Se debe contar con personal seleccionado adecuadamente, además de un adiestramiento eficaz y mantener un buen plan de relaciones humanas.
2. Materiales.- Deben existir especificaciones del producto, para evitar dificultades técnicas y económicas.

3. **Maquinaria, equipo y herramienta.-** Deben encontrarse en óptimas condiciones para lo cual debe llevarse a cabo un mantenimiento preventivo continuo.
- f) **Ventajas del control de calidad.**
1. **Se encuentran las causas de los efectos y fallas de los productos o servicios para posteriormente realizar su corrección.**
 2. **Permite que las áreas de proyectos y producción, se ajusten de forma eficiente y precisa a los cambios y requerimientos que se presentan, de manera que se puedan obtener productos acordes a lo solicitado, antes de salir de la empresa.**
 3. **Empieza y termina con educación y capacitación, la aplicación al trabajo requiere de educación continua para todos los niveles, desde los ejecutivos hasta los obreros.**
 4. **La elevada calidad del diseño hace que el costo aumente, pero con un buen control del proceso se mejora la calidad de aceptación, por lo que la reducción de los defectos hace que los costos bajen.**
- g) **Las etapas de la construcción y evolución de la calidad son las siguientes:**
1. **Orientadas al producto.-** Inspección después de la producción y de productos terminados, así como actividades de solución de problemas.
 2. **Orientadas al proceso.-** Aseguramiento de la calidad durante el proceso de producción, incluyendo el control estadístico del proceso y la ratificación de la efectividad de dicho control.
 3. **Orientada al sistema.-** Aseguramiento de la calidad involucrando a toda la empresa, como son: diseño, producción, construcción, ventas y servicios.

4. **Orientadas al trabajador.- Evolucionar el pensamiento de todos los empleados a través de la educación y capacitación.**
5. **Orientada al costo.- Función para evitar la pérdida de calidad, optimizando costos en productos y servicios.**
6. **Orientada al consumidor.- Expansión o desarrollo de la función de la calidad para definir la voz del consumidor.**

CAPITULO 2

2. CONCEPTOS DE ESTADISTICA

2.1 PRINCIPIOS DE PROBABILIDAD

- 1.- Evento.- Es un hecho que puede suceder al realizar un experimento.
- 2.- La probabilidad de un evento E es un número $P(E)$ tal que se cumplen las siguientes condiciones:

- a) $0 \leq P(E) \leq 1$
- b) $P(E) = 1$ y $P(E) = 0$ (Evento imposible)
- c) Si A y B son mutuamente exclusivos, entonces:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B)$$

En general $P(A \cup B \cup C \cup \dots \cup Z) = P(A) + P(B) + P(C) + \dots + P(Z)$.

- 3.- Eventos complementarios.- El complemento \bar{E} de un evento E es el conjunto de todos los elementos del espacio muestra S que no son elementos de E. Los eventos A y B se dicen complementarios si son mutuamente exclusivos y su unión es igual al espacio S ó muestra S, o sea:

$$A \cap B = \emptyset \text{ y } A \cup B = S$$

- 4.- Probabilidad de la unión de eventos.- (Teorema aditivo)
Considerando A y B dos eventos cualesquiera se tiene:

$P(A \text{ ó } B) = P(A \cup B) = P(A) + P(B)$; cuando A y B son mutuamente exclusivos

$$P(A \text{ ó } B) = P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B);$$

cuando A y B no son mutuamente exclusivos

Generalizando: si A, B, C son tres eventos cualesquiera, entonces:

$$P(A \cup B \cup C) = P(A) + P(B) + P(C) - P(A \cap B) - P(B \cap C) - P(C \cap A) + P(A \cap B \cap C)$$

- 5.- Probabilidad de la intersección de eventos.- Considerando A y B dos eventos cualesquiera se tiene:

$P(A \text{ y } B) = P(A \cap B) = P(\emptyset) = 0$, cuando A y B son mutuamente exclusivos.

$P(A \text{ y } B) = P(A \cap B)$; cuando A y B no son mutuamente exclusivos

6.- Probabilidad Condicional.

Para dos eventos cualesquiera A y B se tiene:

$$P(A/B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}, \text{ donde } P(B) > 0$$

También se puede obtener: $P(A \cap B) = P(B)P(A/B)$

7.- Teorema de la multiplicación de probabilidades (Eventos independientes).

A y B son independientes si: $P(A/B) = P(A)$ y $P(B/A) = P(B)$, desarrollando se tiene:

$$P(A/B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} \quad \text{entonces:} \quad P(A \cap B) = P(A/B) \cdot P(B)$$

por lo tanto: $P(A \cap B) = P(A)P(B)$

8.- Teorema de Bayes.- Los eventos $A_1, A_2, A_3, A_4, \dots, A_n$ son mutuamente exclusivos si dos de los elementos son mutuamente exclusivos. Así:

$$P(A/x) = \frac{P(A)P(x/A)}{P(A)P(x/A) + P(B)P(x/B) + P(C)P(x/C)}$$

2.2 DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD DISCRETA

2.2.1. Distribución binomial

Para que un experimento pueda considerarse ensayo de Bernoulli se debe cumplir que:

- El experimento conste de n intentos repetidos.
- Cada ensayo tiene un resultado que puede clasificarse como éxito o fracaso.
- La probabilidad de éxito p sea constante de un ensayo a otro.
- Los ensayos son independientes.

Por conveniencia a uno de los resultados se le denomina éxito y su probabilidad se denota por " p ", al otro se le denomina fracaso, y a su respectiva probabilidad se le denota " q " ($q=1-p$).

La distribución binomial se define por la siguiente expresión:

$$P(x) = {}_n C_x \cdot p^x q^{n-x} \quad \text{donde: } P(x) = \text{es la probabilidad de que la variable aleatoria } x \text{ tome el valor de } x=1,2,3,\dots$$

n = número de ensayos
 x = número de éxitos
 p = probabilidad de éxito
 q = probabilidad de fracaso

La media se define por: $\mu = n(p)$

La variancia está dada por: $\sigma^2 = n(p)(q)$

La desviación estándar es: $\sigma = \sqrt{npq}$

Ejemplo:

La probabilidad de que un espécimen de lámina de asbesto resista una prueba de impacto es 0.75. Encontrar la probabilidad de que exactamente dos de los cuatro componentes siguientes la resistan.

Solución:

Suponiendo que las pruebas son independientes y la probabilidad de éxito se considera como $p = 0.75$, así $1-p = 1-0.75 = 0.25 = q$

$$P(x) = {}_n C_x \cdot p^x q^{n-x}, \text{ entonces } P(2) = {}_4 C_2 (0.75)^2 (0.25)^2$$

$$P(2) = \frac{4!}{2!2!} (0.562)(0.062) = 0.21$$

Por lo tanto hay una probabilidad de 21% de que dos de los cuatro componentes resistan la prueba de impacto.

2.2.2 Distribución de Poisson

La distribución de probabilidad de una variable aleatoria está dada por:

$$P(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$$

donde: $x = 0, 1, 2, 3, \dots$

$$e = 2.71828$$

$\lambda =$ una constante dada

La media se define por: $\mu = \lambda$

La variancia esta dada por: $\sigma^2 = \lambda$

La desviación estándar es: $\sigma = \sqrt{\lambda}$

Aproximación a la distribución binomial.- La distribución de Poisson de parámetro $\lambda = np$ se aproxima a la binomial siempre que $n > 50$ y $np < 5$

Ejemplo:

La probabilidad de que una viga de concreto falle a la compresión es de 0.05. usando la función de probabilidad de Poisson, obtener la probabilidad de que de 50 vigas:

- a) Ninguna falle
- b) Cuando más dos fallen
- c) Al menos tres fallen
- d) Cinco fallen

Solución

- a) La probabilidad de que ninguna falle es:

$$P(x; \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}; \text{ la media está dada por } \mu = \lambda, \text{ así } \mu = np$$

$$\text{por lo tanto } \lambda = np = 50(0.05) = 2.5 \text{ así: } P(0; 2.5) = \frac{2.5^0}{0!} e^{-2.5} = 0.082$$

b) Cuando más dos fallen

$$P(0 \leq x \leq 2; 2.5) = \sum_{x=0}^2 e^{-2.5} \frac{2.5^x}{x!} = e^{-2.5} \left(\frac{2.5^0}{0!} + \frac{2.5^1}{1!} + \frac{2.5^2}{2!} \right) = 0.082 + 0.205 + 0.256 = 0.543$$

c) Al menos tres fallen:

$$P(x < 3; 2.5) = 1 - \sum_{x=0}^2 e^{-2.5} \frac{2.5^x}{x!} = 1 - e^{-2.5} \left(\frac{2.5^0}{0!} + \frac{2.5^1}{1!} + \frac{2.5^2}{2!} \right) = 1 - 0.543 = 0.457$$

d) Cinco fallen:

$$P(5; 2.5) = e^{-2.5} \frac{2.5^5}{5!} = 0.067$$

2.3 DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD CONTINUA

2.3.1 Distribución normal

La distribución normal o de Gauss se puede definir como una función de distribución tomando en cuenta su media y desviación estándar como constantes arbitrarias. Y se denota por la siguiente función:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

donde: σ = desviación estándar
 μ = media
 e = 2.71828

Para este tipo de distribución no es necesario aplicar la expresión anterior, ya que existen tablas, mediante las cuales se pueden calcular las probabilidades deseadas (ver tabla Apéndice A) Se puede observar que las probabilidades se refieren a la variable z , la cual se calcula mediante la fórmula:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Esta variable es llamada variable aleatoria estándar

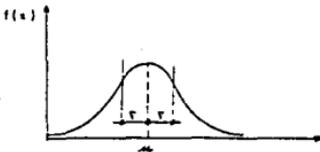
Ejemplo:

Si $x=7$, $\mu=5$ y $\sigma=10$, la variable aleatoria estándar asume el valor:

$$z = \frac{7 - 5}{10} = 0.2$$

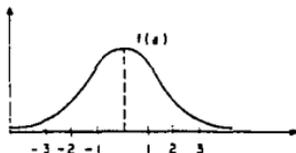
Representación gráfica de una curva normal

La gráfica de la distribución normal tiene la forma de una campana, el área bajo la curva representa las probabilidades de distribución normal. El área bajo la curva es igual a 1, por lo tanto, dicha área se puede considerar como proporciones, probabilidades o como porcentajes.



Si $f(x)$ tiene una distribución normal, la variable aleatoria estándar Z también tiene distribución normal con $\mu=0$ y $\sigma^2=1$.

En este caso la gráfica de probabilidad alcanza su valor máximo en Z con $\mu=0$.



Si queremos hallar la probabilidad de que una variable aleatoria con distribución normal de media μ y variancia σ^2 tome un valor entre a y b , sólo se tendrá que calcular la probabilidad de que una variable con distribución normal reducida tome un valor entre:

$$\frac{a-\mu}{\sigma} \text{ y } \frac{b-\mu}{\sigma}$$

$$\text{Así, } P(a \leq x \leq b) = \frac{b-\mu}{\sigma} - \frac{a-\mu}{\sigma}$$

Ejemplos:

- a) Dada una población con una desviación estándar de $\sigma = 3.5$ y una media $\bar{x} = 33.6$ determínese el porcentaje de partes menor o igual que 36 y mayor o igual que 25.
 - i) Se busca el área bajo la curva entre 25 y 36.
 - ii) Usando la fórmula de la desviación estándar normalizada Z se tiene:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

$$\text{Así, } P(a \leq Z \leq b) = \frac{b - \mu}{\sigma} - \frac{a - \mu}{\sigma}$$

iii) Considerando $a = 25$ y $b = 36$, calculando se tiene:

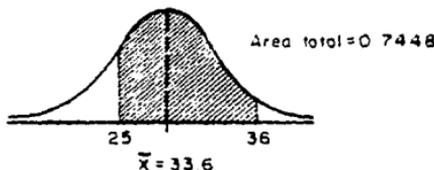
$$z = \frac{36 - 33.6}{3.5} = \frac{2.4}{3.5} = 0.6857$$

de la tabla (Apéndice A) se obtiene un área de 0.2517 que en porcentaje da 25.17%

$$\text{para: } z = \frac{25 - 33.6}{3.5} = \frac{-8.6}{3.5} = -2.46$$

de la tabla (Apéndice A) se obtiene un área de 0.4931 que en porcentaje da 49.31%

iv) El área total = $0.2517 + 0.4931 = 0.7448$ o sea 74.48%



Otro ejemplo:

- b) Sea la variable x , la resistencia a la tensión de un cable de acero con distribución normal, una media $\mu = 200$ kg. y una variación $\sigma = 1600$ kg². Encontrar la probabilidad de que al probar el cable obtenga una resistencia de entre 250 y 300 kg.

Solución:

- Resolviendo con la ecuación:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

$$\text{Así, } P(a \leq Z \leq b) = \frac{b - \mu}{\sigma} - \frac{a - \mu}{\sigma}$$

iii) Considerando $a = 25$ y $b = 36$, calculando se tiene:

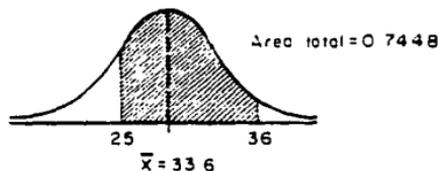
$$z = \frac{36 - 33.6}{3.5} = \frac{2.4}{3.5} = 0.6857$$

de la tabla (Apéndice A) se obtiene un área de 0.2517 que en porcentaje da 25.17%

$$\text{para: } z = \frac{25 - 33.6}{3.5} = \frac{-8.6}{3.5} = -2.46$$

de la tabla (Apéndice A) se obtiene un área de 0.4931 que en porcentaje da 49.31%

iv) El área total = $0.2517 + 0.4931 = 0.7448$ o sea 74.48%



Otro ejemplo:

- b) Sea la variable x , la resistencia a la tensión de un cable de acero con distribución normal, una media $\mu = 200$ kg. y una variación $\sigma^2 = 1600$ kg². Encontrar la probabilidad de que al probar el cable obtenga una resistencia de entre 250 y 300 kg.

Solución:

- Resolviendo con la ecuación:

$$z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma} \text{ se tiene:}$$

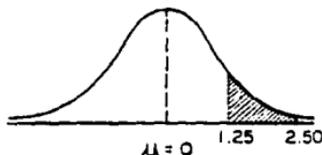
Datos:

$$\mu = 200 \text{ kg} \quad z = \frac{250 - 200}{40} = 1.25$$

$$\sigma = 40 \text{ kg} \quad z = \frac{300 - 200}{40} = 2.50, \text{ por lo tanto } P(1.25 \leq z \leq 2.5)$$

Esta área puede encontrarse restando el área de la izquierda de la ordenada $z=1.25$ del área total a la izquierda de $z=2.5$ usando la tabla (Apéndice A) se tiene:

$$\begin{aligned} P(250 \leq x \leq 300) &= P(1.25 \leq z \leq 2.5) \\ &= P(z \leq 2.5) - P(z \leq 1.25) \\ &= 0.9938 - 0.8944 \\ &= 0.0994 \end{aligned}$$



2.3.2 Distribución de Weibull.

Esta distribución se ha empleado como modelo para situaciones del tipo tiempo - falla aplicado en componentes mecánicos y eléctricos.

Por definición, se dice que la confiabilidad de un componente en el tiempo t , llamándolo $R(t)$, está definida como $R(t) = P(T > t)$, en donde T es la duración del componente y R es la función de confiabilidad.

Para el caso de una barra de acero sometida a tensión, ésta llega a estado de falla cuando presenta grietas. Dicho componente, estando bajo condiciones de tensión a un tiempo determinado, $t = 0$ y se observa hasta que falla, la duración o tiempo de falla se llamará T , que

puede considerarse como una variable aleatoria continua con una función de probabilidad $f(t)$.

La distribución que se ha empleado actualmente para tratar con problemas tales como la confiabilidad y pruebas de duración es la distribución de Weibull que está dada por:

$$f(t) = \alpha \beta t^{\beta-1} e^{-\alpha t^\beta}; t > 0; \alpha > 0, \beta > 0$$

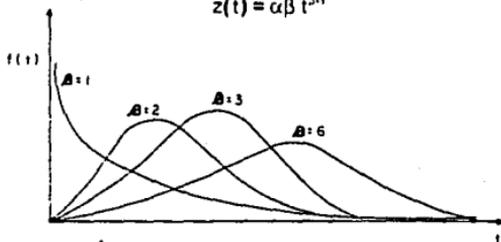
$$f(t) = 0 \quad ; \text{ para cualquier otro valor}$$

La función de fiabilidad asociada con la distribución de Weibull está dada por:

$$R(t) = e^{-\alpha t^\beta}$$

La tasa de fallas o función de riesgo que conduce a la distribución de Weibull está dada por:

$$z(t) = \alpha \beta t^{\beta-1}$$



Distribución de Weibull cuando $\alpha = 1$

En la gráfica se aprecia que las curvas cambian de forma para diferentes valores de los parámetros, particularmente con β . Si $\beta = 1$ la distribución se hace exponencial. En $\beta > 1$ la distribución tiene semejanza con la curva normal pero muestra asimetría.

La media y la variancia de la distribución de Weibull son respectivamente:

$$\mu = \alpha^{-1/\beta} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

$$\sigma^2 = \alpha^{-2/\beta} \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right]^2 \right\}$$

2.4 ESTADISTICA DESCRIPTIVA

2.4.1 Distribución de frecuencia

Este tema se tratará con un ejemplo concreto en el cual se estiman los elementos que componen una distribución de frecuencias.

Ejemplo:

Para el control del concreto utilizado en la construcción de un puente, se tomó una muestra de 50 cilindros con el concreto empleado en las columnas del mismo. A los 28 días dichos cilindros fueron sometidos a compresión en un equipo de prueba, obteniéndose los siguientes resultados, dados en kg/cm^2 :

383	365	387	395	328
417	403	353	368	350
370	365	300	333	367
387	393	377	380	383
390	373	359	392	393
443	447	423	450	357
365	367	373	345	348
460	458	430	438	405
460	413	455	503	408
438	443	470	510	393

Obtener:

a) Datos agrupados

Los datos agrupados son datos ordenados y resumidos. La toma de éstos, es la obtención de una colección de los mismos que no han sido ordenados numéricamente. Estos datos se pueden ordenar en forma creciente o decreciente.

b) Tabla de frecuencias

El primer paso para construir una tabla de frecuencias consiste en decidir cuántas clases se van a usar y cuáles son los límites de cada clase. Una tabla de frecuencias o distribución de frecuencias está

compuesta por una ordenación tabular de los datos en clases, reunidas las clases y con las frecuencias correspondientes a cada una.

Reglas para formar distribuciones de frecuencia

- 1.- De los datos obtenidos determinar el mayor, y menor y con la diferencia de éstos se obtendrá el rango.
- 2.- Dividir el rango en intervalos de clase del mismo tamaño. El número de intervalos de clase se toma generalmente entre 5 y 20 dependiendo de los datos.
- 3.- Determinar el número de observaciones que caen dentro de cada intervalo de clase, es decir, encontrar las frecuencias de clase.

Así se tiene como propuesta que las observaciones se agrupen en siete clases: los valores máximo y mínimo de la tabla son 510 y 300, la diferencia es 210 o sea que la amplitud de cada intervalo de clases es:

$$\frac{210}{7} = 30.$$

Como límite inferior del intervalo se tomará 299.5

Resumiendo se obtiene la siguiente tabla de frecuencias

Intervalo de Clase	Marca de Clase	Frecuencia f_i	Frecuencia Acumulada F_i	Porcentaje de Frecuencia $\% f_i$	Porcentaje de Frec. Acumulada $\% F_i$
299.5 - 329.5	314.5	2	2	0.04	0.04
329.5 - 359.5	344.5	7	9	0.14	0.18
359.5 - 389.5	374.5	15	24	0.30	0.48
389.5 - 419.5	404.5	11	35	0.22	0.70
419.5 - 449.5	434.5	7	42	0.14	0.84
449.5 - 479.5	464.5	6	48	0.12	0.96
479.5 - 509.5	494.5	2	50	0.04	1.00

$$\Sigma f_i = 50$$

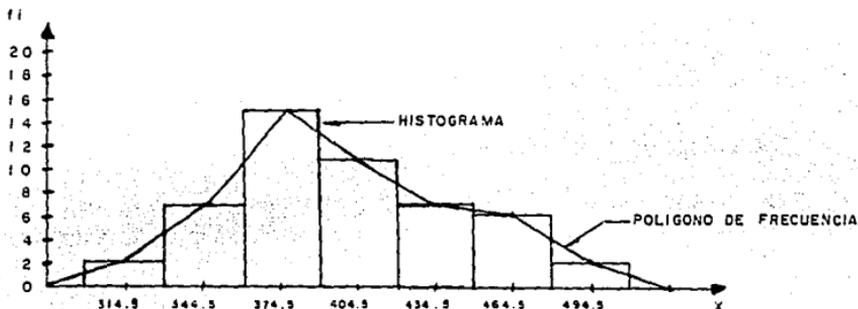
$$\Sigma \% = 1.00$$

c) Histogramas, Polígonos de frecuencia y Percentiles

Un histograma es la representación gráfica de las distribuciones de frecuencia que consiste en una serie de rectángulos que tienen sus bases sobre un eje horizontal (Eje x) con centros en las marcas de clases y longitud igual al tamaño de los intervalos de clase.

Un polígono de frecuencia es la representación de las distribuciones de frecuencia, es trazada por una línea sobre las marcas de clase. Puede obtenerse uniendo los puntos medios de los techos de los rectángulos en el histograma.

En la siguiente figura se muestra el histograma y el polígono de frecuencia.

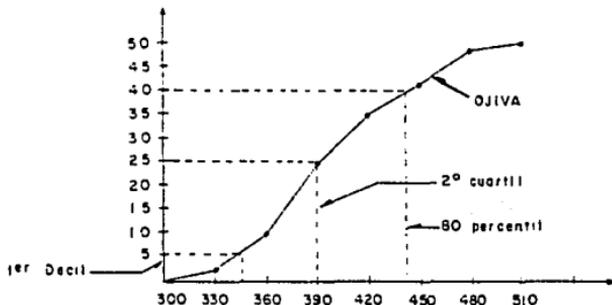


- d) Ojiva.- También llamada polígono de frecuencia acumulada. Es una gráfica que muestra las frecuencias acumuladas menores que cualquier límite real superior de clase trazado sobre los límites reales superiores de clase.

Percentiles.- Son los valores de la variable que dividen una distribución de frecuencias relativas acumuladas en cien partes iguales, se representan por P.

Deciles.- Son los valores de la variable que dividen una distribución de frecuencias relativas acumuladas en diez partes iguales, se representan por D.

Cuartiles.- Son los valores de la variable que dividen una distribución de frecuencia relativa acumulada en cuatro partes iguales, se representan por una C.



2.4.2 Medidas de tendencia central

a) **Media.-** Es el promedio aritmético de un grupo de datos. Se denota como \bar{x} , y se define como la suma de todos los valores de los datos entre el número de datos y se representa así:

$$\text{media} = \frac{\sum ti fi}{n} \quad \text{donde: } ti = \text{es la } i\text{-ésima marca de clase}$$

$fi = \text{es la } i\text{-ésima frecuencia}$

$n = \text{número total de datos.}$

Sustituyendo valores se tiene

$$\text{media} = \frac{(314.5)(2) + (344.5)(7) + \dots + (494.5)(2)}{50} = 398.24$$

- b) **La mediana.** - Es un punto en el cual, la mitad de las observaciones, se encuentra de un lado y la otra mitad del otro. Para obtenerla se utiliza la expresión:

$$\text{mediana} = L_1 + c \left[\frac{\frac{n}{2} - (\Sigma f)_1}{f_m} \right]$$

donde: L = Límite interior del intervalo de clase donde se encuentra la mediana.

c = Amplitud del intervalo de clase.

(Σf)₁ = Suma de las frecuencias de los intervalos de clase anteriores a la mediana.

f_m = Frecuencia del intervalo de clase donde se encuentra la mediana

Sustituyendo valores se tiene:

$$\text{mediana} = 389.50 + 30 \left[\frac{\frac{50}{2} - (2+7+15)}{15} \right] = 391.50$$

- c) **La moda.** - Es el dato que se presenta con mayor frecuencia. Para datos agrupados se determina con la siguiente fórmula:

$$\text{moda} = L_1 + c \left[\frac{d_1}{d_1 + d_2} \right]$$

donde: L₁ = Límite del intervalo de clase donde se encuentra la moda.

c = Amplitud del intervalo de clase.

d₁ = Diferencia entre la frecuencia del intervalo modal y el intervalo anterior.

d₂ = Diferencia entre la frecuencia del intervalo modal y el posterior.

Sustituyendo valores se tiene:

$$\text{moda} = 359.50 + 30 \left[\frac{(15-7)}{(15-7) + (15-11)} \right] = 379.50$$

2.4.3 Medidas de dispersión

- a) **Variación.**- La variación de una serie de datos es definida como el cuadrado de la desviación estándar y conocida como S^2 . Cuando es necesario distinguir la desviación estándar de una población de la desviación estándar de una muestra sacada de dicha población, se usa S^2 para la muestra y σ^2 para la población.

Así S^2 representa la variación de la muestra y σ^2 de la población.

La fórmula para calcular la variación es la siguiente:

$$S^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2 f_i}{n}$$

Sustituyendo los valores resulta lo siguiente:

$$S^2 = \frac{(314.50 - 398.24)^2(2) + (344.50 - 398.24)^2(7) + \dots + (494.50 - 398.24)^2(2)}{50}$$

por lo tanto: $S^2 = 1987.67$

- b) **Desviación estándar.**- Es una medida de variabilidad de los datos, se define como raíz cuadrada del promedio de la desviación al cuadrado de los resultados de prueba y esta definida por:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (\text{Para datos no agrupados}), \text{ donde } x_1, x_2, x_1, \dots, x_n \text{ son valores individuales}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum F_i (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (\text{Para datos agrupados})$$

Nota: Cuando la distribución de frecuencia es larga y abatida, el

valor de S es grande, indicando mucha variación; cuando hay poca variabilidad, los valores se aglomeran alrededor del promedio y S es pequeño.

Por convención: $n-1$ es el número de pruebas (valor teórico) cuando la muestra es pequeña ($n < 30$).

n es aplicado cuando el número de pruebas es ilimitado ($n > 30$).

De los datos ya conocidos obtenemos la desviación estándar:

$$S = \sqrt{1987.67} = 44.58$$

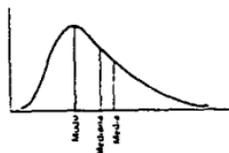
- c) Coeficiente de variación.- Si la dispersión absoluta es la desviación estándar S y el promedio su media \bar{x} , la dispersión relativa se conoce por coeficiente de variación o de dispersión, y la fórmula está dada por:

$$C.V. = \frac{S}{\bar{x}}$$

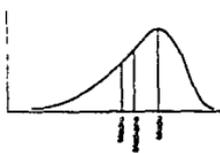
Sustituyendo los valores se tiene:

$$C.V. = \frac{44.58}{398.24} = 0.1119$$

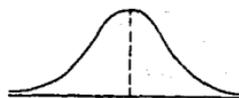
- Relación entre media, mediana y moda.



Sesgada a la derecha

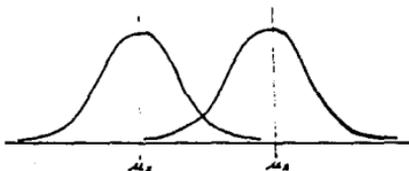


Sesgada a la izquierda

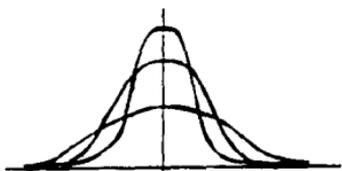


Para curvas simétricas la media, mediana y la moda coinciden.

- Variaciones en las gráficas de probabilidad normal.



Gráfica de probabilidad normal con media variable y desviación estándar común.



Gráfica de probabilidad con media común y desviación estándar variable.

- Propiedades de la desviación estándar.

Para distribuciones normales.



a) $x - \sigma$ y $x + \sigma$ contiene el 68.27% de la población en dicha área bajo la curva.

b) $x - 2\sigma$ y $x + 2\sigma$ contiene el 95.45% de la población en dicha área bajo la curva.

c) $x - 3\sigma$ y $x + 3\sigma$ contiene el 99.73% de la población en dicha área bajo la curva.

2.5 INFERENCIA ESTADISTICA

La inferencia estadística puede definirse como aquellos métodos que permiten hacer inferencias o generalizaciones sobre una población.

Se dividen en dos áreas principales que son:

- a) Estimación
- b) Pruebas de hipótesis

2.5.1 Estimación

Partiendo directamente de la expresión $P(\bar{\theta} - k < \theta < \bar{\theta} + k)$, la distribución muestral de $\bar{\theta}$ permite determinar k , de tal manera que la expresión anterior sea igual al valor que se especifica. Por ejemplo, si se calcula k tal que $P(\bar{\theta} - k < \theta < \bar{\theta} + k) = 0.95$, entonces se tiene la probabilidad igual a 0.95 de seleccionar una muestra aleatoria que produzca un intervalo, que contenga a θ . Este intervalo calculado a partir de la muestra aleatoria seleccionada se le llama intervalo de confianza de 95%, ésta indica que se puede tener el 95% de confianza en que el intervalo calculado contiene al verdadero parámetro (media, variancia, etc.) de la población. Cuando el intervalo de confianza es más ancho, se puede tener más confianza en que el intervalo dado contenga el parámetro desconocido. Así es mejor tener el 95% de confianza en que la resistencia del concreto se encuentre entre 245 y 255 kg/cm² que estar 99% confiados en resultados de 230 y 270 kg/cm².

Lo ideal es tomar un intervalo corto con un alto grado de confianza, para lograrlo es necesario sacrificar parte del grado de confianza.

En general, la distribución θ nos permite calcular k de tal manera que:

$$P(\bar{\theta} - k < \theta < \bar{\theta} + k) = 1 - \alpha, \text{ donde } 0 < \alpha < 1$$

Al intervalo calculado a partir de una muestra particular se le llama intervalo de confianza al $(1 - \alpha)100\%$. Así cuando $\alpha = 0.05$ se tiene un intervalo de confianza de 95% y cuando $\alpha = 0.01$ se obtiene un intervalo mayor que es 99%. A la fracción $1 - \alpha$ se le llama nivel de confianza y a los puntos extremos $\bar{\theta} - k$ y $\bar{\theta} + k$ se le llama límites de confianza.

Estimación puntual y por intervalos.

La estimación de un parámetro de la población puede darse en forma de estimación puntual o estimación por intervalos. La estadística que se emplea para obtener una estimación puntual recibe el nombre de estimador o función decisión.

Estimación puntual.- Se refiere a la selección de un estadístico, es decir de un número calculado a partir de datos de una muestra, del cual se permita estimar un parámetro estudiado de la población. Por ejemplo: el valor \bar{x} de la estadística \bar{X} calculado a partir de una muestra de tamaño n , es una estimación puntual del parámetro μ de la población, así el estimador S que es una función de la muestra aleatoria, es un estimador de σ .

Estimación de la media.

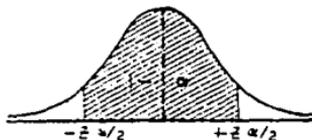
Estimación por intervalos.- Cuando se usa la media muestral para estimar la media de una población, las oportunidades de que la estimación sea exactamente igual a μ son pocas. Por lo tanto, es deseable acompañar a un estimador puntual de μ como éste, de algún criterio que indique que la aproximación se debe esperar entre el estimador y μ . El error $x - \mu$, es la diferencia entre el estimador y la cantidad que se supone que se estima. Para examinar este error se tiene para n de una población:

$$\frac{\bar{x} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$$

Este es el valor de una variable aleatoria que tiene aproximadamente una distribución normal tipificada. En consecuencia se puede asegurar con una probabilidad de $1 - \alpha$ que:

$$P \left(-Z_{\alpha/2} < \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}} < Z_{\alpha/2} \right) = 1 - \alpha$$

Donde $Z_{\alpha/2}$ es tal que el área de la curva normal a su derecha es igual a $\alpha/2$ como se puede ver en la siguiente figura:



$$P(-Z_{\alpha/2} < Z < Z_{\alpha/2})$$

Como los estimadores puntuales no pueden esperarse que coincidan con las cantidades que se supone que estiman, a veces es preferible sustituirlos por estimador de intervalo, es decir, se puede asegurar que contienen el parámetro considerado. Así, partiendo de la suposición que se tiene una muestra aleatoria de tamaño n , donde n es grande, obtenida de una población que se tiene la media μ desconocida y la variancia σ^2 conocida. En la doble desigualdad se tiene:

$$-Z_{\alpha/2} < \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma\sqrt{n}} < Z_{\alpha/2}$$

Asegurando con una probabilidad de $1-\alpha$, despejando algebraicamente se tiene:

$$\bar{x} - Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (\text{Para una población})$$

$$\bar{x} - Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (\text{Para una muestra})$$

Cuando se toman muestras de una población normal, es posible construir intervalos de confianza para μ . Cuando s es desconocida se emplea el estadístico:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s\sqrt{n}}$$

que es el valor de una variable aleatoria que tiene la distribución t de student con $n-1$ grados de libertad, donde μ es la media de la normal de la cual se ha obtenido la muestra. Entonces, con $t_{\alpha/2}$ se tiene:

$$-t_{\alpha/2} < \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}} < t_{\alpha/2}$$

$$\text{Así: } \bar{x} - t_{\alpha/2} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{\alpha/2} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

- Estimación de la diferencia entre dos medias.

La estimación en un intervalo de confianza para $\mu_1 - \mu_2$ con σ_1^2 y σ_2^2 conocidas es:

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} < \mu_1 - \mu_2 < (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}$$

La estimación en un intervalo de confianza en muestras pequeñas para $\mu_1 - \mu_2$ con $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ pero desconocidas es:

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - t_{\alpha/2} S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} < \mu_1 - \mu_2 < (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + t_{\alpha/2} S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

La estimación en un intervalo de confianza en muestras pequeñas para $\mu_1 - \mu_2$ con $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ desconocida es:

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}} < \mu_1 - \mu_2 < (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}$$

- Estimación de una proporción.- La estimación en un intervalo de confianza para P (parámetro binomial) y $n > 30$

$$\bar{p} - Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\bar{p}\bar{q}}{n}} < P < \bar{p} + Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\bar{p}\bar{q}}{n}} \quad \text{donde: } \begin{array}{l} \bar{p} = \text{éxitos} \\ \bar{q} = \text{fracasos} \end{array}$$

- Estimación de la variancia.- La estimación en un intervalo de confianza para σ^2 es:

$$\frac{(n-1)s^2}{\chi_{\alpha/2}^2} < \sigma^2 < \frac{(n-1)s^2}{\chi_{1-\alpha/2}^2}$$

donde: $\chi_{\alpha/2}^2$ y $\chi_{1-\alpha/2}^2$

son los valores de una distribución ji cuadrada con $\gamma = n-1$ grados de libertad.

Ejemplo:

En una planta productora de varillas se hizo el muestreo de 10 varillas, al probarlas a la tensión hasta la ruptura se obtuvo una resistencia media de 4800 kg/cm² con una desviación estándar de 200 kg/cm². Estimar la resistencia media de las varillas con un nivel de confianza del 95%.

Solución:

Se considera estimación por intervalos de confianza de la media de una población:

El tamaño de la muestra es pequeña ($n < 30$)

Así, el intervalo de confianza para estimar la media de la población de la varilla es:

$$\bar{x} - t_c \frac{S_x}{\sqrt{n-1}} \leq \mu \leq \bar{x} + t_c \frac{S_x}{\sqrt{n-1}}$$

Sustituyendo: $4800 - t_c \frac{200}{\sqrt{9}} \leq \mu \leq 4800 + t_c \frac{200}{\sqrt{9}}$

El valor crítico t_c al 95% se obtiene de la tabla (Apéndice B) de la distribución t de student con $\gamma=9$ grados de libertad, resultando 2.26 por lo tanto:

$$4800 - 2.26 \frac{200}{\sqrt{9}} \leq \mu \leq 4800 + 2.26 \frac{200}{\sqrt{9}}$$

$$4649.4 \leq \mu \leq 4950.6 \text{ con un 95\% de confianza}$$

2.5.2 Pruebas de hipótesis

La verdad o falsedad de una hipótesis nunca se conoce con certeza, si no se examina toda la población. En este concepto, se utilizan los términos aceptar o rechazar. La hipótesis que se formula con la esperanza de rechazarla se llama hipótesis nula y se indica por H_0 , su rechazo lleva a la aceptación de una hipótesis alterna indicada por H_1 .

Errores tipo I y II

Se comete un error tipo I si se rechaza la hipótesis nula cuando ésta es verdadera.

Se comete un error tipo II si se acepta la hipótesis nula cuando ésta es falsa.

A la probabilidad de cometer un error tipo I se le llama nivel de significancia de la prueba y se denota por α .

La probabilidad de cometer un error tipo II indicada por β es más complejo por lo que no se calculará.

Pruebas de una cola o unilaterales.

En estas pruebas se atienden los valores extremos de un sólo lado de la media. Una prueba de cualquier hipótesis estadística en este caso se define como:

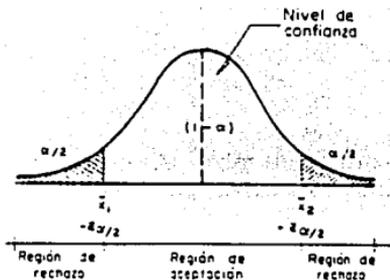
$$\begin{array}{ll} H_0: \mu = \bar{x}_0 & \text{ó bien: } H_0: \mu = \bar{x} \\ H_1: \mu > \bar{x}_0 & H_1: \mu < \bar{x} \end{array}$$



Pruebas de dos colas o bilaterales

En estas pruebas se atienden los valores extremos de ambos lados de la media.

Así se tiene: $H_0: \mu = \mu_0$
 $H_1: \mu \neq \mu_0$



Ejemplo:

Durante el colado de una losa de concreto en un edificio, se tomaron seis cilindros de concreto, los cuales al probarlos a la compresión tuvieron una resistencia media de ruptura de 240 kg/cm^2 con una desviación estándar de 8 kg/cm^2 . En cambio al colar otra losa en la misma obra con un concreto al cual se le agregó un aditivo, los resultados de una prueba idéntica a la anterior arrojaron una media de 250 kg/cm^2 , con una desviación estándar de 9 kg/cm^2 .

Suponiendo que la distribución de probabilidades de las poblaciones es normal con desviaciones estándar iguales. ¿ Se puede afirmar con un nivel de confianza del 99% que el aditivo incrementa la resistencia del concreto ?

Solución:

La decisión estadística con respecto a la diferencia de medias se toma para dos poblaciones.

El nivel de significación es de 1% (ya que el nivel de confianza es de 99%).

El tamaño de la muestra se considera pequeña ($n < 30$)

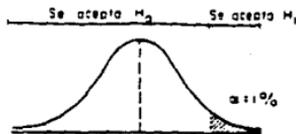
Planteamiento de la hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

Prueba de la hipótesis:

Por las condiciones del problema se considera el valor crítico t_c (t student). Como el problema es unilateral, se tiene:



t_c se obtiene consultando la tabla (Apéndice B) con $\alpha=0.01$ y con $\gamma = 6+6-2=10$ grados de libertad, por lo tanto, el valor crítico de $t_c=2.76$.

Reglas de decisión:

Se acepta la hipótesis nula H_0 si $t_c \leq 2.76$, en caso contrario se rechaza y se acepta la hipótesis alterna H_1 .

El valor crítico de t_c se calcula con los datos del problema con la siguiente fórmula:

$$t_c = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}$$

Sustituyendo:

$$t_c = \frac{10 - 0}{\sqrt{6(8)^2 + 6(9)^2}} \sqrt{\frac{6(6) - (6+6-2)}{6+6}} = 1.86$$

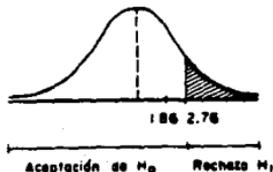
Toma de decisión:

$t_c=2.76$ (valor obtenido por tablas)

$t_c=1.86$ (valor obtenido por fórmula)

$t_c=1.86 < 2.76$

Por lo tanto: Se acepta la hipótesis nula H_0 y se rechaza la hipótesis alterna H_1 . Como $\mu_1=\mu_2$ se considera que no hay variación en la resistencia del concreto.



2.6 CORRELACION Y REGRESION

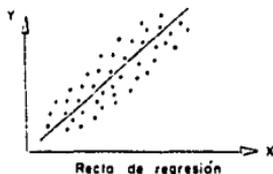
2.6.1 Correlación

Un diagrama de correlación o dispersión presenta datos observados por parejas. Para que haya correlación lineal entre dos variables aleatorias, se requiere que las parejas de datos correspondientes a éstas, tiendan alinearse a lo largo de una línea recta.

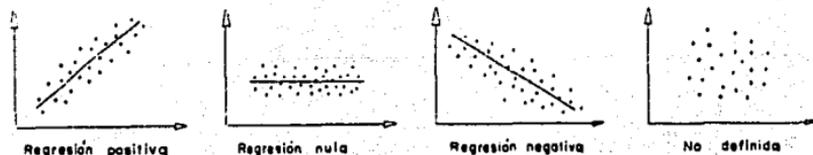


2.6.2 Regresión

Se interpreta, por medio de una línea recta llamada recta de regresión que se ajusta a los puntos o parejas de datos. La ecuación general de la recta de regresión es $y=mx+b$ y gráficamente se representa así:



Tipos de diagrama de correlación y rectas de regresión.



2.6.3 Métodos de los mínimos cuadrados

Para determinar la ecuación de la recta de regresión es necesario un criterio estándar, ya que de otra forma cada persona trazaría una recta diferente que pasara más o menos en medio de dos puntos. El método estándar que a continuación se describe, sirve para definir la ecuación de la recta de regresión, llamado método de los mínimos cuadrados. Dicho método se basa en suponer que la mejor línea de regresión es aquella para la cual la suma de los cuadrados de las desviaciones de todos los puntos con respecto a la recta de regresión es mínima.

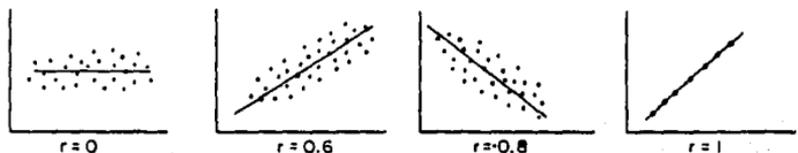
La línea de regresión se estima a partir de la muestra con los puntos (x,y) , por medio de la línea: $y=a+bx$

$$\text{donde: } b = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad \text{y} \quad a = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Correlación y coeficiente de correlación.-

Una medida de la cercanía de la relación, está dada por el coeficiente de correlación r .

Los diagramas muestran los diferentes valores del coeficiente de correlación.



La ecuación para el cálculo del coeficiente es:

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum y) (\sum x)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Un valor $r=0$ significa que no hay relación entre x y y

Para valores diferentes de cero no hay una relación directa entre x , y .

Valores negativos de r indican una relación inversa de x , y

El valor límite de $r=1$ indica una relación perfecta entre x , y .

Ejemplo:

En la siguiente tabla se tienen los datos obtenidos de los ensayos a compresión hechos en especímenes de concreto hidráulico a la edad de 28 días.

Encontrar la variación de la resistencia a compresión del concreto con respecto a la relación agua/cemento por medio de la recta de regresión.

Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Relación agua/cemento
450	0.38
400	0.43
350	0.48
300	0.55
250	0.62
200	0.70
150	0.80
100	0.90

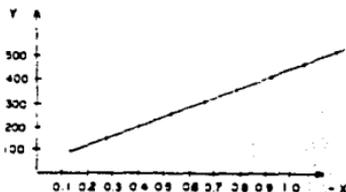
Solución

Tomando a x como la variable asociada al logaritmo natural de la relación a/c. y tomando a y como la variación asociada a la resistencia a la compresión del concreto.

La tabla resulta:

X	Y
-0.97	450
-0.84	400
-0.73	350
-0.60	300
-0.48	250
-0.36	200
-0.22	150
-0.10	100

Graficando se tiene:



Utilizando el método de los mínimos cuadrados con la recta $y=ax+b$

Se tiene: $n=8$ $\Sigma x = -4.30$ $\Sigma x^2 = 2.96$ $\Sigma xy = -1443$
 $\Sigma y = 2200$ $\Sigma y^2 = 710,000$

Sustituyendo en las fórmulas se tiene:

$$a = \frac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2} = \frac{8(-1443) - (-4.30)(2200)}{8(2.96) - (-4.30)^2} = -401.52$$

$$b = \frac{\Sigma y \Sigma x^2 - \Sigma xy \Sigma x}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2} = \frac{2200(2.96) - (-1443)(-4.30)}{8(2.96) - (-4.30)^2} = 59.17$$

Por lo tanto la curva de regresión es:

$$y = -401.54 x + 59.17$$

CAPITULO 3

3. CONCEPTOS DE CALIDAD

3.1 CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.

En la actualidad, México ha entrado a la competencia en productividad y calidad con los países del Norte (EUA y Canadá). El GATT y el Tratado de Libre Comercio lo confirman.

Sólo con la exportación, los países sobrevivirán en la competencia y el nuestro debe enfrentar esta realidad. Así nace el reto para utilizar el ingenio y la innovación para marchar aceleradamente, y poder participar en el mercado internacional.

Para responder al reto hay que emplear una filosofía administrativa para reforzar la estrategia en busca de calidad.

Los principios fundamentales son:

- 1.- Buscar en el cliente la satisfacción completa, ésto puede garantizar la permanencia en el mercado, además de aumentar las utilidades.
- 2.- Ser creativo y tratar de mejorar continuamente el producto para asegurar el mercado.
- 3.- Comprar calidad a los proveedores y establecer con ellos una relación de confianza, comunicación e intercambio de tecnología y conocimientos.
- 4.- Capacitar permanentemente a todos los trabajadores. Es el único camino para adoptar la filosofía de la empresa y realizar el trabajo correctamente.
- 5.- Tener confianza en el futuro, invirtiendo en tecnología y modernizando los sistemas productivos.
- 6.- Establecer en la empresa un clima de armonía, cordialidad y servicio.
- 7.- Asegurar que todas las actividades de la empresa sean bien realizadas desde el principio.

- 8.- Motivar permanentemente a los trabajadores. Es la fórmula ideal requerida para hacer productos o servicios de calidad.
- 9.- Tener paciencia, ya que la calidad no se genera de un día para otro. Se requiere constancia para mejorar lenta y continuamente la calidad.
- 10.-Adoptar verdaderos líderes en los cuadros de mandos para integrar en forma concreta un buen equipo de trabajo.
- 11.-Efectuar auditorias al proceso para determinar donde están sus debilidades corregir fallas y tomar medidas preventivas.

Se hace notar que en nuestro país, muchas escuelas e institutos de enseñanza superior conscientes del problema han adoptado en sus planes de estudio asignaturas de control de calidad, para que así haya una capacitación efectiva concerniente a la calidad y productividad.

3.2 CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD

Control total de la calidad.- Es el conjunto de esfuerzos efectivos de los diferentes grupos de una organización para la integración del desarrollo, del mantenimiento y de la superación de la calidad de un producto con el fin de hacer posible la fabricación y servicio a satisfacción completa del consumidor y a nivel más económico.

Los objetivos generados del control total de la calidad es lograr:

- a) La productividad de los recursos de la empresa.
- b) La calidad de sus productos y actividades.
- c) La integración de su personal.

Calidad no se refiere solamente a la calidad del producto, sino a la realización del buen trabajo, de la tarea que tenemos asignada cada uno de nosotros. Lo mismo el trabajo de la recepcionista como el del ingeniero o el del almacenista o el contador. En todos lados se debe dar calidad y lograr que las cosas sirvan para lo que están diseñadas, para finalmente dar un servicio en forma oportuna y a un costo mínimo planeado.

Calidad es un acercamiento sistemático en busca de la excelencia. Sus sinónimos son: productividad, reducción de costos, desempeño en programación, ventas, satisfacción del cliente y trabajo de equipo.

Como se puede observar el control total de la calidad implica la implementación administrativa y técnica de las actividades de calidad orientadas hacia el cliente como responsabilidad primordial de la gerencia general y de las operaciones en las mercadotecnias, ingeniería, producción, relaciones industriales, finanzas y servicios.

Los programas de control total de calidad se deben apegar a los diseños del producto, a la preparación básica de los procesos de producción y al servicio que se obtendrá del producto, todo lo anterior para lograr mejores niveles de calidad en el mercado.

3.3 ADMINISTRACION DE LA CALIDAD

Las actividades recomendables para llevar a cabo la administración son las siguientes:

- Proporcionar administración general de todas las actividades del sistema de calidad.
- Crear, coordinar y distribuir programas de motivación de la calidad.
- Establecer modelos de desempeño y valuación del progreso obtenido en la áreas claves.
- Revisar la efectividad de los programas de acción correctiva.
- Tratar de dar solución a la incompatibilidad que no puede ser resuelta por personal involucrado directamente.
- Asegurar que los programas de auditoría sean efectivos.
- Proporcionar atención administrativa a las actividades que buscan la calidad para el logro de un fin común.
- Proporcionar decisiones de prioridad para aquellas actividades que compiten con otros programas por recursos.
- Proporcionar unidad dentro de la empresa.
- Asegurar que los programas de calidad sean revisados cuando sea necesario.
- Proporcionar liderazgo para asegurar el uso efectivo de la calidad.
- Asegurar la visibilidad efectiva de la calidad a los clientes y usuarios.

El responsable de llevar a cabo la administración debe considerar los siguientes puntos:

- El comportamiento de la gerencia debe reflejar compromiso y expectativas.
- El líder debe desarrollar una serie de principios y una difusión de calidad con las que desee involucrar a la organización.
- Involucramiento total de la gerencia en la planeación, organización e implementación de la calidad.
- El ambiente de trabajo debe ser armonioso.
- El involucramiento de los trabajadores debe ser total.
- La capacitación y educación debe ser extensiva para todos los trabajadores.

Actitudes que se deben asumir para lograr la excelencia son:

- Preocupación por los sentimientos del cliente.
- Atender todos los detalles.
- Buscar el perfeccionismo.
- Hacer más de lo que es pagado.
- Tener humildad y espíritu de equipo.
- Tener sinceridad, honestidad y comportamiento consistente.
- Tener lealtad.

3.4 PLANEACION ORIENTADA AL PRODUCTO O PROCESO

Antes de la producción y desarrollo del producto o proceso de fabricación de un material, se deben formalizar los planes para someter a prueba y controlar la calidad deseada de un producto. Debe tener un análisis de los requisitos de calidad del producto o proceso para determinar cuales serán las características de calidad a cumplir, cuestionando lo siguiente. ¿Cómo se procederá si los materiales los encontramos por unidad o por muestreo ?, ¿ Quién debe realizar las pruebas y que especificaciones deberá conocer para evaluar o en su defecto aplicar correcciones ?. ¿ Qué instrumentos se deberán requerir para efectuar las pruebas en los materiales?. Cabe mencionar que las especificaciones a tomar en cuenta ayudarán a resolver las preguntas anteriores.

Los planes de calidad incluyen:

- a) La determinación de la cantidad del producto.
- b) La calidad y el entrenamiento del personal para asegurar la calidad.
- c) Los métodos y la forma de registros para asentar los datos.
- d) Procedimiento de mantenimiento preventivo de herramientas y procesos.
- e) La estandarización, calibración y conservación del equipo para las pruebas.
- f) El flujo de material y la disposición que deba dársele.
- g) La auditoría durante el proceso.
- h) Verificación de la calidad en la salida o entrega del producto.
- i) Instrucciones para todas las actividades que proporciona seguridad en la calidad.

3.5 AUDITORIAS

La auditoría es la evaluación para verificar la efectividad del control de calidad. Esta se puede ver como la inspección de la inspección de una área, las pruebas de las pruebas de un producto, y el procedimiento de evaluación para los procedimientos de evaluación de los clientes. Estas actividades se realizan con el fin de asegurar que verdaderamente haya control.

Para llevar a cabo las auditorías y lograr los objetivos del programa se toman en cuenta las siguientes consideraciones.

- a) Pueden estar dirigidas hacia un sistema producto o proceso; ó en áreas específicas como mediciones para lograr la calidad.
- b) El desempeño de las auditorías puede ser ejecutada por un solo ingeniero, un grupo involucrado en el control de calidad, un equipo de la misma compañía pero de otra planta, o de una organización exterior.
- c) Las frecuencias en que se desarrollan las auditorías pueden ser diarias, semanales, mensuales, trimestrales, o también sin previo aviso.
- d) El reporte y la documentación sobre la auditoría se muestra cuantitativamente con números reportados en un documento resumido, medido en términos de tendencias comparativas para observar si hay mejoría o deterioro.
- e) La auditoría incluye las acciones correctivas identificadas por productos, área, proceso, programa de tiempo y responsabilidad del seguimiento.

Las áreas a las que están orientadas las auditorías son las siguientes:

- a) Al producto
- b) A la medición
- c) Al proceso de fabricación del producto
- d) Al proveedor
- e) A las pruebas de confiabilidad del laboratorio

La auditoría establece la efectividad de la calidad y determina el grado hasta el que se hayan cumplido los objetivos. Se recomienda que sea ejecutada por un equipo multifuncional. La frecuencia de las auditorías dependerá de las circunstancias o volúmenes de producción. El reporte de la auditoría estará finalmente documentado y se enviará a todos los integrantes involucrados en el programa establecido. Así, se identificarán las fallas; se establecerán los pasos de acción correctiva y se propondrán responsabilidades para lograr mejoría.

3.6 COSTOS DE LA CALIDAD

El objetivo primordial de los costos de calidad, es proporcionar medios para evaluar la efectividad de los programas de calidad.

Tipos de costos de calidad.- Los costos relacionados con la calidad, se pueden clasificar en los grupos siguientes: costos de prevención, costos de evaluación y costos por fallas. Cada uno de éstos se describirán a continuación.

3.6.1. Costos de Prevención

Son los costos originados por trabajos encaminados a prevenir las fallas, errores, desviación o defectos durante cualquier etapa del proceso productivo.

Se dividen principalmente en:

- a) Planeación de la calidad
- b) Revisión de proyectos, especificaciones y procedimientos de trabajo.
- c) Control de los procesos de producción.
- d) Planeación del trabajo.
- e) Capacitación del personal.
- f) Evaluación y asesoría de proveedores.
- g) Adquisición de equipo de medición para pruebas.
- h) Servicios al cliente.
- i) Auditorías.
- j) Conservación y calibración del equipo de medición y pruebas.

3.6.2. Costos de evaluación

Son los costos destinados a medir y evaluar la calidad de los materiales, partes, elementos, productos y procesos, así como para mantener y controlar la producción dentro de los niveles y especificaciones de calidad previamente planeados y establecidos.

Los costos correspondientes a las actividades de evaluación comprenden los siguientes aspectos:

- a) Inspección de recibos.
- b) Pruebas del producto
- c) Inspección del producto
- d) Materiales e insumos para inspección y pruebas
- e) Pruebas de campo

3.6.3 Costos por fallas.

Se refiere a los costos originados por errores o deficiencias en el producto desde la identificación de las necesidades del cliente hasta la puesta de uso en el producto, pasando por las etapas de diseño, fabricación y distribución. Estas deficiencias son descubiertas en el proceso de producción a través de rechazos, que a su vez se traducen en retrabajos o desperdicios; pero en otras ocasiones estas deficiencias se descubren en el campo cuando el producto ya está en manos del cliente, provocando reclamaciones, servicios y devoluciones y hasta pérdidas en las ventas o servicios.

Los costos por fallas pueden subdividirse en :

- l) Costos por fallas internas.
Son aquéllos costos que resultan de las fallas o defectos o incumplimiento de los requisitos establecidos de los materiales, elementos, partes, productos y servicios, y cuya falla o defecto es detectada dentro de la empresa antes de la entrega del producto o servicio al cliente.

Los costos por fallas internas se clasifican en:

- a) Desperdicios de materiales, insumos y recursos humanos
- b) Reparaciones
- c) Desperdicios y retrabajos imputables al proveedor
- d) Eliminación de rechazos de materiales comprados
- e) Consultas técnicas con personal especializado

II)- Costos por fallas externas

Son los costos que resultan de las fallas, defectos o incumplimiento de los requisitos de calidad establecidos y cuya falla se manifiesta después de la entrega del producto o servicio al cliente.

- a) Reclamaciones
- b) Servicios de garantía
- c) Devoluciones
- d) Seguros
- e) Juicios y demandas

En la siguiente gráfica se presentan las relaciones generales entre los costos de prevención, evaluación de falla y en ella se indica que el costo total óptimo se presenta cuando el valor de la suma es mínimo.

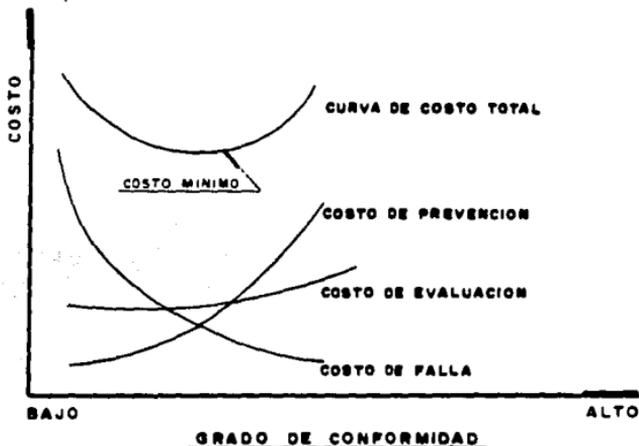


Fig 3.1

Si los costos de prevención son menores al 10% del costo total de la calidad deben reducirse los costos de falla y evaluación y gastos más en prevención. Siempre hay tendencia a reducir los costos de falla y de evaluación.

3.7 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

El aseguramiento de la calidad es un sistema de actividades encaminadas para asegurar la calidad total, su efectividad y evaluación del programa encaminadas al uso de los materiales que se utilicen en una obra de construcción, y su finalidad es la de tomar las medidas correctivas necesarias.

Para lograr economía en una obra se deben ejecutar todos los estudios preliminares necesarios que sirvan para definir los proyectos, los requisitos de materiales y los procedimientos constructivos que aseguren un funcionamiento apropiado de la edificación al menor costo posible, pero tomando en cuenta no sólo su costo inicial, si no también sus costos probables de mantenimiento futuro.

De los estudios preliminares surgen los requisitos para la construcción, o sea, las especificaciones de obra, que definen, entre otras cosas la calidad que es necesaria cumplir para garantizar su buen comportamiento. En busca de la economía, estos requisitos, por lo general, se reducen al mínimo aceptable y, por consiguiente, también los márgenes de seguridad se ven reducidos al mínimo tolerable.

En éstas circunstancias las variaciones excesivas de calidad son peligrosas; si se excede de las especificadas, se incurre en mayor costo; si se reduce demasiado se aproxima rápidamente a la falla. Por consiguiente el control y la verificación de la calidad adquieren una importancia especial en las obras.

Para garantizar la calidad adecuada, es indispensable contar con los siguientes elementos básicos funcionando en una obra: Especificaciones, Supervisión y Laboratorio de pruebas. Cada uno de ellos debe cumplir con los requisitos establecidos por las autoridades competentes y deben interactuar en forma eficiente para asegurar el comportamiento y la economía que se buscan en el desarrollo de la obra. Por consiguiente se describirán cada uno de ellas.

A) Especificaciones.

Es recomendable que en la ejecución de una obra se cuente con las especificaciones necesarias que fijen los requisitos constructivos y de la calidad que deben cumplirse, dichos requisitos son productos de los

proyectos, de los estudios preliminares y de la experiencia general que señala límites y pautas que deben ser consideradas.

Estos requisitos generan a su vez las especificaciones particulares de una obra, las cuales deben ser incluidas en el proceso de contratación y procurar también que sean lo más completas para evitar en lo más posible dudas sobre los conceptos que deben ser cumplidos. Es indispensable comprender bien las especificaciones para cotizar precios correctos y evitar controversias importantes. En caso de haber deficiencias en las especificaciones o no haya claridad en ellas y hasta en el caso extremo de no tenerlas, se le entrega al contratista la responsabilidad y autorización absoluta de ejecutar la obra a su manera.

B) Supervisión

La supervisión es la actividad de inspeccionar y revisar los procesos constructivos, efectuado por un técnico o un cuerpo de técnicos con la finalidad de vigilar los intereses del cliente.

Dentro de la supervisión existen elementos que integran la obra como:

Cliente.- Es la persona física o moral que tiene necesidad de construir y que financia la obra.

Dirección.- Es la persona y organización que es contratada por el cliente para dirigir la obra de manera técnica y administrativa.

Proyectista ó calculista.- Es la persona o compañía a quién se le encomienda el desarrollo de los proyectos y diseños técnicos, contratada por la dirección.

Estudios especiales.- Son las personas o compañías a quienes se les encomienden los estudios que se requieren para solucionar problemas técnicos de la obra. Pueden ser contratados por la Dirección o por el Proyectista.

Supervisión.- Es la persona u organización contratada por la Dirección para vigilar los procesos constructivos.

Constructores.- Es la compañía contratada por el dueño o sus representantes para ejecutar la obra.

Proveedor.- Son las organizaciones que surten materiales de construcción y servicios al constructor.

Laboratorios.- Son las organizaciones que proporcionan servicios técnicos de muestreo y pruebas de materiales de construcción, así como estudios. Además debe contar con:

- El número de personas para desarrollar todas sus funciones
- Conocimientos suficientes de todas las especificaciones generales concernientes a la obra.
- Criterio técnico suficiente para tomar decisiones que le correspondan.

C) Laboratorio de pruebas

Para comprender correctamente su funcionamiento, es necesario aclarar los términos de verificación y control que se confunden o emplean incorrectamente.

La verificación de la calidad implica la ejecución de pruebas y trabajos necesarios para comprobar que un proceso o producto cumple con las especificaciones acordadas entre contratante y contratista. Por consiguiente en una obra la supervisión contrata a un laboratorio para efectuar la verificación de la calidad. En ocasiones también el constructor contrata un laboratorio de verificación, cuando requiere obtener criterios de aceptación o rechazo de productos que le entregan sus proveedores.

Así también necesitamos la seguridad de que las pruebas de control y verificación se ejecutan con la intensidad adecuada y con las técnicas correctas. Esto implica que el laboratorio de prueba debe cumplir con los requisitos mínimos que garantizan su efectividad, por lo tanto debe contar con los siguientes elementos:

- Un técnico responsable
- Personal técnico auxiliar capacitado
- Equipo adecuado
- Tener conocimientos de especificaciones y procedimientos de pruebas.
- Capacidad y responsabilidad necesaria para desarrollar los trabajos encomendados.
- Cobrar aranceles justos.

3.8 HERRAMIENTAS BASICAS DE LA CALIDAD

3.8.1 Diagrama de Pareto

Al principio de Pareto se le conoce con el nombre de la regla 80-20, cabe aclarar que su aplicación es válida a pesar de que no se cumple rigurosamente dicha proporción.

En el contexto de los procesos productivos y los problemas que en ellos se presentan, el principio de Pareto puede enunciarse en varias formas como por ejemplo:

- El 20% de las causas provocan el 80% de un problema.
- El 20% de un salón aprovechan el 80% de la clase.
- Aproximadamente el 80% de los ingresos de una empresa proviene del de sus clientes.
- En un día normal de trabajo, una persona ocupa dos terceras partes de su tiempo(16 horas) en sólo dos actividades: trabajar y dormir, mientras que la otra tercera parte (8 horas) la destina al resto de actividades.

El diagrama de Pareto consiste en una gráfica de barras que muestra los datos de un proceso o un problema en forma descendente con relación a su importancia, en términos de frecuencia, costo o tiempo.

El propósito de un diagrama de Pareto es:

- Traducir el análisis de los datos a números y porcentajes.
- Presentar en forma obvia al observador los resultados.
- Crear criterios para el próximo paso, generando ideas para la solución de problemas.
- Practicar pensamiento convergente.

El procedimiento para la construcción de un diagrama de Pareto es:

- Una vez que se han identificado las causas, se deben enlistar en las hojas de trabajo en orden de importancia.
- Después que se han enlistado las causas más importantes, las de menor importancia se enlistan bajo el título de "otras".
- Una o más columnas de la hoja de trabajo registran los datos recogidos en la unidad de medida (horas, pesos, etc.) con la cantidad total en la parte inferior.

- Otra columna está para el porcentaje (porción del 100%) del total de unidades medidas de cada una de las causas.
- La última columna es el porcentaje acumulativo: los factores importantes aparecerán como obvios en ésta columna, ya que mostrarán las causas que representan al menos el 80% del problema.

3.8.2 Diagrama de causa y efecto.

Muestra las relaciones entre las características de calidad (efecto) y sus causas.

La causa de la dispersión, en casi la mitad de los casos radica en: los materiales, la maquinaria y el método de trabajo.

Al elaborar un diagrama de causa y efecto es necesario recabar la mayor cantidad de ideas de la gente que esté involucrada en el efecto en cuestión.

Un diagrama de causa y efecto nos sirve para :

- Guiar la discusión y así lograr los fines perseguidos.
- Reunir datos y poner de manifiesto el nivel tecnológico de los trabajadores, pues cuanto más elevado sea éste, mejor resultará el diagrama.

El propósito de un diagrama de causa y efecto es:

- Seleccionar la causa que deberá investigarse primero.
- Investigar las causas que introducen variaciones no comunes en el proceso.
- Representar gráficamente las causas probables en categorías específicas.
- Ayudar al grupo a visualizar el problema.
- Practicar pensamiento divergente.

Las reglas para la construcción de un diagrama causa y efecto son:

- El problema que aparece en el cuadro efecto es un producto o proceso mensurable .
- Cualquier cosa que pueda producir el efecto se considera como una causa probable.

El procedimiento para la construcción del diagrama es:

- Uno por uno, los miembros sugieren las causas probables del problema, obteniendo sus ideas de una tormenta de ideas y del descubrimiento de hechos.
- El líder registra las causas en el diagrama o en el rotafolio por categoría.

3.8.3 Histograma

Son la representación de datos del proceso de producción en forma adecuada con el propósito de establecer las veces en que ocurren las variaciones.

Se necesitan los datos para obtener las dimensiones medias y el grado de dispersión, la manera de evaluar nuestro procedimiento y adoptar alguna medida en caso de ser necesario.

Los histogramas se emplean frecuentemente para diagramar la precisión de la maquinaria o equipo, para analizar la relación entre especificaciones y resultados, para estudiar datos anormales, para examinar las causas que generan modificaciones en un proceso mediante la estratificación de materiales, maquinaria, etc. y por último para tratar de aumentar la conciencia del trabajador.

El propósito de los histogramas es:

- Clasificar los datos complejos en la forma más significativa.
- Determinar que mecanismo visual se adapta a los datos: líneas, barras, pastel o circular, PERT, diagrama de flujo o histogramas.
- Practicar pensamiento convergente.

El procedimiento para la construcción de un histograma es:

- Se debe elegir la mejor forma para manejar los datos numéricos basados en criterios como: el número de variables a comparar la forma de emplear el tiempo, los costos, las horas de preparación, la facilidad para leer el formato y la efectividad en la presentación.
- Los porcentajes siempre se ven mejor en gráfica circular.
- Los diagramas de flujo ilustran los procesos paso por paso.
- Las gráficas de PERT hacen que la planeación, la secuencia y el control de proyectos complejos se puedan ver mostrando las cosas como tareas paralelas.
- Los organigramas representan la estructura de una organización.

- Los histogramas se centran en la frecuencia de ocurrencia de un orden secuencial, como el análisis de Pareto.

3.8.4. Diagramas de dispersión.

Un diagrama de dispersión nos muestra la relación entre dos datos o más en un par de ejes. En general, cuando hablamos de la relación entre dos tipos de datos se hace referencia a una relación entre causa y efecto.

El procedimiento para la construcción de un diagrama de dispersión es:

- Reunir entre 50 y 100 muestras de pares de datos.
- Sobre los ejes trazados, ubicar los puntos correspondientes a los pares de datos. La lectura del diagrama se verá facilitada si ambos ejes tiene aproximadamente la misma longitud.
- Ya marcados los datos, si se observa una repetición de éstos, y caen sobre el mismo punto, hay que trazar círculos concéntricos que pueden llegar a dos o tres si es necesario.

Para adquirir la capacidad de interpretarlos correctamente se muestran a continuación los diagramas de dispersión más comunes:

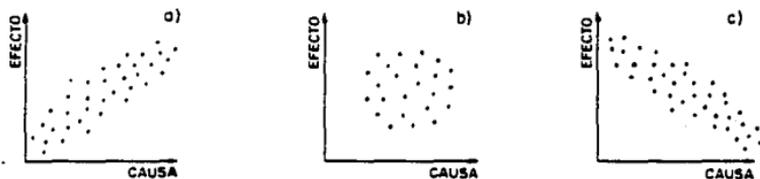


Fig. 3.2

- Un aumento de y depende de los aumentos de x . Si se controla x , entonces y estará bajo control.
- No hay correlación.
- Un aumento de x causará una disminución de y . Por lo tanto, como el primer caso, x puede ser controlada en lugar de y .

3.8.5 Gráficas de control

El objeto de construir una gráfica de control es determinar en base al movimiento de puntos, que tipo de cambios han ocurrido en el proceso de

producción en períodos determinados y en forma dinámica. Por lo tanto, para utilizarla eficazmente, se establecen criterios de la evaluación de lo que se considera anomalía.

Existe una gran variedad de gráficas de control pero entre las más importantes se encuentran; las gráficas X, R, S, p, np, c y u. Las gráficas X, R y S, permiten que el personal de producción o inspección registren los datos y calcule las medias y los rangos.

Una gráfica p es la que muestra la fracción defectuosa, mientras que una gráfica np muestra la cantidad de unidades defectuosas. Una gráfica c se emplea para considerar la cantidad de defectos por piezas en cada muestra y la gráfica u se utiliza para considerar la cantidad de defectos por pieza.

El propósito de una gráfica de control es:

- Proporcionar a los miembros técnicos para elaborar gráficas estadísticas para poder mejorar los resultados de un proceso.
- Mejorar los resultados del proceso indicando con claridad cuándo está fuera de control y cuándo los ajustes están garantizados.
- Mejorar los resultados del proceso evitando ajustes innecesarios a un proceso que varía sólo por azar.
- Indicar tendencias que pueden causar bajos rendimientos o problemas futuros como las correcciones excesivas a un proceso o desgaste de herramientas o máquinas.

Procedimientos:

- Se selecciona el tipo adecuado de gráfica de control (por variables o atributos).
- Se recogen datos sobre el producto de un proceso existente.
- Estos datos se analizan para determinar la línea central y los límites superiores e inferiores de control.
- Los datos se sacan del proceso y se representan en la gráfica de control.
- Si los puntos de los datos están dentro de los límites del control, el proceso está bajo control, por lo que no se deben hacer ajustes. Si los puntos de los datos caen fuera de los límites de control, el proceso está fuera de control, entonces será necesario hacer ajustes para corregir la situación.
- Se concluye que la gráfica de control sirve para detectar anomalías en los procesos de producción, con el objeto de investigarlas, eliminarlas y lograr un estado de control. Esto se logra cuando todos los puntos

están dentro de los límites de control de la gráfica y su movimiento no toma ninguna forma particular.

3.8.6 Estratificación (Categorización)

Es el proceso que consiste en clasificar los datos con el objeto de analizar la causa elegida (del diagrama de causa y efecto) y confirmar su efecto sobre las características de calidad o de proceso a mejorar.

Los datos pueden ser clasificados por factores de calidad o de cantidad, y se puede representar en histogramas, diagramas de dispersión, etc.

El propósito de realizar la estratificación es:

- Para usar como ayuda en la solución de problemas cuando se aplica a tres áreas principales:
 - . recopilación de datos.
 - . análisis de datos.
 - . muestras y pruebas.
- Dividir y clasificar los datos en grupos relacionados para que así cada grupo pueda ser estudiado en forma separada.
- Practicar pensamiento convergente.

Reglas:

- Estratificar significa dividir u ordenar en clases.
- Estratificar los datos por trabajador, máquinas, equipo, procesos, etc.
- Si los datos no están estratificados en grupos separados antes de representarlos en tablas o en gráficas, resultará difícil ver las tendencias o anomalías y pueden llegarse a conclusiones erróneas del análisis.
- La estratificación es importante en el análisis de datos para:
 - . gráficas.
 - . gráficas de control.
 - . diagramas de Pareto.

El propósito para la elaboración es:

- Recopilar datos.
- Hacer muestras correctas y estratificar lotes en sus lotes verdaderos.
- Representar cada lote en forma separada.

- Analizar los datos representados.

3.8.7 Hoja de verificación de datos.

Las hojas de verificación sirven para inspeccionar los siguientes aspectos:

- 1.- Distribución del proceso de producción.
- 2.- Productos defectuosos.
- 3.- Analizar la localización de defectos.
- 4.- Verificación de revisiones.
- 5.- Analizar operaciones

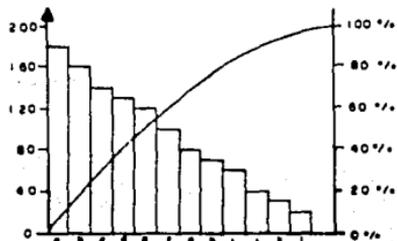
El propósito de una hoja de inspección es:

- Colectar fácilmente datos de pruebas, de inspección y de operación por medio de marcas, en un formato ya diseñado.
- Examinar la distribución de un proceso de producción.
- Verificar artículos defectuosos y las causas.
- Ubicar los defectos.
- Verificar las revisiones.

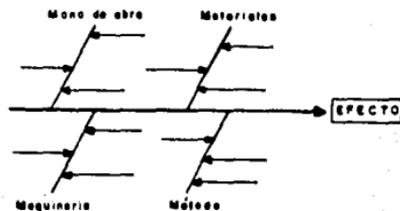
El procedimiento para la construcción de una hoja de inspección es:

- Se obtiene los datos de una característica de calidad o de un proceso de producción relacionados.
- Se especifica el período de observación.
- Se establece el formato (tabla o figura).
- Se establecen las marcas a utilizar.
- Se analizan e investigan las causas del comportamiento, su frecuencia, etc.
- La hojas se clasifican por características de calidad o cantidad y son el medio para construir gráficas o diagramas de frecuencia y poder evaluar la tendencia y/o dispersión de la producción y las características de calidad.

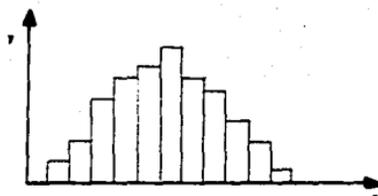
DIAGRAMAS DE LAS SIETE HERRAMIENTAS BASICAS



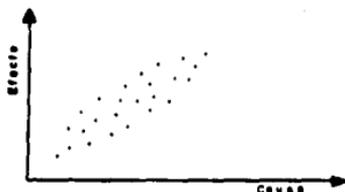
1- DIAGRAMA DE PARETO



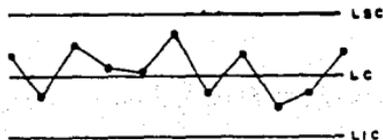
2- DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO



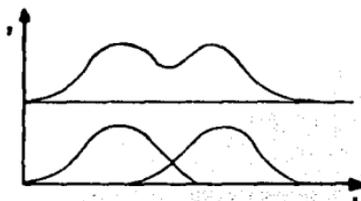
3- HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS



4- DIAGRAMA DE DISPERSION



5- GRAFICA DE CONTROL



6- ESTRATIFICACION

	a	b	c	d	e
1					
2					
3					
4					

7- HOJA DE VERIFICACION

3.9 MUESTREO DE ACEPTACION

El muestreo de aceptación se refiere a los métodos llamados planes de muestreo, por los cuales el comprador puede decidir entre aceptar o no lotes de un producto. Si resulta costoso, difícil o imposible examinar la totalidad del lote, el comprador decide aceptarlo o no sobre la información proporcionada por una muestra de dicho lote, normalmente optará por aceptar o rechazar la producción o el lote a partir de una muestra.

El muestreo de aceptación puede ser por atributos o por variables. En el primer caso, el lote es rechazado si la muestra contiene demasiados elementos defectuosos, en el caso de variables el criterio puede ser basándose en un valor máximo y mínimo dependiendo de las especificaciones.

La decisión para elegir entre analizar atributos o variables, puede basarse en los siguientes puntos:

1. Para la misma información entre los lotes buenos y malos, se requiere de una muestra mayor cuando se analizan atributos, que cuando se analizan variables. Por lo cual, si la inspección del elemento es costosa o destructiva, debe preferirse muestreo por variables.
2. Las mediciones y cálculos requeridos para la inspección por variables, puede ser más costosa que la decisión de si o no, pasa o no pasa y el conteo requerido para la prueba por atributos. Así se debe de considerar siempre que la prueba sea costosa, difícil o tardada.
3. Los métodos por variables proporcionan información producto por producto, que puede utilizarse en el diagnóstico de la producción o servicio.
4. Los planes por variable dependen de la exactitud y precisión y asumen la distribución de la variable medida; aunque se puede aproximar a la normalidad, pueden usarse métodos aproximados. Los planes por atributos no están sujetos a esta restricción.
5. El muestreo por atributos puede requerir inspectores menos entrenados, que el muestreo por variables.

Razones por las que se recomienda el muestreo.

- 1.- La población es muy grande y la disponibilidad de tiempo es limitada.
- 2.- La revisión o inspección al 100% es incosteable
- 3.- La revisión o inspección al 100% causa fatiga y aburrimiento

- 4.- Cuando la inspección tiende a ser destructiva
- 5.- Por que el manejo o maniobra dañan el producto

El muestreo de aceptación implica que el extraer una muestra aleatoria de un lote, éste se aceptará si el número de elementos defectuosos encontrados en la muestra no excede a un número de aceptación.

El muestreo aleatorio se hace con el fin de que todas las unidades del lote tengan la misma posibilidad de aparecer en la muestra. Cuando se lleva a cabo el muestreo aleatorio, los parámetros (media, desviación estándar y coeficiente de variación) pueden calcularse con más confianza.

Para elegir el método de muestreo deben ser consideradas las condiciones técnicas y económicas.

El procedimiento de muestreo y preparación de muestras es la siguiente:

- 1) Determinar el lote objeto de muestreo.
- 2) Tomar muestras aleatorias de la cantidad requerida del lote.
- 3) Inspeccionar las muestras tomadas del lote.

Tipos de muestreo:

En el medio de la construcción el muestreo se puede hacer en las siguientes formas:

- 1) Muestreo simple - Consiste en tomar un elemento al azar de una población
- 2) Muestreo sistemático.- Es una lista aleatoria de elementos que consiste en tomar unidades de la población por saltos a partir de uno de ellas elegido aleatoriamente.
- 3) Muestreo estratificado.- Es la agrupación de elementos similares, éste se logra dividiendo la población en subpoblaciones o estratos y dentro de cada uno de éstos, hacen una selección aleatoria simple.

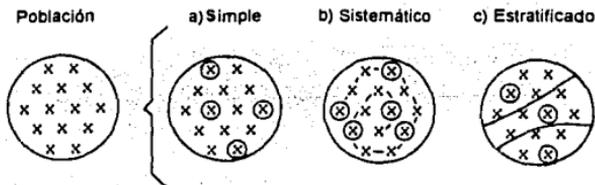


Fig. 3.4 Muestreo

Tamaño del lote.- La determinación del tamaño de lote debe tomar en cuenta los siguientes puntos:

- 1) Determinación de la calidad media del lote
- 2) Adoptar medidas necesarias sobre cada lote

Bases para la toma de una muestra.- Cada lote debe representar la producción durante un intervalo de tiempo tal que todas las partes o productos en el lote se hayan elaborado bajo las mismas condiciones. Partes de origen diferentes o en condiciones diferentes no deben mezclarse en el mismo lote.

Sistema de muestreo.- Es una colección de planes con reglas para su operación. Su propósito es: proteger al consumidor de aceptar productos fuera de especificación requerida; proteger al productor que le rechacen productos buenos y motivarlo a producir buena calidad.

Existen varios tipos de sistemas de muestreo, entre los que se encuentran:

MIL-STD-105D
 MIL-STD-414
 SISTEMA DE MUESTREO A
 SISTEMA DE MUESTREO B

En este trabajo sólo se tratarán los dos últimos por ser de más trascendencia en la industria de la construcción.

i) Sistema de muestreo A

Requerimientos del tamaño de la muestra para evaluar el producto.

CONDICION	I	II
Tamaño mínimo de la muestra por lote:	200	50
Se aplica a:	Todas las características relevantes de proceso	A las características críticas.
Consideraciones para cambiar a la otra condición.	Se permite cambiar a la condición II, si durante 20 lotes consecutivos, ningún grupo de muestras tiene más de dos unidades fuera de especificación	Se requiere cambiar a la condición I, si en 20 lotes consecutivos 2 o más unidades están fuera de especificación.

Tabla 3.1

Acciones a tomar sobre el lote y sobre el proceso para las condiciones I y II.

Piezas defectuosas encontradas en la muestra.	Acción a tomar sobre el lote.	Acción a tomar sobre el proceso.
0	Usése como está	Reducción continua de la variación del proceso.
1 ó más	Seleccionar el 100%	Investigación inmediata del proceso y medidas correctivas apropiadas.

Tabla 3.2

ii) Sistema de muestreo B

Planes de muestreo:

1.- Por atributos.

Tamaño del lote	Tamaño de la muestra
Menos de 30	100 %
30-50	30
51-500	50
501-1500	70
1501-5000	110
5001-15000	220
Más de 15000	280

Tabla 3.3

Se acepta el lote si no se encuentra ninguna pieza defectuosa en la muestra:

2.- Por variables.

Tamaño del lote	Tamaño de la muestra
Menos de 30	100%
30-50	35
51-100	40
Más de 100	50

Tabla 3.4

A excepción de los casos al 100%, el muestreo debe practicarse en subgrupos de 3 a 5 piezas hasta completar las cantidades referidas. Cada subgrupo debe seleccionarse de manera aleatoria y de forma independiente a los otros.

3.10 CARTAS DE CONTROL

3.10.1 Consideraciones.

La característica elemental de las cartas de control es de la inferir sobre el proceso de producción en base a muestras tomadas de dicha producción. A través de estas cartas podremos conocer cual es el estado de control a un nivel apropiado y juzgar si se ha logrado o no el nivel deseado. Desde el punto de vista estadístico se llama calidad a la característica medible o contable de un producto, por ejemplo; el diámetro de una varilla, la resistencia de un concreto etc. entre las contables, y entre las medibles se tiene el número o porcentaje de tabiques defectuosos de un lote de éstos, el número de defectos de una soldadura aplicada en la unión de dos placas de acero, etc. La cantidad de todo producto está sujeta siempre a cierta cantidad de variación, esta variación puede deberse a dos tipos de causas, que son:

- Causas asignables.- En general sus efectos son relativamente grandes y pueden atribuirse o asignarse a ciertos factores específicos, tales como la falta de adiestramiento de los operadores, defectos en la maquinaria o en la materia prima, etc.
- Causas aleatorias.- Son un conjunto de causas que pueden ser ignoradas por todos, aunque el efecto de ellas es muy pequeña y la variación en estas causas es inevitable, pero la cantidad y el carácter de dicha variación puede predecirse por medio de las teorías probabilísticas.

Para establecer cartas de control de una característica, sea medible o contable se supone que sólo actúan causas aleatorias y se señalan regiones de aceptación y de rechazo para dicha característica. Cuando en un proceso los valores calculados sólo detectan causas de variación aleatoria se puede decir que están bajo control estadístico, notándose que las muestras caen en la región de aceptación y si intervienen una o más causas asignables se dice que está fuera de control estadístico, por lo tanto las muestras estarán fuera de la región de aceptación.

La zona de rechazo se fija en términos de la probabilidad de rechazar la hipótesis de que sólo actúan causas aleatorias cuando es verdadera, es decir, si todos los puntos caen en la zona de aceptación, no significa que no existen causas asignables. Si no que se tiene la probabilidad, fijada de antemano, de que las únicas causas que operaron fueron aleatorias.

3.10.2 Cartas de control por variables.

Las cartas de control por variables están asignadas por \bar{X} , R, S, se utilizan cuando la característica puede medirse, como una longitud, un peso, una resistencia, etc., de manera que la cifra obtenida sea una medida de la aproximación de la calidad del producto a la calidad deseada. Dichas cartas tienen las siguientes particularidades:

- La carta \bar{X} es una carta de control para medidas, por lo que se toma en cuenta para características medibles.
- Las cartas R y S son cartas para controlar la variabilidad del proceso, se toma en cuenta el rango y la desviación estándar de las muestras respectivamente, como estimadores de la desviación estándar de la población.

A) Carta \bar{X}

Si suponemos que la población está normalmente distribuida, podemos asegurar con una probabilidad de $1-\alpha$ que la medida de una muestra aleatoria de tamaño n estará dentro de los límites $\mu - z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ y $\mu + z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ donde μ y σ son respectivamente media y desviación estándar de la población y $z_{\alpha/2}$ es la abscisa correspondiente a un área de probabilidades de $\frac{\alpha}{2}$ en una distribución estándar.

Si la población no está normalmente distribuida, pero la muestra es grande o se ejecuta el muestreo con reemplazo, las afirmaciones anteriores siguen siendo válidas.

En la práctica se acostumbra considerar una probabilidad (intervalo de confianza) de 99.73% a la que corresponde $Z_{\alpha/2} = 3$.

En la carta \bar{X} , la zona de aceptación, con probabilidad de 99.73% tendrá una línea central μ , un límite superior de control $\mu + \frac{3\sigma}{\sqrt{n}}$ y un límite inferior de control $\mu - \frac{3\sigma}{\sqrt{n}}$

El factor $3/\sqrt{n}$ se encuentra tabulado para diferentes valores de n y se representa por A , así los límites de control son $\mu \pm A\sigma$ (ver tabla 3.1).

Resumiendo:

Los límites de control para la carta \bar{x} son:

$\mu \pm A\sigma$ cuando μ y σ son conocidos

$$LC = \bar{\bar{x}}$$

$$LIC = \bar{\bar{x}} - A\sigma$$

$$LSC = \bar{\bar{x}} + A\sigma$$

$\bar{\bar{x}} \pm A, \bar{S}$ cuando \bar{X} y \bar{S} son estimadores de μ y σ respectivamente

$$LC = \bar{\bar{x}}$$

$$LIC = \bar{\bar{x}} - A, S$$

$$LSC = \bar{\bar{x}} + A, S$$

$\bar{\bar{x}} \pm A_2, \bar{R}$ cuando μ y σ son estimados por \bar{X} y \bar{R} respectivamente

$$LC = \bar{\bar{x}}$$

$$LIC = \bar{\bar{x}} - A_2, \bar{R}$$

$$LSC = \bar{\bar{x}} + A_2, \bar{R}$$

Los rangos R y las desviaciones estándar \bar{S} de las muestras son variables aleatorias y se resumen en los demás incisos.

B) - Carta R

Los límites de control 3σ para el recorrido están dados por $d_2\sigma \pm 3d_3\sigma$ y el conjunto completo de los valores de la gráfica de control con σ conocida están dados por:

$$LC = d_2\sigma$$

$$LSC = D_2\sigma$$

$$LIC = D_1\sigma$$

FACTORES PARA CALCULAR LINEAS DE CARTAS DE CONTROL DE CALIDAD CON UN NIVEL DE CONFIANZA DE 99.73 %

TAMANO DE MUESTRA	CARTA \bar{x}			CARTA S						CARTA R						
	FACTORES PARA LIMITES DE CONTROL			FACTORES PARA LINEA CENTRAL		FACTORES PARA LIMITES DE CONTROL				FACTORES PARA LINEA CENTRAL		FACTORES PARA LIMITES DE CONTROL				
n	A	A ₁	B ₂	C ₂	1/c ₂	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	d ₂	1/d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2.121	3.760	1.880	0.5642	1.7725	0	1.843	0	3.267	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	2.394	1.023	0.7236	1.3820	0	1.858	0	2.568	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.571
4	1.500	1.880	0.729	0.7979	1.2533	0	1.808	0	2.266	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	1.596	0.577	0.8707	1.1894	0	1.756	0	2.089	2.326	0.4299	0.866	0	4.918	0	2.115
6	1.225	1.410	0.483	0.8686	1.1513	0.026	1.711	0.030	1.970	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	1.277	0.419	0.8882	1.1259	0.105	1.672	1.118	1.882	2.704	0.3698	0.833	0.205	5.203	0.076	1.924
8	1.061	1.175	0.373	0.9027	1.1078	0.167	1.638	0.185	1.815	2.847	0.3512	0.820	0.287	5.307	0.136	1.864
9	1.000	1.094	0.337	0.9139	1.0942	0.219	1.709	0.239	1.761	2.970	0.3367	0.808	0.546	5.394	0.184	1.816
10	0.949	1.028	0.308	0.9229	1.0838	0.262	1.584	0.284	1.716	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777

TABLA 3.1

FALLA DE ORIGEN

Aquí $D_1 = d_2 - 3d_1$ y $D_2 = d_2 + 3d_1$ y los valores de éstas constantes se pueden encontrar en la tabla 3.1 para varios valores de n .

Si σ es desconocida, se estima lo siguiente:

$$\begin{aligned} LC &= \bar{R} \\ LSC &= D_2 \bar{R} \\ LIC &= D_1 \bar{R} \end{aligned}$$

Aquí $D_1 = D_2 / d_1$ y $D_2 = D_1 / d_1$ y los valores de éstas constantes también se pueden encontrar en la tabla 3.1 para varios valores de n .

C) Carta S

Los límites de control para una carta \bar{S} , cuando la desviación estándar de la población original es conocida serán:

$$\begin{aligned} LC &= C_1 \sigma \\ LSC &= \bar{S} + B_1 \sigma && \text{donde } B_1 = C_2 + \frac{3}{\sqrt{2n}} \sqrt{2(n-1) - 2nC_2^2} \\ LIC &= \bar{S} - B_1 \sigma && \text{donde } B_1 = C_2 - \frac{3}{\sqrt{2n}} \sqrt{2(n-1) - 2nC_2^2} \end{aligned}$$

Quando la desviación estándar σ se desconoce, entonces se estima lo siguiente:

$$\begin{aligned} LC &= \bar{S} \\ LSC &= \bar{S} + B_1 \sigma && \text{donde } B_1 = 1 + \frac{t}{C_1 \sqrt{n}} \sqrt{2(n-1) - 2nC_1^2} \\ LIC &= \bar{S} - B_1 \sigma && \text{donde } B_1 = 1 - \frac{t}{C_1 \sqrt{n}} \sqrt{2(n-1) - 2nC_1^2} \end{aligned}$$

Para ambos casos, B_1 , B_2 , B_3 y B_4 dependen del tamaño de la muestra n y se encuentran tabulados en la tabla 3.1.

En la Fig. 3.5 se muestra una carta de control mixta donde se pueden juntar las cartas \bar{X} , S y R.

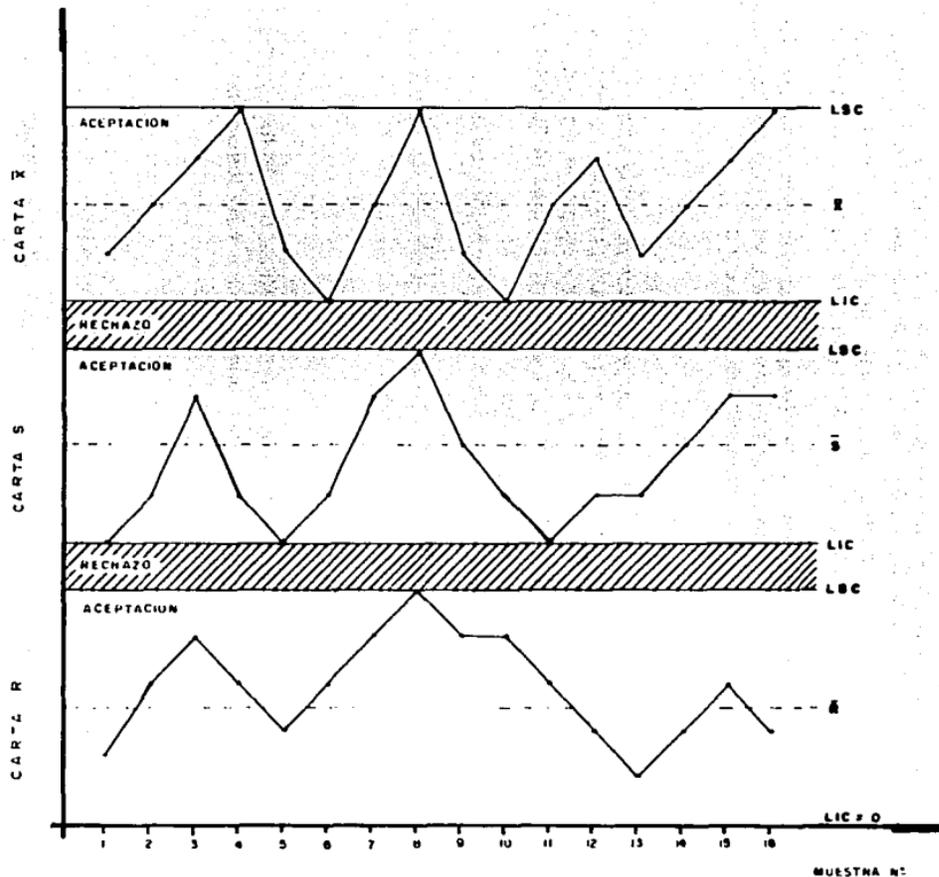


FIG. 3.5 CARTAS DE CONTROL \bar{X} , S y R

3.10.3 Cartas de control para atributos.

En el punto anterior se habló de cartas para variables o características medibles que pueden expresarse en números, en este caso se tratará para características contables, es decir, clasificando el concepto en defectuoso o no defectuoso. Estas cartas de control se usan en aquellos lugares donde resulta costoso utilizar la carta \bar{X} y R, especialmente cuando el número de características es grande.

Las cartas por atributos pueden ser de tres tipos, las que están basadas en la fracción defectuosa o que se conocen como carta p y las que registran el número de defectos por unidad, estas son las cartas c y u.

A) Carta p

Para el análisis del trazo de una carta p, los resultados posibles sólo pueden ser defectuoso o no defectuoso, es decir, la población tiene una distribución de probabilidad binomial en la que si p es la probabilidad de obtener un elemento defectuoso en la población, la media μ de una muestra de tamaño n será np y su desviación será: $\sigma = \sqrt{np(1-p)}$

La probabilidad de obtener x elemento defectuoso en n elementos es:

$C_n \cdot p^x \cdot (1-p)^{n-x}$ y la probabilidad de obtener como máximo "a" elementos defectuosos en una muestra de tamaño es:

$$\sum_{x=0}^a C_n \cdot p^x \cdot (1-p)^{n-x}$$

Definiendo a una nueva variable aleatoria como la fracción defectuosa en la muestra $\frac{d}{n}$, la media de esta variable nueva es p y su desviación

estándar será: $\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$

Una regla empírica para el cálculo de los límites de control para la fracción defectuosa es su media, aumentada y disminuida tres veces su desviación.

Esta regla empírica se vuelve aproximadamente exacta a medida que n crece. Así, cuando p es conocida los límites quedan:

$$LC = p = \frac{\text{número de defectuosos en la muestra}}{\text{número total de elementos en la muestra}}$$

$$LSC = p + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

$$LIC = p - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

Si p no se conoce, entonces debe estimarse por datos anteriores por medio de \bar{p} .

$$LC = \bar{p} = \frac{\text{Número total de elementos defectuosos}}{\text{Número total de elementos inspeccionados}}$$

Por lo que los límites quedarán:

$$LSC = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\sqrt{n}}}$$

$$LIC = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\sqrt{n}}}$$

Si algunos puntos caen fuera de los límites de control, deben calcularse nuevos límites con el estimador \bar{p} calculado únicamente con los puntos bajo control en el paso anterior.

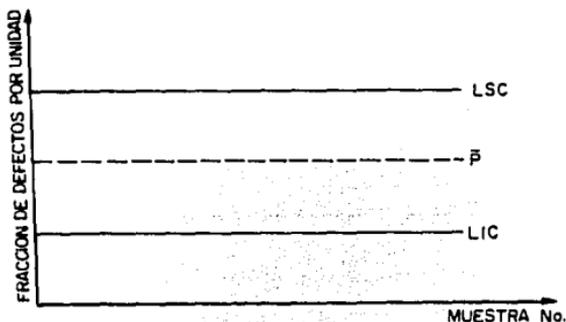


Fig. 3.6

- Carta np

En ocasiones una carta p será más efectiva si el número actual de defectos fuera registrado y se disminuyera el por ciento de defectos. La carta más apropiada para estos casos es la carta np. La única diferencia entre ambas cartas es que la escala vertical se tabulará en número de defectos como lo registra la carta p. Cada punto sobre la carta sería el número de defectos encontrado en la muestra en lugar de ser el porcentaje de defectos de la muestra.

Se dice que np significa el número de defectos y $n\bar{p}$ el promedio o media del número de defectos en una serie de muestras. Las siguientes fórmulas indican el método apropiado de analizar una carta np

$$LC = n\bar{p} = \frac{\text{Número total de defectos observados}}{\text{Número total de muestras inspeccionadas}}$$

$$LSC = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

$$LIC = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

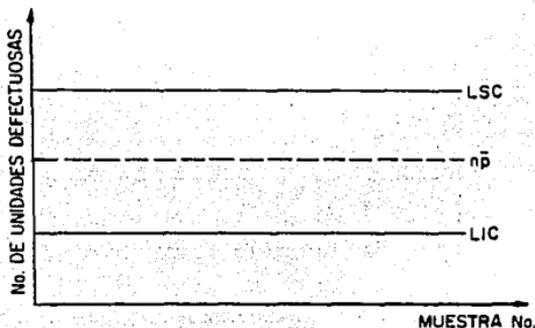


Fig. 3.7

- Carta c

La carta c es una carta de control para considerar la cantidad de defectos por unidad en cada muestra. La unidad puede ser sólo artículo, una parte de un artículo, etc. Se examina la unidad y el número de defectos encontrados son registrados en la carta c. En general, en una unidad examinada puede aparecer un gran número de defectos, pero la probabilidad de que aparezca cada uno de ellos es muy pequeña, por lo que se puede considerar que la variable aleatoria c tiene una distribución de probabilidad que es la de Poisson.

Así llamando \bar{c} al promedio de defectos por unidad (ya conocido o estimado de datos pasados), la probabilidad de encontrar defectos en una unidad es: $\frac{e^{-\bar{c}} \bar{c}^c}{c!}$

La desviación estándar está dada por $\sqrt{\bar{c}}$, de aquí que los límites de control son:

$$LC = \frac{\text{número total de defectos observados}}{\text{número total de muestras inspeccionadas}}$$

$$LSC = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$LIC = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

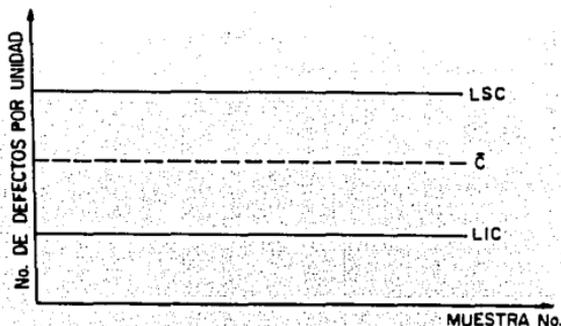


Fig. 3.8

- Carta u

Una carta c de número de defectos es usada para un producto de tamaño constante, mientras que una carta u es usada para un producto que varía de tamaño. Las siguientes fórmulas son útiles para elaborar una carta de control u.

Para determinar la cantidad de defectos por unidad para subgrupos se

tiene:
$$u = \frac{\text{cantidad de defectos por subgrupo}}{\text{cantidad de unidades por subgrupo}} = \frac{c}{n}$$

y para encontrar \bar{u} , se usa la siguiente fórmula:

$$\bar{u} = LC = \frac{\text{total de defectos de todos los subgrupos}}{\text{total de unidades para todos los subgrupos}} = \frac{\sum c}{\sum n}$$

$$LSC = u + \frac{3\sqrt{u}}{\sqrt{n}}$$

$$LIC = u - \frac{3\sqrt{u}}{\sqrt{n}}$$

Nota: La carta c y u son las mismas, la diferencia es que en la carta c el número de defectos por pieza se toma de cada muestra y en la carta u se registran los defectos por pieza.

Carta de control \bar{x} , S y R

Ejemplo: Sea una fábrica que produce varillas de acero, para presfuerzo de concreto en la cual se desea ejercer control sobre el peso de las mismas. Para ello, se seleccionan veinte muestras aleatorias de cinco varillas de 12.7 mm de diámetro cada una, obteniéndose los valores que se reporten en la tabla siguiente:

Numero de muestra	Valores individuales del peso, Kg					Promedio Aritmético \bar{x}	Rango R	Desviacion estandar S_x
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5			
1	11.1	9.4	11.2	10.4	10.1	10.44	1.8	0.6651
2	9.6	10.8	10.1	10.8	11.0	10.46	1.4	0.5276
3	9.7	10.0	10.0	9.8	10.4	9.98	0.7	0.2400
4	10.1	8.4	10.2	9.4	11.0	9.82	2.6	0.8727
5	12.4	10.0	10.7	10.1	11.3	10.90	2.4	0.8832
6	10.1	10.2	10.2	11.2	10.1	10.36	1.1	0.4224
7	11.0	11.5	11.8	11.0	11.3	11.32	0.8	0.3059
8	11.2	110.0	10.9	11.2	11.0	10.86	1.2	0.4454
9	10.6	10.4	10.5	10.5	10.9	10.58	0.5	0.1720
10	8.3	10.2	9.8	9.5	9.8	9.52	1.9	0.6493
11	10.6	9.9	10.7	10.2	11.4	10.56	1.5	0.5083
12	10.8	10.2	10.5	8.4	9.9	9.96	2.4	0.8357
13	10.7	10.7	10.8	8.6	11.4	10.44	2.8	0.9562
14	11.3	11.4	10.4	10.6	11.1	10.96	1.0	0.3929
15	11.4	11.2	11.4	10.1	11.6	11.14	1.5	0.5352
16	10.1	10.1	9.7	9.8	10.5	10.04	0.8	0.2800
17	10.7	12.8	11.2	11.2	11.3	11.44	2.1	0.7116
18	11.9	11.9	11.6	12.4	11.4	11.84	1.0	0.3382
19	10.8	12.1	11.8	9.4	11.6	11.14	2.7	0.9708
20	12.4	11.1	10.8	11.0	11.9	11.44	1.6	0.6086
						213.20	31.80	11.3211

Solución:

Puesto que se desconoce la media del proceso, ésta se puede estimar en forma insesgada mediante: $\bar{x} = \frac{1}{20} \sum_{i=1}^{20} \bar{x}_i$

entonces: $\bar{x} = \frac{1}{20} (213.20) = 10.66$

Ahora se obtendrán los límites inferior y superior de control estimando primero a σ mediante los rangos de las muestras y después mediante las desviaciones estándar correspondientes:

a) Estimando a σ mediante los rangos de las muestras, el valor de \bar{R} es:

$$= \frac{1}{20} \sum_{i=1}^n R_i$$
$$\bar{R} = \frac{1}{20}(31.80) = 1.59$$

Así los límites de control para la carta de los promedios son: $\bar{x} \pm A_1 \bar{R}$

de la tabla 3.1, para $n = 5$ se obtiene $A_2 = 0.577$ quedando:

$$10.66 + 0.577 (1.59)$$

Por lo tanto:

$$\begin{aligned} LC &= 10.66 \\ LSC &= 10.66 + 0.92 = 11.58 \\ LIC &= 10.66 - 0.92 = 9.74 \end{aligned}$$

b) Estimando a σ mediante las desviaciones estándar de las muestras, el valor de $\bar{\sigma}$ es: $\bar{\sigma} = \frac{1}{20}(11.32) = 0.57$

Así los límites de control son: $\bar{x} \pm A_1 \bar{\sigma}$

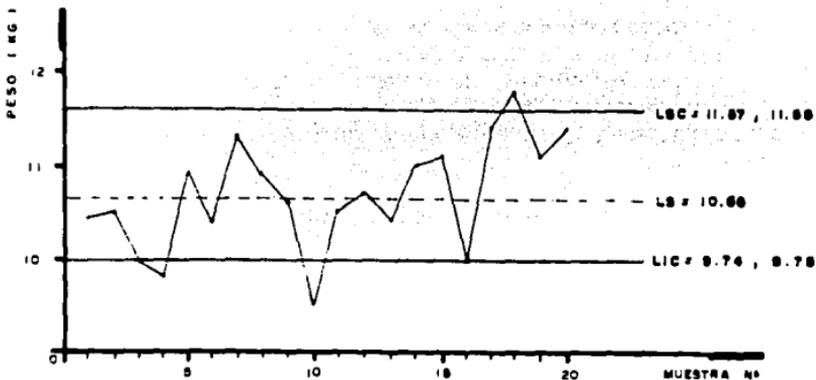
de la tabla 1 para $n=5$ se obtiene $A_1=1.596$ quedando:

$$10.66 \pm 1.596 (0.57)$$

Por lo tanto:

$$\begin{aligned} LC &= 10.66 \\ LSC &= 10.66 + 0.91 = 11.57 \\ LIC &= 10.66 - 0.91 = 9.75 \end{aligned}$$

En la sig. figura se muestra la carta de control obtenida:



CARTAS DE CONTROL X y S PARA PESO EN VARILLA DE ACERO

NOTA :

Si el proceso no está bajo el control (indicado por puntos fuera de los límites establecidos), deben revisarse los límites calculados para obtener un proceso controlado. Una regla práctica para el cálculo de los nuevos límites es eliminar a los puntos fuera de control y con los restantes calcular la nueva \bar{X} y \bar{R} o \bar{S} según el caso; este procedimiento debe continuarse hasta que los puntos caigan dentro de los límites de control. Lo anterior aunque no tiene una justificación teórica, se basa en que la situación de dichos puntos puede deberse a una causa asignable.

Ejemplo: Carta de control c

En el proceso de soldadura de dos placas de acero para un puente peatonal, diariamente se alcanzan a soldar 8 juntas y en cada una de ellas se observa el número de defectos existentes. Con la información correspondientes a 3 días de labor que se presenta en la tabla siguiente, se desea elaborar una carta de control para el número de defectos por junta soldada.

NUMERO DE LA JUNTA SOLDADA	FECHA	NUMERO DE DEFECTOS
1	JULIO 18	2
2		4
3		7
4		3
5		1
6		4
7		8
8		9
9	JULIO 19	5
10		3
11		7
12		11
13		6
14		4
15	JULIO 20	9
16		9
17		6
18		4
19		3
20		9
21		7
22		4
23		7
24	12	

Solución:

Empleando los valores reportados en la tabla anterior el valor de \bar{c} resulta:

$$\bar{c} = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} C_i = \frac{1}{24} (144) = 6$$

Así, el límite central (LC) quedará como $\bar{c} = 6$
Por lo tanto, se consideran las siguientes fórmulas:

$$\bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}} = 6 \pm 3\sqrt{6} = 6 \pm 7.35$$

Finalmente, los parámetros de la carta c son:

$$LC = 6$$

$$LSC = 6 + 7.35 = 13.35$$

$$LIC = 6 - 7.35 = -1.35 \text{ pero se considera como LIC}=0$$

Puesto que el número de defectos no puede ser negativo se fija el límite inferior de control igual a cero.

Por lo tanto, la carta de control es la siguiente:

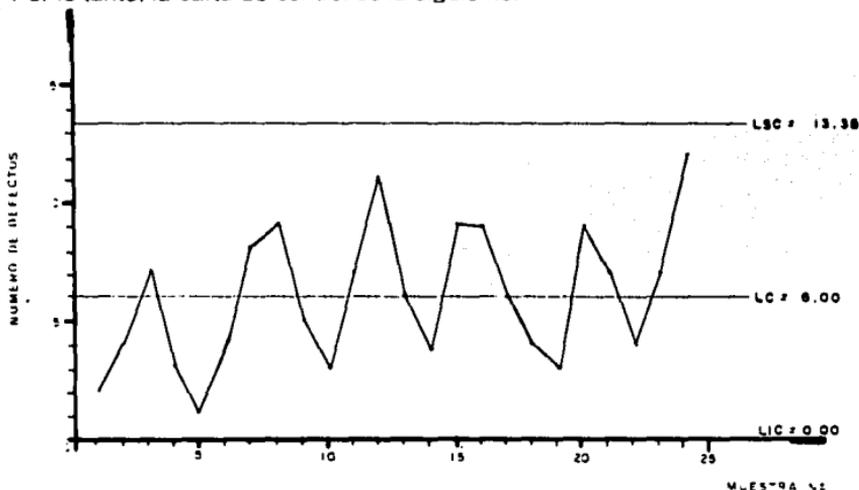


Fig. 3.11 Carta de control c para las juntas soldadas.

3.11 CONFIABILIDAD

La confiabilidad se puede considerar como la medida estadística de la probabilidad de que un elemento o producto no falle cuando esté en servicio durante un tiempo de duración prevista y bajo las condiciones de operación predeterminadas. Es decir, el producto del que se puede esperar que realice la función para la cual fue diseñado en el momento en que se le necesite.

Considerando R como cantidad, tiene como medida un número situado en el intervalo:

$$0 \leq R \leq 1$$

Una confiabilidad de $R=0.90$ significa que hay 90% de probabilidades de que el material o elemento, funcione adecuadamente sin fallas. Una confiabilidad de $R=1$ no puede obtenerse, puesto que la falla es absolutamente imposible. Contrariamente, la confiabilidad de $R=0$ significa falla total.

CAPITULO 4

4. NORMALIZACION

4.1 CONCEPTOS BASICOS DE LA NORMALIZACION

A) Conceptos de Normalización

La normalización desde el punto de vista técnico es básicamente comunicación entre productor y comprador, entre importador y exportador, pues constituye un idioma común a base de términos técnicos, definiciones, símbolos, métodos de prueba y procedimientos que facilitan la confianza y agiliza el entendimiento. Es una disciplina que se basa en resultados ciertos, adquiridos por la ciencia, la técnica y la experiencia. Normalizar significa ordenar y como consecuencia, resultan las normas que son herramientas de organización y dirección.

La norma técnica.- Es el fin concreto de la normalización y es un documento que sirve como referencia para juzgar un producto o una función. La norma es una visión colectiva de la tecnología sobre un producto o función. En resumen, la norma es el elemento indispensable para llevar a cabo correctamente el control de calidad de bienes y servicios.

B) Objetos de la normalización.- Son todos aquéllos que puedan o merezcan ser normalizados como: productos, conceptos, procesos, servicios, funciones, sistemas, etc.

1.- Normas Técnicas

- Normalización de productos.- De principio se consideró la actividad productiva de bienes, de mercancías como: tornillos, ladrillos, láminas, tuberías, etc., considerando aspectos puramente dimensionales de los productos para garantizar su interconexión o intercambialidad y algunas otras características físicas, hasta pasar paulatinamente, a la especificación de características químicas, eléctricas, bioquímicas, etc.

Más tarde la normalización de productos se amplía, especificando la durabilidad, el funcionamiento o el valor de su utilidad, capacidad para su mantenimiento, posibilidad de reparación y hasta la posibilidad de reutilización, el ahorro de energía y la no contaminación.

- **Normalización de conceptos.**- Las normas sobre productos originaron la normalización de conceptos. La necesidad de tener un lenguaje común, hacen surgir las normas sobre símbolos, definiciones, términos, dibujos que ayuden o universalizar el reconocimiento como es el caso del Sistema Internacional de Unidades (SI) que es un acuerdo básico para poder desarrollar una Normalización Nacional y una metrología realmente unificada a nivel nacional e internacional.
- **Normalización sobre métodos y funciones.**- La utilidad de la normalización ha llegado a infinidad de campos en los que el ser humano siente la necesidad de organizar y controlar sus actividades, así pues la normalización toma más valor pero a la vez se hace más compleja, esta complejidad se refleja en los métodos de medición, en la precisión, exactitud requerida, y en la necesidad de la unificación tanto a nivel empresarial y nacional, así como internacional.
- 2. - **Normalización administrativa.**- Es el establecimiento de los requisitos en la actividad del hombre y métodos o procedimientos para cumplirlos. Algunos ejemplos los tenemos en el establecimiento de procedimientos para la recepción de personas en una institución, para compras, almacenaje, pedidos, reuniones, mensajería, limpieza, recepción de máquinas, aparatos, recepción de enfermos, vigilancia, así como para todo tipo de acciones que se necesite o se quiera dirigir y controlar.

4.2 PRINCIPIOS CIENTIFICOS DE LA NORMALIZACION

Espacio de la normalización.- Este concepto presentado por el Dr. Verman permite identificar primero y definir después a una norma a través de su calidad funcional, apoyándose en varios atributos a la vez, representados por tres ejes: los aspectos, los niveles, y el dominio de la normalización. La finalidad de este espacio es el de ilustrar tres atributos importantes de la problemática de la normalización, aclarando que este espacio no puede ser tomado como concepto matemático de variables continuas ni discretas.

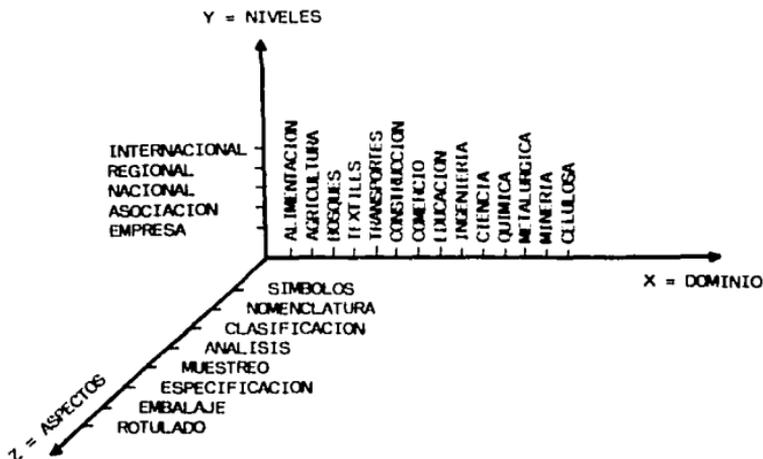


Fig. 4.1 ESPACIO DE LA NORMALIZACION

- Dominio de la normalización (eje X)

En este eje se marcan las actividades económicas de una región, un país o grupo de países: la ciencia, la educación, la medicina, la metalurgia, la agricultura, la industria alimentaria, la fruticultura, etc. Un objeto de la normalización puede pertenecer a más de un dominio, por ejemplo: el cemento portland pertenece a la industria química, al comercio y a la construcción.

- Aspectos de la normalización (eje Z)

Un aspecto de la normalización es un grupo de exigencias semejantes o ligadas. La norma de un objeto puede referirse a un solo aspecto, por ejemplo: nomenclatura, símbolos, muestreo o definiciones. O bien puede comprender varios aspectos como es el caso general de las normas de productos que cubren: definiciones, dimensiones, especificaciones, métodos de pruebas, muestreo, etc.

- Niveles de la normalización (eje Y)

Cada nivel de la normalización está definido por un grupo de personas que utilizan la norma y que son: empresa, asociación, nación o grupo de naciones. Un objeto de la normalización puede pertenecer a varios niveles a la vez. La norma de un producto se origina dentro de una empresa, esta norma empresarial puede ser tomada por todo un grupo de empresas similares, y posteriormente discutirse y aprobarse como una norma nacional y también proponerla como proyecto de norma internacional.

4.3 PROPOSITOS DE LA NORMALIZACION

A) Propósitos

En términos generales puede considerarse que los propósitos de la Normalización son los siguientes:

- Realizar una economía total en términos de: costo, esfuerzo humano y conservación de elementos fundamentales, usando de preferencia materiales fácilmente obtenibles.
- Garantía máxima de la utilidad, que conduce a la simplificación, racionalización, intercambiabilidad y reducción de los componentes.
- Posibilitar la producción masiva y así propiciar economías de escala, con volúmenes que permita atender el mercado interno y las exportaciones competitivas de precio y calidad.

B) Objetivos de la Normalización

La normalización nos permite fijar niveles de calidad, reducir la diversificación de modelos y asegurar la intercambiabilidad a través de sus tres principios fundamentales que son: especificar, simplificar y unificar.

- Especificar los requisitos que deben de cumplir los productos y servicios.
- Simplificar diferentes tipos de un producto a un número capaz de cubrir las necesidades del mercado.
- Unificar definiendo requisitos dimensionales. La norma fija ciertos requisitos a los productos con el fin de hacer posible su complementación e intercambiabilidad de dichos productos.

C) Ventajas de la Normalización

Las ventajas de la normalización son múltiples que a corto o largo plazo se obtienen, éstas son:

1.- Para los productores

- Organización racional de la fabricación desde materia prima hasta el producto terminado.
- Documentación técnica actualizada.
- Eliminación de desperdicios.
- Incremento de la producción.
- Abatimiento de los costos.
- Supresión de la competencia desleal.

2.- Para los consumidores

- Garantías precisas de calidad, regularidad, seguridad e intercambiabilidad.
- Acceso a información técnica.
- Posibilidad de comparar ofertas.
- Precios menores para igualdad de servicios.
- Facilidad para hacer los pedidos.
- Reducción de los plazos de entrega.
- Mayor información (marcas o sellos que indican la conformidad con normas, etiquetado informativo, pruebas comparativas).

3.- Para la economía en general

- Mejoramiento de la producción en cantidad y calidad.
- Mayor certeza de satisfacer la oferta y la demanda.
- Menos litigio.
- Reducción de costos de distribución.
- Establecimiento progresivo de un catálogo de los productos nacionales.
- Aumento de la producción nacional.
- Mejora de la posición competitiva en el mercado internacional.

4.4 CLASIFICACION DE LAS NORMAS

Por su esencia o naturaleza pueden clasificarse como sigue:

- a) **Normas básicas o fundamentales.-** Son aquéllas que definen conceptos fundamentales de la ciencia y de la técnica, tales como unidades, símbolos, terminologías, definiciones, norma de normas, formato de papeles, dibujos, clasificación de documentos, etc.
- b) **Normas industriales.-** Son aquéllas que establecen las referencias respecto a las cuales se define, clasifica y grafica un material, producto o procedimiento, para que satisfaga las necesidades de uso a que esté destinado. En este grupo están comprendidas las siguientes clases de normas:
 - **Normas de calidad.-** Mediante especificaciones determinar el conjunto de características físicas o químicas que debe tener un material, elemento o producto, con el fin de que sea útil para el uso que se le destine.
 - **Normas dimensionales.-** Definen formas, dimensiones y tolerancias de elementos, piezas y objetos.
 - **Normas de métodos de prueba.-** Contienen las disposiciones que regulan los sistemas y procedimientos de prueba elegidos, incluyendo los procesos de muestreo, análisis químico, pruebas físicas, descripción del equipo utilizado e ilustraciones.
Por ejemplo; el ensaye de la probeta de una varilla que incluye muestreo, verificación de dimensiones, inspección metalúrgica, prueba a la tensión, todo esto apoyándose de ilustraciones necesarias.
 - **Normas de seguridad.-** Tratan sobre las medidas que deben tomarse para preveer y evitar accidentes en los trabajadores, por ejemplo: equipo de protección personal, requisitos de seguridad para el cuidado de equipo eléctrico, nivel de concentración de sustancias tóxicas permitidas en la atmósfera, etc.

4.5 ESPECIFICACIONES

Las especificaciones son la descripción escrita que incluyen: dibujos, planos, gráficas e información sobre los materiales, involucrando su control de calidad y la fuente donde los pueden obtener.

De la misma manera, se puede definir a la Norma como un conjunto de especificaciones para piezas, materiales o procesos establecidos con el fin de lograr la conformidad, eficiencia y calidad deseada.

El código es un libro en el que se contemplan las palabras o términos más comunes en el campo en cuestión, poniendo junto a cada uno de ellos, un grupo arbitrario de letras o números que servirá para su posterior identificación.

En el medio de la construcción se han adoptado los siguientes tipos de especificaciones:

- a) Normas o especificaciones generales.- Su función es la de escribir los métodos de prueba establecidos, señalar los límites de calidad comúnmente aceptados y recomendar los procedimientos generales que conciernen a los trabajos de laboratorio o de obra.

Como ejemplo de estas especificaciones se encuentran las de alcance internacional como la ISO (International Standards Organization), ASTM (American Society of Testing and Materials), ACI (American Concrete Institute), AWS (American Welding Society), AASTHO (American Association of State Highway and Transportation Officials), etc.

Dentro de especificaciones nacionales se encuentran las de la Dirección General de Normas DGN que emite las Normas Oficiales Mexicanas NOM, como son: las de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes SCT, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos SARH, CFE, PEMEX, etc y las Normas Mexicanas NMX, que son las autorizadas por la DGN, para establecer los métodos de prueba y límites que deben emplearse para el control de calidad de materiales, así como para toda la industria nacional.

- b) Especificaciones particulares.-Estas deben señalar los requisitos del proyecto, los límites especiales de calidad que se hayan fijado y los

procedimientos especiales para la construcción. Estas quedan bajo la responsabilidad del proyectista o constructor.

- c) Especificaciones complementarias.- Son las que se indican en el proyecto de una obra en particular.

4.6 NORMALIZACION NACIONAL

a) Antecedentes.

En nuestro país se hace notar la preocupación por el establecimiento de normas mexicanas que coadyuven a mejorar la calidad de los productos manufacturados, subordinados primordialmente a la naturaleza, magnitudes y propiedades físicas o químicas de las materias primas susceptibles de medida.

La Dirección General de Normas (DGN), órgano oficial del gobierno dependiente de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), está facultada para llevar a cabo en materia de normalización las siguientes funciones:

- Preparar las normas nacionales, previo reconocimiento de las pruebas técnicas y especificaciones practicadas en los laboratorios de investigación.
- Organizar grupos de industriales que se encarguen de hacer la mejor selección de productos a normalizar.
- Realizar una labor de propaganda y convencimiento a fin de que los productores en su propio beneficio, establezcan las calidades de sus artículos, seleccionando, identificando y garantizando tipos y modelos.
- Formular un directorio de productos que haya cumplido con los requisitos señalados en el punto anterior, con el propósito de distribuirlo en las agencias de economía.
- Instruir a las oficinas federales, estatales y municipales en la preparación y aplicación de las normas de producción.
- Auxiliar al Gobierno Federal en la tarea de efectuar sus compras.

Para obtener un buen producto, es necesario, en primer lugar, estudiarlo y definirlo, estableciendo una serie de especificaciones con sus respectivas magnitudes y tolerancias que garanticen las condiciones mínimas que debe reunir para que satisfaga las necesidades de uso a que está destinado y permitan su fabricación industrial.

Dichas especificaciones deben corresponder lo más posible a normas de empresas nacionales o internacionales.

Actualmente la Dirección General de Normas (DGN), tiene a su cargo la emisión de Normas Nacionales mediante el Diario Oficial de la Federación.

El alcance de dichas normas se limita a establecer las especificaciones, nomenclatura, terminología y métodos de prueba para todo tipo de productos y servicios que se comercializan en el territorio nacional.

El procedimiento para la elaboración de una norma se inicia con una petición de cualquier sector interesado para establecer una Norma Oficial Mexicana (NOM) o Norma Mexicana (NMX) específica, la cual después de un análisis de prioridades sobre temas a normalizar, llega a incorporarse en el programa anual de normalización; posteriormente se procede a realizar investigaciones bibliográficas e industriales, consultas con expertos para obtener un anteproyecto de la Norma, que después se somete a la consideración de todos los sectores que pudiesen verse involucrados con la expedición de esa Norma, como son: el productor, consumidor e interesados en general que comprenden instituciones de investigación, dependencias oficiales, etc.

Dado el anteproyecto, éste debe ser aprobado por un grupo facultado en la materia, donde el grupo puede conformarse como Comité Consultivo Nacional de Normalización o como Comités Técnicos de Normalización, dicho anteproyecto se convierte en Norma Oficial Mexicana (NOM) o Norma Mexicana (NMX) mediante su publicación en el Diario Oficial de la Federación. Este proceso suele tardar entre 3 meses y 2 años para completarse, dependiendo de la cantidad de investigaciones que se requiera realizar y el interés de los sectores involucrados.

En cada sesión de consulta a efectuarse podrán surgir intereses divergentes que exigen una moderación enérgica para no desvirtuar el contenido de la norma, evitando favoritismos para así cumplir con los objetivos fundamentales.

b) Estructura Organizacional.

La DGN emite normas apoyándose en dos mecanismos:

1. Por medio de Comités Técnicos de Normalización coordinados por la misma DGN.

2. Por medio de los Comités Consultivos Nacionales de Normalización coordinados por cada dependencia directamente involucrada.

1.- Normalización por Comités Técnicos.

Los Comités Técnicos de Normalización son organismos cuya creación ha sido propiciada por la DGN, estas agrupaciones que están compuestas por Cámaras y Asociaciones que reúnen a sectores industriales especializados que han intervenido en organizaciones industriales, comerciales, de crédito, culturales y centros de investigación a las cuales se les concede las facultades siguientes:

- Participar en la Normalización Nacional, Regional e Internacional.
- Efectuar reuniones con la industria para discutir proyectos de normas de cualquier índole.
- Tener a su cargo una o varias Secretarías Auxiliares de los Comités Técnicos de Normalización.
- Estudiar anteproyectos en subcomités y equipos de trabajo, los cuales posteriormente son remitidos a la DGN para su aprobación y promulgación como Norma Mexicana NMX.

Los Comités Técnicos de Normalización se han considerado como los instrumentos idóneos para el verdadero trabajo de normalización; el trabajo de estos comités ha consistido en integrarse con los representantes directos de los productores, consumidores, organismos de investigación, instituciones de profesionales, etc. Tratando de encontrar el equilibrio entre los recursos y necesidades nacionales en relación con cada objeto a normalizar (productos, métodos, etc.).

Una institución que pretenda ser sede de un Comité debe contar con las características siguientes:

- Gran interés por la Normalización.
- Recursos económicos suficientes para destinarlos al trabajo de la Normalización.
- Suficiente representación técnica, es indispensable comprobar el nivel tecnológico adecuado.
- Suficiente representatividad dentro del sector correspondiente.

Para la formación de un comité, debe elegirse un Consejo Directivo formado por representantes de todos los sectores tanto oficiales como privados. Este consejo debe estar formado por un Presidente, un Secretario, un Tesorero, y como vocales las intituiciones que formen parte del sector interesado, así como los coordinadores de los subcomités. Como coordinadora funge la DGN, que es el enlace entre los subcomités y Consejo Directivo así como entre los demás comités existentes.

Una vez integrado el Consejo Directivo, se crean los subcomités de normalización, dedicados a la elaboración de los anteproyectos de normas nacionales, así como la revisión de las mismas y son la autoridad máxima técnica en su rama específica correspondiente.

Los subcomités están integrados por representantes de los productores y consumidores y organismos de investigación, del producto que se está normalizando. El coordinador es el elegido por los miembros que integran el subcomité.

El anteproyecto de norma, es estudiado por el subcomité de normalización de la rama apropiada. Estudiado y aprobado el anteproyecto por el subcomité, es enviado a encuesta a los sectores productivos y de interés general, invitando a las partes interesadas a exponer sus opiniones en periodos de 30 a 60 días por lo regular.

Las opiniones y comentarios al proyecto de la Norma, enviado a encuesta pública, son recibidas por el Consejo Directivo y enviadas para su discusión al Subcomité respectivo. De ser aceptadas las proposiciones hechas, se introducen las correcciones y se admite la conformidad del proyecto de Norma con las observaciones de las partes interesadas. En caso de no ser admitidas se convoca a una reunión con los que emiten las opiniones para discutir las hasta llegar a un acuerdo.

El proyecto de Norma aprobado lleva a la DGN para su aprobación. Ya aprobado por dicha Dirección, ésta envía al Diario Oficial de Federación el título del proyecto para que sea publicado y quede así establecida como Norma Mexicana (NMX).

El Comité Técnico de Normalización presenta anualmente un plan de trabajo a la DGN. Las normas que elabore el subcomité deberán apegarse a la NOM Z-13 "Guía para la redacción, estructuración y presentación de Normas Mexicanas".

2.- Normalización por Comités Consultivos Nacionales

Los Comités Consultivos Nacionales de Normalización elaboran las normas y están integrados por personal técnico de las dependencias competentes, éstas organizan los comités y fijan las reglas para su operación. Las resoluciones de los Comités Consultivos Nacionales son tomadas por consenso o por mayoría de votos de los miembros. Para que sean válidas deberán votar favorablemente cuando menos la mitad de las dependencias representadas en el comité.

En materia de normalización corresponde a las dependencias las siguientes actividades según su competencia:

- Contribuir con las propuestas de Normas Oficiales Mexicanas.
- Expedir Normas Oficiales Mexicanas relacionadas a sus atribuciones.
- Constituir los comités de evaluación y consultivos nacionales de normalización y prestarles el asesoramiento necesario.
- Certificar, verificar e inspeccionar que los productos, procesos, métodos e instalaciones cumplan las Normas Oficiales Mexicanas.
- Aprobar, previo a su acreditamiento, la operación en su área de competencia de los organismos nacionales de normalización, de certificación, laboratorios de prueba y unidades de verificación.
- Integrar el Programa Nacional de Normalización con las NOM y NMX que se pretendan elaborar anualmente.
- Mantener la colección de Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas así como las Normas Internacionales.

4.7 ESTRUCTURACION DE LAS NORMAS

4.7.1. Elementos preliminares

- a) **Portada.-** Proporciona la información relativa al documento y a su validez.
- b) **Prefacio.-** Da la información relativa a la norma y proporciona la lista de los organismos que participaron en su elaboración. Además puede contener:
 - Razones que motivaron la preparación de la norma y el desarrollo técnico del problema.
 - Relación de la norma con otras normas.
 - Cancelación o sustitución total o parcial de las normas.
 - Aclaraciones de que algunas partes del documento no forman parte del cuerpo de las normas.
- c) **Índice del contenido.-** Recomendado cuando el texto de la norma es mayor de ocho páginas. Debe mencionar las divisiones y los apéndices, así como tablas y figuras.

4.7.2. Elementos generales que introducen al contenido técnico de la norma.

- a) **Título.-** Debe ser preciso y conciso, evitando confusiones con normas ya existentes o detalles innecesarios. Puede componerse de elementos separados, partiendo de lo general a lo particular.
- b) **Introducción.-** Especifica el propósito que se desea obtener mediante la normalización.
- c) **Objetivo.-** Define el propósito del documento, complementa o amplía la información dada por el título. No debe ser usado para señalar especificaciones.
- d) **Campo de aplicación.-** Su propósito es establecer los límites de aplicabilidad de la norma o partes de la misma.

- e) **Referencias.**- Proporciona una relación completa de otras Normas Mexicanas (NMX) que sea indispensable consultar para la aplicación de la norma.
- f) **Definiciones.**- Son necesarias para el entendimiento de ciertos términos usados en la norma.
- g) **Símbolos y abreviaturas.**- Elementos opcionales que incluyen una relación de símbolos y abreviaturas usados en la norma.

4.7.3. Elementos que constituyen el contenido técnico de la norma.

- a) **Terminología.**- En este elemento se incluyen términos que no están incluidos en la Norma Mexicana correspondiente a terminologías.
- b) **Clasificación y designación del producto.**- Aquí se establece un sistema de clasificación y designación codificada de los productos que cumplan con los requisitos establecidos
- c) **Especificaciones.**- Este elemento establece:
 - Todas las especificaciones nominales requeridas para el producto cubierto por la norma, que pueden ser: formas geométricas, dimensiones, requisitos de seguridad y otros.
 - Los valores límites o tolerancias de éstas especificaciones.
 - Los métodos de prueba para determinar o verificar los valores de estas especificaciones.

Deben incluirse dibujos para facilitar la comprensión.

- d) **Materiales.**- Este elemento contiene las especificaciones correspondientes a las materias primas o materiales del producto.
- e) **Muestreo.**- Aquí se especifica las condiciones y criterios del muestreo, así como el método para el tratamiento de las muestras.
- f) **Métodos de prueba.**- Da las instrucciones relativas al procedimiento normalizado que debe seguirse, para determinar los valores de las especificaciones o para comprobar el cumplimiento de los requisitos establecidos.

g) **Marcado, etiquetado, envase y embalaje.**- Todos estos elementos definen como debe hacerse las marcas e identificaciones, la correcta utilización del material y la proporción de datos necesarios y especificaciones para el envase y embalaje de los productos de acuerdo con las disposiciones y reglamentos oficiales vigentes.

4.7.4 Elementos complementarios

- a) **Apéndice.**- Pueden formar parte o no del cuerpo de la norma y su finalidad es proporcionar información adicional.
- b) **Notas al pie de página.**- Proporcionan información adicional sin que sea parte integral del cuerpo de la norma.
- c) **Bibliografía.**- Proporciona la relación de obras u otras normas en las que hubo apoyo para la elaboración de la norma.
- d) **Concordancia con las normas internacionales.**- Aquí se menciona la correspondencia de las normas de otros países con las mexicanas.
- e) **Apéndices que no forman parte de la norma.**- Este elemento contiene información que puede ser obvia o no necesaria, pero que pretende complementarla.

4.8 METROLOGIA

4.8.1 Conceptos Básicos

Metrología.- Es la ciencia que trata el estudio y conocimiento de las medidas, sistemas de unidades adoptados, patrones de medición e instrumentos usados para efectuarlas e interpretarlas.

La metrología se ha clasificado de la siguiente forma:

- a) **Metrología Legal.-** Es la usada en las concesiones comerciales y productivas, bajo legislación formulada en beneficio de la seguridad hacia la sociedad, esta tarea le compete al Estado a través de la oficina de Pesas y Medidas dependiente de la DGN.

Dentro de las actividades que corresponden a esta parte se encuentran las siguientes:

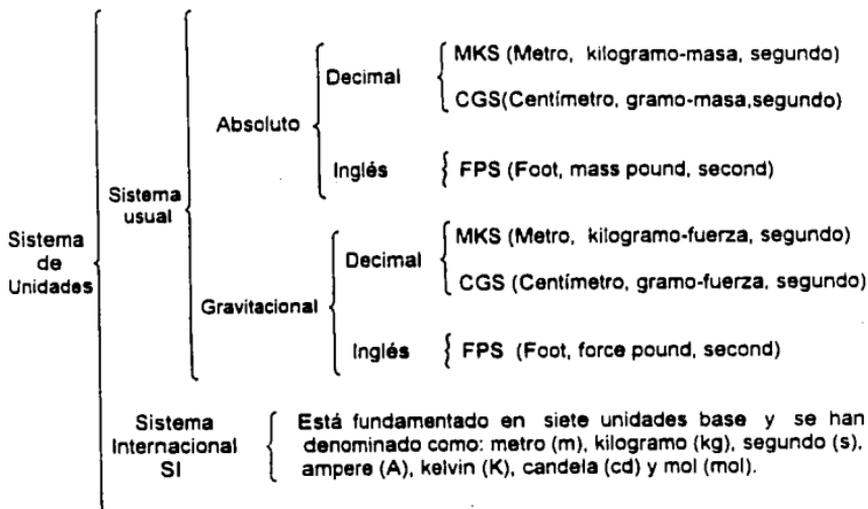
1. **Calibración.-** Por medio del Sistema Nacional de Calibración, el gobierno procura la uniformidad y confiabilidad de las mediciones hechas por instrumentos y aparatos, en todo el país.
 2. **Certificación de equipos de medición.-** Las dependencias certifican para fines oficiales, que procesos, productos, métodos e instalaciones, cumplen las especificaciones establecidas en las NOM. Esta actividad se lleva a cabo por organismos de certificación acreditados.
 3. **Acreditamiento de laboratorios.-** Mediante el Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas, se otorga el reconocimiento oficial a aquellos laboratorios que cuenten con la capacidad para realizar determinadas pruebas específicas, tomando en cuenta la confiabilidad técnica de los servicios que presten.
- b) **Metrología Aplicada.-** Es la practicada en las mediciones para pruebas y análisis de materiales, funcionamiento de maquinaria y equipos para verificación.
- c) **Metrología Básica.-** Es la que se efectúa para el establecimiento, mantenimiento y mejoramiento de las normas básicas. Esta actividad debe ser desempeñada por laboratorios nacionales debidamente equipados y atendido por personal capacitado.

En los siguientes subtemas se trata sobre sistemas de unidades, instrumentos de medición y calibración, la aplicación adecuada de estos conceptos lleva al mejoramiento de la producción y mejor tratamiento de los materiales.

4.8.2 Unidades y Sistemas de Unidades

A).- Sistemas absoluto y gravitacional

Para usos científicos y tecnológicos, los sistemas de unidades se clasifican así, atendiendo la visión de su empleo y según la terna de unidades elegidas.



Un sistema dimensional puede ser definido como el menor número de dimensiones fundamentales que es capaz de formar un conjunto consistente y completo para ser usado en determinado campo de interés. Para los trabajos en ingeniería se estima lo siguiente:

1. En un sistema absoluto de dimensiones la longitud (L), el tiempo (T) y la masa (M) son consideradas como dimensiones fundamentales y la fuerza (F), como dimensión derivada.
2. En un sistema gravitacional las dimensiones fundamentales son la longitud (L), el tiempo (T) y la fuerza (F), la masa (M) como magnitud derivada.

Unidades de fuerza en los sistemas usuales absolutos (basados en la segunda ley de Newton).

a) En el sistema M.K.S.(abs): $1 \text{ New (N)} = \frac{\text{kg}_m \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$

b) En el sistema C.G.S.(abs): $1 \text{ dina} = \frac{\text{g}_m \cdot \text{cm}}{\text{s}^2}$

c) En el sistema F.P.S.(abs): $1 \text{ poundal} = \frac{\text{lb}_m \cdot \text{ft}}{\text{s}^2}$

Unidades de fuerza en los sistemas usuales gravitacionales (basados en la segunda ley de Newton).

a) En el sistema M.K.S. (grav): $1 \text{ geokilo} = \frac{\text{kg}_f \cdot \text{s}^2}{\text{m}}$

b) En el sistema C.G.S. (grav): $1 \text{ geogramo} = \frac{\text{g}_f \cdot \text{s}^2}{\text{cm}}$

c) En el sistema F.P.S.(grav): $1 \text{ slug} = \frac{\text{lb}_f \cdot \text{s}^2}{\text{ft}}$

Unidades de presión en los sistemas usuales absolutos.

a) En el sistema M.K.S.(abs): $1 \text{ pascal} = \frac{1 \text{ N}}{\text{m}^2}$

b) En el sistema C.G.S. (abs): $1 \text{ baria} = \frac{\text{dina}}{\text{cm}^2}$

c) En el sistema F.P.S. (abs): $(\text{unidad sin nombre}) = \frac{\text{poundal}}{\text{ft}^2}$

Unidades de presión en los sistemas usuales gravitacionales.

a) En el sistema M.K.S. (grav): (unidad sin nombre) = $\frac{kg_f}{m^2}$

b) En el sistema C.G.S. (grav): (unidad sin nombre) = $\frac{gr_f}{cm^2}$

c) En el sistema F.P.S. (grav): (unidad sin nombre) = $\frac{lb_f}{ft^2}$

Resumiendo:

Sistema de unidades	Longitud	Masa	Fuerza	Tiempo
M.K.S. (abs)	metro (m)	kilogramo (kg)	Newton (N)	segundo (s)
C.G.S. (abs)	centimetro(cm)	gramo (g)	dina	segundo (s)
F.P.S. (abs)	pie (ft)	libra (lb)	poundal	segundo (s)
M.K.S. (grav)	metro (m)	geokilo	kilogramo(kg _f)	segundo (s)
F.P.S. (grav)	pie (ft)	slug	libra (lb _f)	segundo (s)

Sistema de unidades	Unidad de presión	Nombre
M.K.S. (abs)	Nw/m ²	Pascal
C.G.S. (abs)	dina/cm ²	baria
F.P.S. (abs)	poundal/ft ²	sin nombre
M.K.S. (grav)	kg _f /m ²	sin nombre
C.G.S. (grav)	g _f /m ²	sin nombre
F.P.S. (grav)	lb _f /ft ²	sin nombre

B).- Sistema Internacional de Unidades (SI)

Este sistema fue adoptado en 1960 y establecido por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM). Asigna una y solamente una, unidad llamada base, a cada una de las dimensiones que ha elegido como fundamentales. En seguida se presentan las tablas que muestran las unidades que componen dicho sistema:

El sistema Internacional de Unidades (SI) comprende:

- a) - Unidades SI de base;
- b) - Unidades SI derivadas;
- c) - Unidades SI complementarias;

a) Unidades (SI) de base

Son siete unidades en la que se fundamenta la estructura del SI

Nombres, símbolos y definiciones de las unidades base

DIMENSION	UNIDAD	SÍMBOLO	DEFINICIÓN
Longitud	metro	m	Es la longitud de la trayectoria recorrida por la luz en el vacío durante un lapso de $1/299\,792\,458$ de segundo (17 ^a a CGPM (1983). Resolución 1)
Masa	kilogramo	kg	Es la masa igual a la del prototipo internacional del kilogramo (1 ^a y 3 ^a CGPM (1889 y 1901).
Tiempo	segundo	s	Es la duración de $9\,192\,631\,770$ periodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del átomo de cesio 133 (13 ^a CGPM (1967). Resolución 1)
Temperatura termodinámica	kelvin	k	Es la fracción $1/273,16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua (13 ^a CGPM (1967). Resolución 4)
Corriente eléctrica	ampere	A	Es la intensidad de una corriente eléctrica constante que mantenida en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable, colocados a un metro de distancia entre sí en el vacío, producirá entre estos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud (9 ^a CGPM (1948). Resolución 2)
Intensidad luminosa	candela	cd	Es la intensidad luminosa en una dirección dada de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} hertz y cuya intensidad energética en esa dirección es $1/683$ watt por esterradián (16 ^a CGPM (1979). Resolución 3)
Cantidad de sustancia	mol	mol	Es la cantidad de sustancia que contiene tantas entidades elementales como existan átomos en $0,012$ kg de carbono 12 (14 ^a CGPM (1971). Resolución 3)

Fig. 4.3

b) Unidades SI derivadas son unidades que se forman combinando las unidades de base por expresiones algebraicas que relacionan las magnitudes correspondientes de acuerdo a las leyes de la física. En las siguientes tablas se puede ver que las primeras unidades no tienen un nombre especial, en la tabla 4.5 si reciben un nombre especial.

Unidades SI derivadas que tienen nombre especial

MAGNITUD	UNIDAD	SÍMBOLO
Superficie	metro cuadrado	m ²
Volumen	metro cúbico	m ³
Velocidad	metro por segundo	m/s
Aceleración	metro por segundo cuadrado	m/s ²
Número de ondas	metro a la menos uno	m ⁻¹
Masa volúmica densidad	kilogramo por metro cúbico	kg/m ³
Volumen específico	metro cúbico por kilogramo	m ⁻³ /kg
Densidad de corriente	ampere por metro cuadrado	A/m ²
Intensidad de campo eléctrico	ampere por metro	A/m

Fig. 4.4

Unidades SI derivadas que no tienen nombre especial

MAGNITUD	NOMBRE DE LA UNIDAD SI DERIVADA	SÍMBOLO	EXPRESION EN UNIDADES SI DE BASE	EXPRESION EN OTRAS UNIDADES SI
Frecuencia	hertz	Hz	s ⁻¹	
Fuerza	newton	N	m.kg.s ⁻²	
Presión	pascal	Pa	m ⁻¹ .kg.s ⁻²	N/m ²
Trabajo, energía	joule	J	m ² .kg.s ⁻²	N.m
Potencia	watt	W	m ² .kg.s ⁻³	J/s
Carga eléctrica	coulomb	C	s.A	
Diferencia de potencial	volt	V	m ² .kg.s ⁻³ .A ⁻¹	W/A
Capacidad eléctrica	farad	F	m ⁻² .kg.s ⁴ .A ²	C/W
Resistencia eléctrica	ohm	Ω	m ² .kg.s ⁻³ .A ⁻²	V/A
Conductancia eléctrica	siemens	S	m ⁻² .kg.s ⁻¹ .s ³ .A ²	AV
Flujo magnético	weber	Wb	m ² .kg.s ⁻² .A ⁻¹	V.s
Inductancia	henry	H	m ² .kg.s ⁻² .A ⁻²	Wb/A
Flujo luminoso	lumen	lm	cd.sr	
Luminosidad	lux	lx	m ⁻² .cd.sr	lm/m ²
Actividad nuclear	becquerel	Bq	s ⁻¹	
Dosis absorbida	gray	Gy	m ² .s ⁻²	J/kg
Temperatura Celsius	grado Celsius	°C		K
Equivalente dosis	sievert	Sv	m ² .s ⁻²	J/kg

Fig. 4.5

c) Unidades SI suplementarias

Las unidades de ángulo plano y ángulo sólido, que son el radián y el estereorradián respectivamente, tomadas de la geometría. En la tecnología pueden ser consideradas unas veces como unidades bases y otras como derivadas, por lo que se refiere llamarlas unidades suplementarias.

Las definiciones se mencionan en la siguiente tabla:

MAGNITUD	UNIDAD	SÍMBOLO	DEFINICIÓN
Angulo plano	radian	rad	Es el ángulo plano comprendido entre dos radios de un círculo que interceptan sobre la circunferencia de este círculo, un arco de longitud igual a la del radio.
Angulo sólido	estereorradián	sr	Es el ángulo sólido que teniendo su vértice en el centro de una esfera, corta sobre la superficie de esta esfera un área igual a la de un cuadrado que tiene por lado el radio de la esfera.

Fig. 4.6

d) Prefijos SI

Una ventaja del SI es la asignación de prefijos dada a una unidad para formar nuevas unidades, determinando múltiplos y submúltiplos decimales de la unidad original.

La siguiente tabla contiene los nombres, símbolos y valores de dichos prefijos.

NOMBRE	SIMBOLO	VALOR
yotta	Y	10^{24} 1 000 000 000 000 000 000 000
zetta	Z	10^{21} 1 000 000 000 000 000 000 000
exa	E	10^{18} 1 000 000 000 000 000 000
peta	P	10^{15} 1 000 000 000 000 000
tera	T	10^{12} 1 000 000 000 000
giga	G	10^9 1 000 000 000
mega	M	10^6 1 000 000
kilo	K	10^3 1 000
hecto	h	10^2 100
deca	da	10^1 10
unidad		10^0 1
deci	d	10^{-1} 0.1
centi	c	10^{-2} 0.01
mili	m	10^{-3} 0.001
micro	μ	10^{-6} 0.000 001
nano	n	10^{-9} 0.000 000 001
pico	p	10^{-12} 0.000 000 000 001
femto	f	10^{-15} 0.000 000 000 000 001
atto	a	10^{-18} 0.000 000 000 000 000 001
zepto	z	10^{-21} 0.000 000 000 000 000 000 001
yocto	y	10^{-24} 0.000 000 000 000 000 000 000 001

Fig. 4.7

e) Reglas generales para el empleo de las unidades y símbolos

Las principales reglas para la escritura apropiada de los prefijos y símbolos de las unidades del SI son los siguientes:

- 1.- Los nombres de las unidades deben escribirse con minúscula, a menos que aparezcan a principio de un párrafo. Ejemplo: metro, no Metro; joule, no Joule; etc.
- 2.- Los plurales son usados en la forma gramatical con los nombres de las unidades. Ejemplo: metros, pascuales, etc.
- 3.- Los símbolos deben usarse siempre para representar a las unidades, con exclusión de cualesquiera otros. Ejemplo: s, no seg; g, no gm; etc.
- 4.- Los símbolos de las unidades siempre deben escribirse con minúscula, excepto cuando el nombre de la unidad deriva de un nombre propio; en este caso el símbolo se escribirá con mayúsculas: Ejemplo: s, no S; m, no M; W no w; N, no n; etc.

- 5.- Los símbolos de las unidades deben separarse de los valores numéricos por un espacio. Ejemplo: 2.3 m, no 2.3m.
- 6.- El punto ortográfico nunca debe usarse después de un símbolo unitario, excepto cuando este símbolo se encuentra al final de un párrafo. Ejemplo: s, m, g, no s., m., g.
7. Los símbolos de las unidades no deben pluralizarse. El mismo símbolo se usa para representar las formas singular y plural. Ejemplo: 60 kg, no 60 kgs; 12 N, no 12 Ns.
8. Los símbolos unitarios deben usarse con preferencia a los nombres de las unidades. Ejemplo 8 m, no 8 metros.
9. El producto de símbolos o nombres de unidades pueden expresarse por espacio o por puntos. Ejemplo: newton metro, ó newton · metro; Nm, ó N·m
10. Las unidades derivadas compuestas mediante cociente pueden representar por la diagonal, la división o la potencia negativa.
Ejemplo: m/s, ó $\frac{m}{s}$, ó m^{-1} (se lee metro por segundo)
11. No debe utilizarse más de una diagonal a menos que se agreguen paréntesis. En los casos complicados, deben utilizarse potencias negativas o paréntesis. Ejemplo:
· m/s^2 ó $m \cdot s^{-2}$, pero no: m/s/s. Otro ejemplo:
 $m \cdot kg / s^3 \cdot A$ ó $m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$, pero no: $m \cdot kg / s^3 / A$.
12. Para evitar errores de cálculo, los prefijos debe ser reemplazados por las potencias de 10 respectivas, Ejemplo: 1 MJ debe escribirse 10^6 J.
13. Un punto sobre el renglón debe usarse como el marcador decimal. Para números menores que uno, un cero debe escribirse antes del punto decimal. Ejemplo: 0.125, no .125.
14. Las cantidades con varios dígitos deberán ser separados en grupos de tres por una coma o un espacio, contando del punto decimal a la derecha y a la izquierda. Ejemplos: 5,000,000 ó 5 000 000; 0.123,456 ó 0.123 456.

15. Los prefijos o la notación científica pueden usarse para indicar el número de cifras significativas. Ejemplo: 10,000 m, ó 10^4 m; 10 000 km ó $10,000 \times 10^3$ m.
16. Los múltiplos y submúltiplos de las unidades se forman anteponiendo al nombre de éstas, los prefijos correspondientes con excepción de los nombres de los múltiplos y submúltiplos de la unidad de masa en los cuales los prefijos se anteponen a la palabra "gramo". Ejemplo: dag, Mg (decagramo, megagramo).
17. Los símbolos de los prefijos deben ser impresos en caracteres romanos (rectos), sin espacio entre el símbolo del prefijo y el símbolo de la unidad. Ejemplo: mN (milinewton), no m N.
- 18.-Si un símbolo que contiene a un prefijo está afectado de un exponente, indica que el múltiplo o el submúltiplo de la unidad está elevado a la potencia expresada por el exponente. Ejemplo:
 $1 \text{ cm}^3 = (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$.
19. Los prefijos compuestos deben evitarse. Ejemplo: 1 nm (un nanómetro), pero no 1 m μ m. (Un milimicrómetro).

f) Equivalencias entre unidades mecánicas.

EQUIVALENCIAS ENTRE DIFERENTES UNIDADES Y SISTEMAS	
FUERZA	ESFUERZO
1 N = 0 102 kgf	1 Pa = 1 N/m ²
1 daN = 1 02 kgf	1 bar = 1 02 kgf/cm ²
1 kgf = 9 81 N	1 hbar = 1 02 kgf/mm ²
	1 hbar = 1 daN/mm ²

g) Ejemplo de conversión de unidades.

Si el módulo de elasticidad del acero es: $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$

Encontrar el valor en: 1) lb/in^2
2) N/m^2

Solución:

- 1) En lb/in^2 .- Las unidades kgf/cm^2 y lb/in^2 son de la misma especie y tienen el mismo exponente:

Por lo tanto $X \text{ lb/in}^2 = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
despejando X: $X = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2 (\text{in}^2/\text{lbf})$,

$$X = 2.1 \times 10^6 \frac{\text{kgf} \cdot \text{in}^2}{\text{cm}^2 \cdot \text{lbf}}$$

$$\text{como } 1 \text{ kgf} = \frac{1}{0.45359} \text{ lbf} \quad \text{y} \quad 1 \text{ in}^2 = (2.54)^2 \text{ cm}^2$$

$$\text{sustituyendo se tiene: } X = 2.1 \times 10^6 \frac{(2.54)^2}{0.45359} \therefore x = 2.986 \times 10^7 \text{ lb/in}^2$$

- 2) En N/m^2 .- Las unidades kgf/cm^2 y N/m^2 son de la misma especie y tienen el mismo exponente:

$$\text{Por lo tanto: } X = \frac{N}{\text{m}^2} = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{despejando X: } X = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2 \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{N}} \quad \therefore X = 2.1 \times 10^6 \frac{\text{kgf} \cdot \text{m}}{\text{N} \cdot \text{cm}^2}$$

$$\text{De la tabla anterior se tiene: } 1 \text{ kgf} = 9.81 \text{ N} \\ 1 \text{ m}^2 = (100)^2 \text{ cm}^2$$

$$\text{sustituyendo se tiene: } X = 2.1 \times 10^6 \cdot \frac{9.81 \text{ N} \times (100)^2 \text{ cm}^2}{\text{N} \cdot \text{cm}^2}$$

$$\therefore X = 2.060 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

Resumiendo:

$$E = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2 = 2.986 \times 10^7 \text{ lb/in}^2 \\ = 2.060 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

4.8.3 Errores en las mediciones

Al hacer mediciones, las lecturas que se obtienen nunca son exactamente iguales, aún cuando las efectúe la misma persona, sobre la misma pieza, con el mismo instrumento, el mismo método y las mismas condiciones ambientales; si las mediciones las hacen diferentes personas con diferentes instrumentos o métodos o en diferentes ambientes, entonces las variaciones en las lecturas son mayores. Esta variación puede ser relativamente grande o pequeña, pero siempre va a existir.

Por lo tanto, se tendrá que hacer las siguientes consideraciones en los errores que se hacen en las mediciones:

- Hablando estrictamente, es imposible hacer una medición exacta; por lo tanto siempre se tendrá que tratar con errores al hacer las mediciones.
- Los errores pueden ser despreciables o significativos, dependiendo entre otras cosas, de la aplicación que se le da a la medición.
- Surgen debido a la imperfección de los sentidos de los medios, de la observación, de las teorías que se aplican de los aparatos de medición, de las condiciones ambientales y otras causas.

Los errores se pueden clasificar en: error físico, error absoluto y error relativo.

- a) El error físico es la falta de precisión obtenida al hacer una medición.
Este error se debe a la persona que maneja el aparato con que se hace la medición o a las circunstancias en que se lleva a cabo.
El error físico no puede quitarse completamente pero sí disminuirse, haciendo uso de aparatos adecuados y precisos al hacer las mediciones cuidadosamente, para evitar lo más posible, las causas frecuentes de error.
- b) Error absoluto es la diferencia entre la magnitud exacta y la magnitud medida.

Se puede determinar el error absoluto de la siguiente manera:
 $\text{error absoluto} = \text{magnitud exacta} - \text{magnitud medida}$

Ejemplo.- Si en lugar de medir 20 m de longitud, se midieron 19.5 m, el error absoluto es igual a:

$$\begin{aligned} \text{Error absoluto} &= \text{Magnitud leída} - \text{magnitud real} \\ \text{E Abs.} &= 20 - 19.5 = 0.5 \text{ m} \end{aligned}$$

- c) El error relativo o porcentaje de error, es el porcentaje de error absoluto obtenido al hacer una medición.

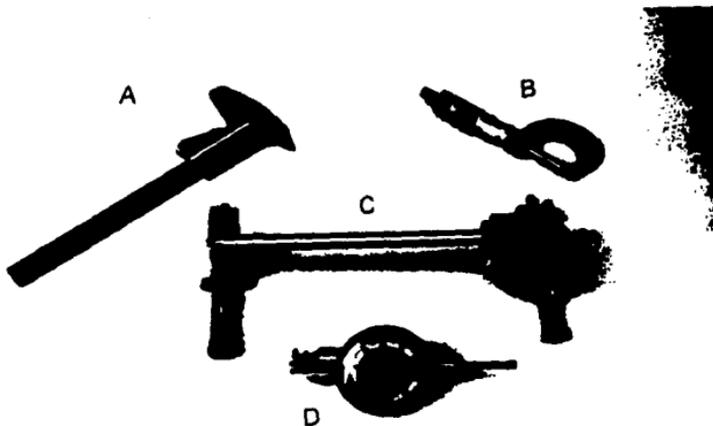
El porcentaje indica que tanto de error existe en 100 unidades que se miden. Este porcentaje se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Error relativo} = \frac{\text{error absoluto}}{\text{magnitud exacta}} \times 100$$

Ejemplo: En el ejercicio anterior se calculó el valor absoluto, ahora únicamente se sustituyen los datos para obtener el error relativo, que es el % de error

$$\text{Error relativo} = \frac{0.5}{20} \times 100 = 2.5\%$$

4.8.4 Instrumentos de medición



- A) Calibrador.- Es un instrumento de medición lineal que sirve para determinar mediciones externas e internas o profundidades que se hacen en una probeta.
- B) Micrómetro.- Es un instrumento de medición que sirve para determinar mediciones exactas en partes exteriores de una probeta circular o plana.
- C) Extensómetro
Para pruebas de tensión.- Se utiliza en las pruebas a tensión, y con él se puede obtener la determinación exacta del alargamiento, límite de fluencia y módulo de elasticidad de probetas redondas y planas.
- D) Compresómetro
Para pruebas a compresión.- Se utiliza en las pruebas a compresión y flexión, con él se puede obtener la determinación de la deformación a la compresión y flexión de las probetas cilíndricas, cúbicas o rectangulares.

4.8.5 Calibración

La verificación del funcionamiento de las máquinas de prueba se hace por medio de dispositivos de calibración.

La carga aplicada en una máquina de prueba, se refiere a la medida de la fuerza aplicada, expresada en kilogramos fuerza. Donde kilogramos fuerza es aquel que al actuar sobre un kilogramo masa le imprime una aceleración de 980.665 cm/s^2 .

En la NOM-CH-27 "Verificación de máquinas de prueba", se mencionan los requisitos generales de funcionamiento y exactitud que deben cumplir las máquinas de prueba para su operación. Algunos de ellos son los siguientes:

- Determinación de los errores en la aplicación de cargas de la máquina de prueba.

El error que se puede detectar en las mediciones es mediante la diferencia entre el valor real de la carga aplicada, y el valor indicado en carátula, escala o indicador del sistema de mediciones de la máquina.

El error detectado se puede expresar como porcentaje por medio de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ error} = \frac{\text{carga indicada por la máquina de prueba} - \text{carga real}}{\text{carga indicada por la máquina de prueba}} \times 100$$

- Tolerancias para las cargas aplicadas en la máquina de prueba.
El porcentaje de error para las cargas que quedan comprendidas dentro del intervalo de carga de la máquina de prueba no debe ser mayor de ± 1.0 .
- La persona responsable de la verificación tiene que expedir y firmar un certificado en el cual se hace una descripción de la máquina de prueba donde se indica su número de serie, marca, fecha en que se efectúa la verificación y el rango de carga dentro del cual se puede operar con la precisión requerida.
- Causas que dan origen a los errores en el registro de la carga que aplican las máquinas de prueba.

- a) Fallas en la calibración.- Este tipo de errores es el menos frecuente. Se produce por fallas en la instalación de las máquinas, desgaste excesivo en partes móviles de las máquinas y falta de mantenimiento.
- b) Fallas en las formas de transmitir las cargas.- Este tipo de errores es muy frecuente y se manifiesta por una gran variabilidad en el comportamiento de los materiales probados.

Los casos más frecuentes son:

- i) Por uso inadecuado de los aditamentos con que se transmite la carga a los especímenes.
- ii) Por deformaciones o daños en los aditamentos con que se transmite la carga a los especímenes.
- iii) Por preparación deficiente de los especímenes que se deben probar.
- iv) Efectuar las pruebas que deben ser comparativas, a velocidades diferentes.

En general, el origen común de los errores que se producen al efectuar pruebas de materiales empleando máquinas de ensaye, es el uso inadecuado que de ellas se hace; quedando como causas menos probable las diferencias de calibración o los desajustes que pueden ocasionar una calibración mal ejecutada o trabajos de mantenimiento deficientes.

Enseguida se muestra un ejemplo del reporte de una máquina universal que fue calibrada para verificar los rangos de carga, y una vez que cumpla con las especificaciones, las pruebas en materiales se podrán realizar con confianza.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 ARAGON
 LABORATORIO DE CONSTRUCCION
 REPORTE DE CALIBRACION



LABORATORIO EN _____ ENSAYE NUM. _____

BRIGADA DE CALIBRACION NUM. 1 CALIBRACION NUM. 3 FECHA 30-VIII-94

MAQUINA: UNIVERSAL MANOMETRO: _____

MARCA: SHIMADZU MODELO: RH-100 MARCA: _____

CAPACIDAD: 100 TON. CAPACIDAD: _____

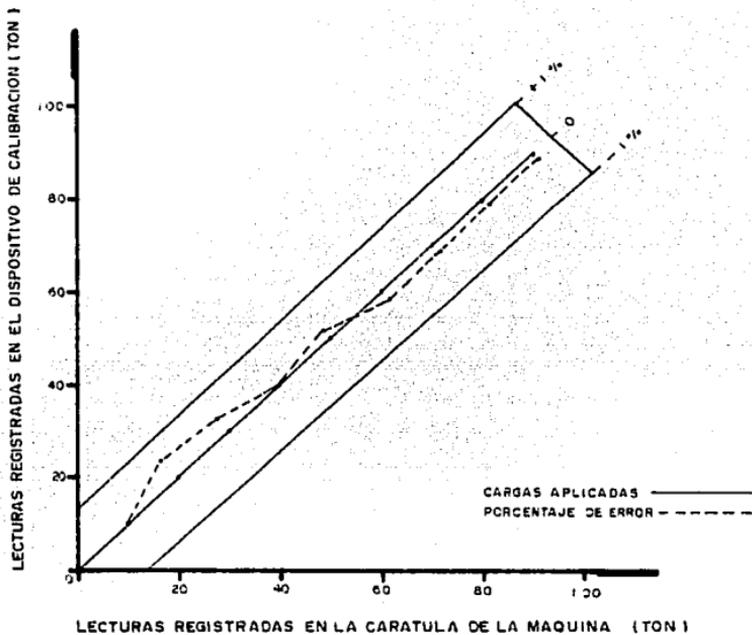
NUM. SERIE: _____ NUM. SERIE: _____

TRABAJO EFECTUADO: LIMPIEZA GENERAL, CAMBIO DE ACEITE, VERIFICACION Y AJUSTE DEL RANGO DE 100 TON.

RESULTADOS DE LA CALIBRACION

LECTURAS EN EL DISPOSITIVO DE CALIBRACION EN: _____ kg.	LECTURAS PROMEDIO EN LA CARATULA DE LA MAQUINA EN _____ kg.	ERROR EN PORCIENTO	
		OBTENIDO	NOM. CH-27
0	0	-	
10 000	10 000	0	
20 000	20 100	+ 0.50	± 1%
30 000	30 100	+ 0.33	± 1%
40 000	40 000	0	
50 000	50 100	+ 0.20	± 1%
60 000	59 900	- 0.17	± 1%
70 000	69 900	- 0.14	± 1%
80 000	79 900	- 0.12	± 1%
90 000	89 900	- 0.11	± 1%

OBSERVACIONES: EL PORCIENTO DE ERROR OBTENIDO EN LA VERIFICACION, ESTA DENTRO DE LA TOLERANCIA QUE ADMITE LA NORMA INDICADA, POR LO TANTO, LA MAQUINA ESTA EN CONDICIONES DE OPERAR EN EL RANGO DE 100 TON. SUCESIVAMENTE, SE HACE LA VERIFICACION PARA LOS DEMAS RANGOS QUE EN ESTE CASO CORRESPONDEN A 50, 25, 10 Y 5 TON.



GRAFICA DE CALIBRACION DE LA MAQUINA UNIVERSAL

CAPITULO 5

5. PRUEBAS DE CALIDAD EN MATERIALES DE CONSTRUCCION

5.1 GENERALIDADES

5.1.1 Conceptos elementales

1.- Esfuerzos.- El esfuerzo se define como la fuerza por unidad de área aplicada en un material, así:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{\text{fuerza aplicada}}{\text{área transversal}}$$

2.- Deformación unitaria.- Es la deformación que se produce en cada unidad de longitud al aplicar un esfuerzo.

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{\text{cambio de longitud}}{\text{longitud de prueba inicial}}$$

Al aplicar carga sobre una probeta y con el registro de las deformaciones unitarias se pueden elaborar las gráficas de esfuerzo - deformación. (Fig. 5.1)

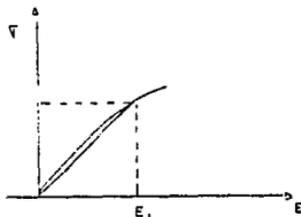


Fig. 5.1

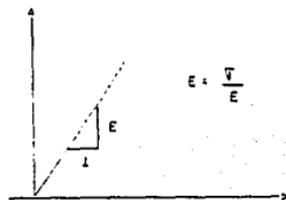


Fig. 5.2

3.- Módulo de elasticidad: Es la medida de la rigidez de un material. Es la resistencia a la deformación axial en tensión o compresión. Denotada por E , y se define como la pendiente de la porción de la recta del diagrama de esfuerzo - deformación. Fig. 5.2

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

que también se le conoce como la ley de Hooke dada por $\sigma = E\epsilon$

- 4.- **Módulo de Poisson.**- Se denomina módulo de Poisson a la relación entre la deformación unitaria transversal y la deformación unitaria longitudinal bajo una carga axial dada, y está expresada por la fórmula:

$$\mu = \frac{-\epsilon'}{\epsilon} = \frac{\text{deformación unitaria lateral}}{\text{deformación unitaria longitudinal}}$$

- 5.- **Ductilidad.**- La ductilidad es la medida de la capacidad de un material para deformarse en la etapa inelástica.

$$\delta = \frac{l_f - l_0}{l_0} = \frac{\text{longitud de falla} - \text{longitud inicial}}{\text{longitud inicial}}$$

- 6.- **Tenacidad.**- Es la capacidad que tiene un material para absorber grandes cantidades de energía.

- 7.- **Dureza.**- La dureza se define como la resistencia que presenta un cuerpo al ser rayado o penetrado por otro.

Para el tipo de penetración se recurren a las pruebas de tipo Shore, Rockwell, Brinell y Vickers. Y para el de rayado se acude a la escala de Mohs, que mide la resistencia por rayaduras y se hace la comparación con la resistencia a la raspadura de 10 minerales dispuestos en orden de dureza creciente desde el talco hasta el diamante.

5.1.2 Pruebas mecánicas.

- 1.- **Compresión.**- Es la resistencia que presentan los materiales al ser empujados por una fuerza y como consecuencia tienden a disminuir sus dimensiones.
- 2.- **Tensión.**- Es la resistencia que presentan los materiales y que tienden a alargar sus dimensiones debido a una fuerza o peso que los jala.

- 3.- Flexión.- Es la resistencia que oponen a deformarse cuando se les coloca sobre dos apoyos y una o varias fuerzas los empujan contra ellos.
- 4.- Cortante.- Es la resistencia que oponen los materiales al ser cortados.
- 5.- Doblado.- Es la capacidad que tienen los materiales de doblarse sobre un mandril o sobre sí mismo, sin sufrir ningún daño.
- 6.- Torsión.- Es la resistencia que oponen los materiales a deformarse cuando se le aplica un par de fuerzas paralelas en ambos sentidos.

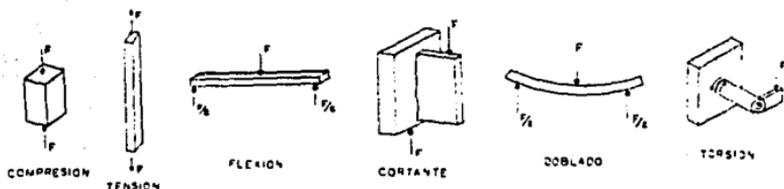


Fig. 5.3

5.1.3 Generalidades sobre mecanismos para pruebas de materiales.

A) Consideraciones

Las pruebas de calidad en materiales tienen como propósito conocer los esfuerzos a que pueden ser sometidos los materiales durante su trabajo en una estructura y la manera en que se deforman bajo la acción de esos esfuerzos.

La prueba se ejecuta en especímenes que representan un lote de material, con el fin de observar el comportamiento que pueden tener al aplicarles una carga.

Dichos especímenes deben tener dimensiones normalizadas para que se puedan colocar en la máquina de prueba, y así aplicarles una fuerza hasta obtener la falla, al mismo tiempo de la ejecución de la prueba se va midiendo la deformación que sufre el material.

Una de la máquinas más utilizadas para efectuar la prueba en materiales es la máquina universal, que tiene la capacidad de efectuar las pruebas de compresión y tensión, además de contar con aditamentos para hacer pruebas de flexión, cortante y doblado.

Para medir las deformaciones se necesita de aparatos llamados extensómetros o compresómetros, que sirven para medir las deformaciones en pruebas a tensión ó compresión, respectivamente.

B) Esquema de funcionamiento de la Máquina Universal para prueba de materiales.

La aplicación de cargas se hace generalmente empleando dos marcos rígidos. El marco (A) se considera como fijo y el marco (B) como móvil, cuando se coloca un obstáculo que se oponga al movimiento del marco (B) y se aplica una fuerza o peso P , se provoca un esfuerzo de compresión o de tensión, dependiendo del lugar donde se coloque el obstáculo.

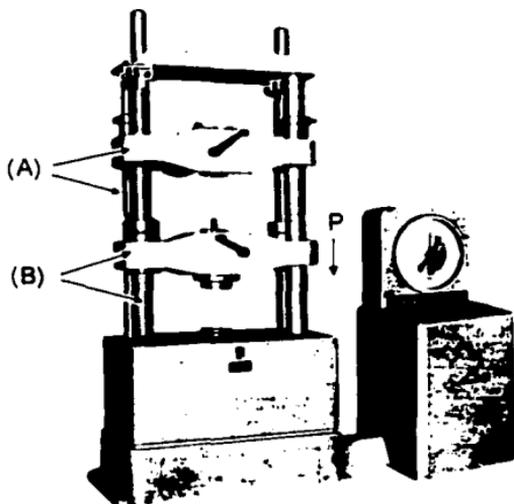


Fig. 5.4 Máquina Universal

La aplicación de cargas en las máquinas para pruebas de materiales se pueden hacer por medio de dos sistemas:

a) Sistema hidráulico.- En este sistema la aplicación de cargas se hace utilizando un gato hidráulico considerando lo siguiente:

- La velocidad de aplicación es variable.
- La velocidad de deformación del espécimen sometido a prueba, dependerá de la velocidad de aplicación.
- En este sistema el rango de velocidad de aplicación es amplio.

b) Sistema mecánico.- La aplicación de cargas se hace utilizando un gato mecánico, observándose lo siguiente:

- La velocidad con que se producen las deformaciones es constante.
- Las cargas se registran en función de la velocidad de deformación.
- Se pueden efectuar pruebas en especímenes con tres o cuatro velocidades fijas de deformación.

C) Formas en que aplican cargas de compresión con la máquina de prueba.

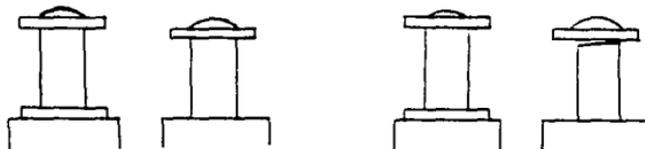
1) Compresión

a) Adecuada.

- Las placas de carga deben tener el área y espesor suficiente para transmitir la carga a los especímenes. Además deben tener superficies planas y lisas.
- La posición de la rótula de la placa de carga debe estar centrado tratando de cubrir la superficie del espécimen que se va a probar.

b) No Adecuada

- Se considera no adecuada cuando el tamaño del espécimen es mayor o menor que el de la rótula de la placa, y
- Cuando no hay paralelismo entre las superficies del espécimen, lo que ocasionará que en los puntos más altos se concentre la carga.



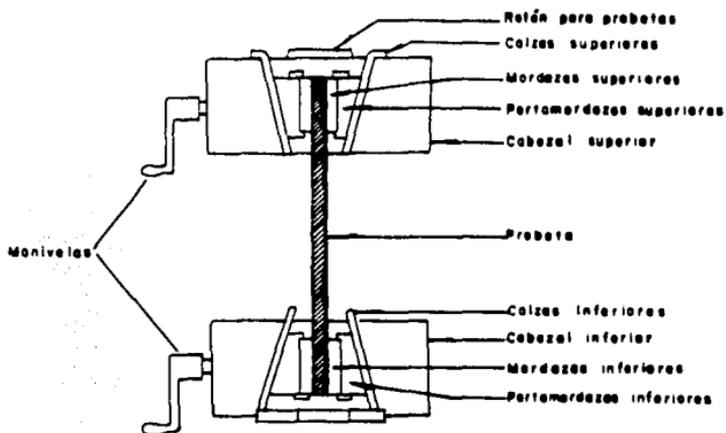
a) Adecuada

b) No adecuada

Fig. 5.5

ii) Tensión

a) Diagrama del sistema para pruebas de tensión.



b) Formas que se presentan en las mordazas al efectuar la prueba a tensión.

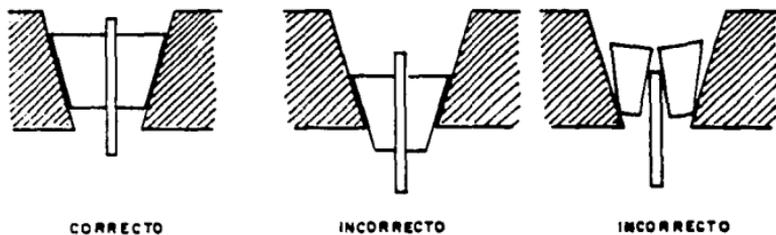


Fig. 5.6

5.2 PRUEBAS DE CALIDAD EN ACEROS

5.2.1 Generalidades

A) En la construcción se utilizan dos tipos de aceros de refuerzo, que son:

1.- Aceros laminados en caliente.- Son los que tienen límite de fluencia definido.

Tienen una gráfica de esfuerzo-deformación como se muestra en la fig. 5.7 en la que se distinguen 4 regiones en las cuales el comportamiento del material es diferente para cada uno.

- Esfuerzos:

- 1) Esfuerzo máximo
- 2) Límite de fluencia superior
- 3) Límite de fluencia inferior
- 4) Límite elástico

- Regiones:

- A) Rango elástico
- B) Flujo plástico
- C) Endurecimiento por deformación
- D) Estrangulamiento y fractura

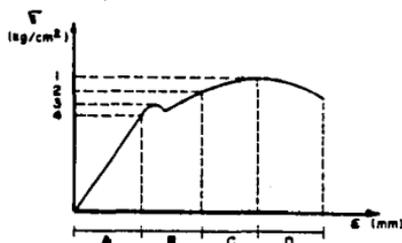


Fig. 5.7 Gráfica general de esfuerzo-deformación unitaria de un acero laminado en caliente.

2.- Aceros laminados en caliente trabajados en frío (estirados, torcidos, etc.).- Son los que no tiene límite de fluencia definido.

Tienen una gráfica de esfuerzo-deformación como se muestra en la Fig. 5.8. No exhibe una zona de fluencia horizontal. Como no tienen límite de fluencia definida, suele fijarse una recta convencional que indica donde la curva de esfuerzo - deformación cambia la pendiente en forma apreciable.

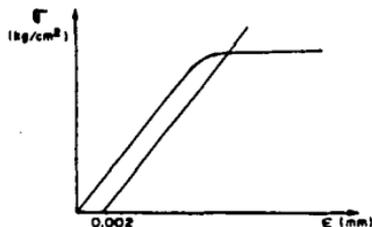


Fig. 5.8 Gráfica general de esfuerzo-deformación de un acero trabajado en frío.

- B) Por otra parte, el acero al carbono es un término que se aplica a un amplio rango del material y que contiene:

Carbono	1.70 % máx.
Manganeso	1.65 % máx.
Fósforo	0.05 % máx.
Azufre	0.20 % máx.
Silicio	0.60 % máx.

Por su contenido de carbono, los aceros se clasifican como de bajo, mediano y alto carbono.

- a) Los aceros de bajo carbono tienen menos de 0.20% de carbono en su aleación. Son fácilmente deformables, maquinables, cortables, soldables, en resumen, muy trabajables.
- b) Los aceros de medio carbono contienen entre 0.20 y 0.60% de carbono, se emplean cuando se quiere mayor resistencia, pues siguen manteniendo un buen comportamiento dúctil, aunque en casos de soldar requiere de cuidados especiales. Con estos aceros se fabrican las varillas para refuerzo de concreto y elementos para estructuras de edificios y puentes.
- c) Los aceros de alto carbono contienen entre 0.60 y 1.20% de carbono, son de alta resistencia, frágiles al doblado y son difíciles de soldar. Los rieles de ferrocarril se fabrican con acero de este tipo. El efecto del contenido de carbono en la ductilidad de los aceros comunes se presenta en la Fig. 5.9

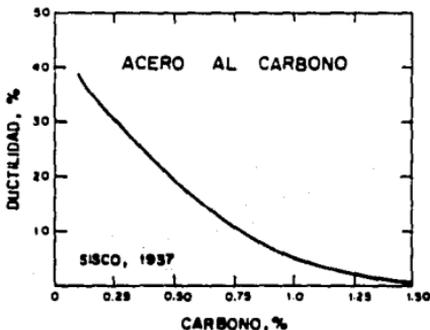


Fig. 5.9 Efecto del contenido del carbono en la ductilidad.

C) Para todo tipo de acero como los que se mencionaron anteriormente, se someten a prueba de tensión, por medio de las probetas que se ilustran en la Fig. 5.10

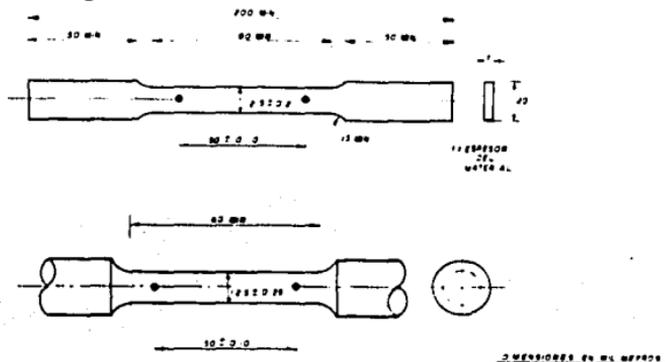


Fig. 5.10 Probetas para pruebas de tensión en aceros.

5.2.2 Propiedades mecánicas en aceros.

- 1.- Módulo de elasticidad es: $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
- 2.- El límite de fluencia en aceros laminados en caliente se localiza gráficamente o por el método de la ahuja.
- 3.- Como los aceros trabajados en frío no tienen límite de fluencia definido, se recomienda que hay que considerarlo como el esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria permanente de 0.002
- 4.- El módulo de Poisson varía entre 0.25 y 0.33 dentro del rango elástico.
- 5.- Ductilidad.- La ductilidad es una medida del acero que se considera con el alargamiento en la ruptura de la probeta. Los valores del porcentaje de alargamiento varía entre 5 y 20%. La deformación puede endurecer al acero y hacerlo menos dúctil.
6. Soldabilidad.- La soldabilidad es la posibilidad de unir elementos estructurales del acero por medio de la soldadura.

5.2.3 Ejemplos

Para conocer la calidad del acero es necesario tener conocimiento de sus propiedades mecánicas, para esto se somete a diferentes pruebas para comprobar si cumple con las condiciones establecidas en las normas.

1.- Pruebas en varillas de acero para refuerzo de concreto (acero laminado en caliente)

a). Identificación

En el medio de la construcción se utiliza la varilla de acero para refuerzo, que es un acero al carbono laminado en caliente.

Las varillas se clasifican conforme a su límite de fluencia mínimo en dos grados.

Grado	Límite de fluencia mínimo en kg/cm ²
30	3 000
42	4 200

Las varillas deben estar marcadas con lo siguiente: número de designación (ver tabla 5.1) grado y marca.

b) Especificaciones:

Normas de Calidad SCT

Norma Mexicana NMX B - 6 - 1987. "Varillas corrugadas y lisas de aceros, procedentes de lingote o palanquilla, para refuerzo de concreto".

Las especificaciones para la varilla de acero de refuerzo para concreto se encuentran resumidas en la tabla 5.1

c) Muestreo:

Para el muestreo de varilla se recaban 4 muestras de 120.0 cm de longitud por 10 ton. de material. En lotes mayores se tomará una muestra por cada 10 ton. adicionales.

Efectuado el muestreo, se obtienen las probetas que posteriormente se someterán a pruebas de laboratorio para conocer sus propiedades mecánicas.

NORMAS DE CALIDAD PARA VARILLA DE ACERO PARA REFUERZO DE CONCRETO

DESIGNACION			GRADO			30		42		52		CORRUGACIONES		
			LIMITE DE FLECCION (kg/cm ²)			3000 MIN		4200 MIN		5200 MIN		K MINIMO A MINIMO C MAXIMO		
			RESISTENCIA A LA TRACCION (kg/cm ²)			5000 MIN		6300 MIN		7000 MIN				
			No.	Ø"	Ø cm	AREA (cm ²)	PWL L	% AL MINIMO	DOBLADO 180°	% AL MINIMO	DOBLADO 180°	% AL MINIMO	DOBLADO 90°	
2	1/4"	0.635	0.32	0.29	0.249	11	D = 4 d	9	D = 4 d	8	D = 5 d	4.5	0.2	2.5
2.5	5/16"	0.793	0.49	0.46	0.384	11	4 d	9	4 d	8	5 d	5.0	0.3	3.1
3	3/8"	0.952	0.71	0.67	0.560	11	4 d	9	4 d	8	5 d	6.7	0.4	3.7
4	1/2"	1.270	1.27	1.19	0.994	12	4 d	9	4 d	8	5 d	8.9	0.5	5.0
5	5/8"	1.587	1.98	1.86	1.552	12	4 d	9	4 d	8	5 d	11.1	0.7	6.3
6	3/4"	1.905	2.85	2.68	2.235	12	5 d	9	5 d	8	6 d	13.3	1.0	7.5
7	7/8"	2.222	3.88	3.65	3.042	11	5 d	8	6 d	7	7 d	15.5	1.1	9.7
8	1"	2.540	5.07	4.76	3.973	10	5 d	8	6 d	7	7 d	17.8	1.3	10.0
9	1 1/8"	2.857	6.42	6.03	5.033	9	5 d	7	8 d	7	8 d	20.0	1.4	11.2
10	1 1/4"	3.175	7.94	7.46	6.225	8	5 d	7	8 d	7	8 d	22.3	1.6	12.5
11	1 3/8"	3.492	9.57	8.99	7.603	7	5 d	7	8 d	5	8 d	24.4	1.7	14.7
12	1 1/2"	3.810	11.40	10.72	8.933	7	5 d	7	8 d	5	8 d	26.7	1.9	16.0

N = Nominal
 NP = Mínimo Permissible
 PWL = Peso por Metro Lineal

E = Espaciamento
 A = Altura
 C = Separación entre corrugaciones (costillas o nervaduras longitudinales).

TABLA 5.1

FALLA DE ORIGEN

d) **Método de Prueba.**

Las probetas obtenidas se someten a las siguientes pruebas.

- Verificación de las dimensiones en corrugaciones que están establecidas en las Normas de referencia.
 - Tensión.- Es el esfuerzo máximo de prueba que puede resistir un material antes de romperse, el material empieza a alargarse proporcionalmente al esfuerzo. El objetivo de esta prueba es determinar el esfuerzo máximo y el límite de fluencia. Para determinar el límite de fluencia, generalmente se utiliza la gráfica de esfuerzo-deformación como se ve en la fig. 5.11
 - Doblado.- Es un método para evaluar la ductibilidad del material, pero no puede considerarse como un medio cuantitativo para predecir el comportamiento del mismo.
 - Alargamiento.- El alargamiento se reporta como un porcentaje de aumento con relación a la longitud original.
 - Ataque metalúrgico.- La inspección metalúrgica macroscópica, permite conocer su condición interna, detectando y evaluando los defectos de fabricación, tales como: tubos, grietas, inclusiones, porosidades y segregaciones.
 - Debe efectuarse una prueba de tensión y una de doblado por cada muestra de varilla.
- e) En la fig. 5.11 se muestran los resultados obtenidos de una muestra que fue sometida a prueba de laboratorio.



INFORME DE PRUEBAS FISICAS EN VARILLAS DE ACERO PARA REFUERZO DE CONCRETO

OBRA: _____ FECHA: _____
 LOCALIZACION: _____

PRUEBA NUMERO	PROBETA NUMERO	PESO EFECTIVO (kg/m)	AREA EFECTIVA (cm ²)	CORRUSACIONES			PRUEBA A TENSION					PRUEBA DE DOBLADO	
				ESPACIAMIENTO	ALTURA	ANCHO DE COSTILLA	LECTURA LIMITE ELASTICO (kg/cm ²)	LECTURA CARBA MAXIMA (kg/cm ²)	LIMITE ELASTICO (kg/cm ²)	ESFUERZO MAXIMO (kg/cm ²)	ALARGAMIENTO (%)		
1	1	2.264	2.89	13.3	2.0	4.5	13 700	21 800	4 807	7 649	15.0	CUMPLE	
ESPECIFICACIONES		PESO NOMINAL	AREA NOMINAL	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO				MINIMO	MINIMO	MINIMO	4 180°
NORMA MEXICANA NMX-B-6-1992		2.235 (kg/m)	2.68 (cm ²)	13.3 (mm)	1.0 (mm)	7.5 (mm)				4 200 (kg/cm ²)	6 300 (kg/cm ²)	9.0	5

CONCLUSIONES:

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:

DIAMETRO NOMINAL: 19.05 mm (3/4")
 MASA NOMINAL: 2.235 kg/m
 AREA NOMINAL: 2.85 cm²
 GRADO: 42

OBSERVACIONES:

LA MUESTRA DE VARILLA CUMPLE
 CON LAS ESPECIFICACIONES RE-
 QUERIDAS POR LAS NORMAS DE
 REFERENCIA.

LABORATORISTA _____

JEFE DE LABORATORIO _____

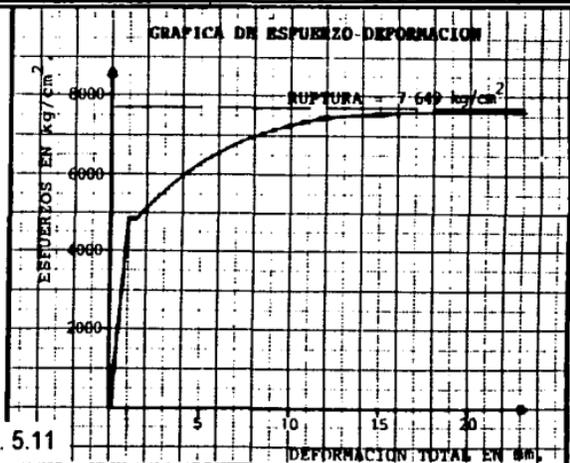


FIG. 5.11

FAJLA DE ORIGEN

- f) Conclusiones: Obtenidos los datos de las pruebas se comparan los resultados con las especificaciones indicadas en las Normas de Calidad.
- g) Además se hacen notar las siguientes observaciones:
- La muestra deberá estar libre de oxidación, aceite o grasa, quiebres, deformaciones, etc.
 - Se permite la repetición de la prueba a tensión cuando presente valores menores a los especificados, y si la fractura queda fuera del tercio medio de la longitud calibrada.
 - Se recomienda que el contenido de carbono de la varilla se encuentre entre 0.20% a 0.50%
 - El contenido de fósforo no debe ser mayor al máximo permisible, debido a que este elemento aumenta la fragilidad.
 - Alteraciones leves en las dimensiones de las corrugaciones, no son motivo de rechazo.
 - En la prueba de doblado, para que sea satisfactoria, la probeta no deberá presentar grietas en la parte exterior de la porción doblada.
 - Cuando se autorice el calentamiento de la varilla para su doblado, la temperatura no debe exceder de 200°C
 - Las varillas torcidas en frío no se deben calentar.
 - Todos los defectos detectados en la inspección metalúrgica, deben ser cuidadosamente inspeccionados, ya que estos defectos influyen mucho en la disminución de la resistencia.

2.- Pruebas físicas en torón de acero para presfuerzo (Acero laminado en caliente trabajado en frío)

a) Identificación.

El torón de siete alambres sin recubrimiento regularmente se utiliza en elemento prefabricados para la construcción de vigas para puentes, naves industriales, silos, edificios, etc.

El torón para concreto presforzado se clasifica conforme a su resistencia en dos grados:

Grado	176	(176 kgf/mm ²)
Grado	190	(190 kgf/mm ²)

Para la identificación de una muestra de torón se debe considerar el diámetro, el grado y número de identificación (rollo).

b) Especificaciones:

Norma Mexicana NMX-B-292-1988. "Torón de siete alambres sin recubrimiento, relevado de esfuerzos para concreto presforzado".

Las especificaciones para el torón de acero para presfuerzo de concreto se encuentran resumidos en la tabla 5.2.

c) Muestreo:

Muestreo: Tomar una probeta por cada 20 ton. Las probetas se deben cortar de cualquiera de los extremos de los rollos. Se recomienda obtener dos muestras de 120.0 cm de longitud.

d) Método de prueba:

Una vez verificadas las dimensiones de los 7 alambres, la muestra obtenida del torón se somete a la prueba de tensión que consiste en lo siguiente:

- Colocar un barrilete en cada extremo de la muestra de manera que al apoyarlos sobre las cabezas de las mordazas, dé la longitud de prueba requerida que es de 61 cm.
- Ya fijados los cabezales que sostienen la probeta, se coloca el extensómetro en medio de esta muestra y se fija un escantillón entre los cabezales para obtener el alargamiento.

NORMAS DE CALIDAD PARA ACERO DE PRESFUERZO

A L A M B R E				
Ø (mm)	T E N S I O N			D O B L A D O
	LF (Kg/cm ²)	R.M. (Kg/cm ²)	% ALARGAMIENTO	Ø MÍNIMO (mm)
2	17 600	22 000	4.0 en 20 mm	10
5	14 000	17 500	3.5 en 180 mm	30
7	13 200	16 500	3.5 en 250 mm	40

I O R D O									
T E N S I O N									
G R A D O 176 (250)									
7.94	5/16 *	660	5580	6580	3.5	9.48 a 15.24	0.038	7.53 a 8.33	
9.53	3/8 *	910	7710	9070	3.5	11.40 a 15.2	0.051	9.12 a 9.94	
11.11	7/16 *	1220	10430	12250	3.5	13.32 a 17.76	0.064	10.70 a 11.52	
12.70	1/2 *	1630	13880	16330	3.5	15.24 a 20.32	0.076	12.29 a 13.11	
15.24	0.6 **	2450	20820	24510	3.5	18.29 a 24.38	0.102	14.83 a 15.65	
G R A D O 190 (270)									
Ø (mm)	Ø (PULG.)	CARGA EDICIM (Kg)	CARGA AL 1% (Kg)	CARGA MÁXIMA (Kg)	% ALARGAMIENTO EN Ø1 cm	MÓDULO EN cm	Dif. de Ø entre el alambre núcleo y cualquier envoltura en mm.	Ø TOLERANCIA EN mm	
9.53	3/8 *	1040	8870	10430	3.5	11.4 a 15.2	0.051	9.30 a 10.19	
11.11	7/16 *	1410	11950	14060	3.5	13.32 a 17.76	0.064	10.90 a 11.77	
12.70	1/2 *	1870	15920	18730	3.5	15.24 a 20.32	0.076	12.55 a 13.36	
15.24	0.6 **	2660	22590	26580	3.5	18.29 a 24.38	0.102	15.09 a 15.90	

* NOM.

** ASIM

TABLA 5.2

- Posteriormente se aplica una precarga de 10% de la carga máxima especificada, hecho ésto, se fijan el extensómetro y el escantillón en cero para que se continúe aplicando las cargas y a la vez ir tomando lecturas tanto de las cargas como las de las deformaciones.
 - Así, incrementando la carga, cuando el extensómetro registre una deformación unitaria de 1.0 %. Entonces se registra la carga, se retira el extensómetro y se continúa aplicando carga hasta llegar a la carga máxima de prueba requerida por las especificaciones de las normas.
- e) En la Fig. 5.12 se tienen los resultados obtenidos de las pruebas efectuadas.
- f) Conclusiones: Obtenidos los datos de las pruebas se comparan resultados con las especificaciones indicadas en las Normas de referencia.

Además se hace notar las siguientes observaciones:

- El material debe ser de acero al alto carbono.
- El alambre que forma el torón debe tener un acabado común .
- Las variaciones en las áreas transversales no deben ser motivo de rechazo.
- Se permite la repetición de la prueba a tensión, cuando presente valores menores a los especificados, o cuando las áreas transversales de los alambres presenten ruptura por esfuerzo cortante.



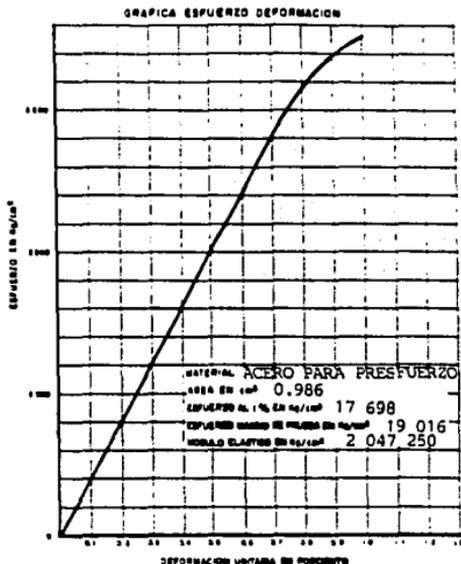
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 ARAGON
 LABORATORIO DE CONSTRUCCION



ENSAJE DE TORON DE 12.7 mm DE DIAMETRO

CORRA _____ FECHA DE RECIBO _____ FECHA DE REPORTE _____

PROBETA NUM		
ROLLO NUM		
DIMENSIONES		
Ø ENVOLVENTES (mm)	4.216	0.838
Ø NUCLEO (mm)	4.343	0.148
AREA (cm ²)		0.986
Ø TORON (mm)	12.90	
PEO POR METRO LINEAL (kg/m)	0.770	
PEO DE LA -FLICE (mm)	18.90	
TENSION		
DEFORMACION UNITARIA %	CARGA ESPUERZO	
	kg	kg/cm ²
0.1	1 875	1 902
0.2	3 850	3 905
0.3	5 850	5 933
0.4	8 000	8 114
0.5	9 950	10 091
0.6	11 900	12 069
0.7	14 050	14 249
0.8	15 700	15 923
0.9	16 800	17 038
1.0	17 450	17 698
1.1		
CARGA Y ESPUERZO MAXIMO	18 750	19 016
% ALARGAMIENTO EN B/O CM		5.2
MODULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²)		2 047 250



ENSAJE No. _____

TORON DE ACERO PARA PRESFUERZO DE 12.7 MEDIAMETRO

NUMERO DE MUESTRA	NUMERO DE ROLLO	DIAMETRO REAL EN mm	PEO DE LA -FLICE EN kg	Ø ENVOLVENTES mm	Ø NUCLEO mm	DIFERENCIA Ø mm	AREA EN cm ²	CARGA AL 1% %	CARGA MAXIMO DE PRUEBA %	ESPUERZO AL 1% EN kg/cm ²	ESPUERZO MAXIMO DE PRUEBA EN kg/cm ²	% DE ALARGAMIENTO	MODULO ELASTICO EN kg/cm ²
1		12.90	18.90	4.216	4.343	0.127	0.986	17450	18750	17698	19016	5.2	2 047 250
ESPECIFICACIONES NORMA MEXICANA NMX B-292-1994 GRADO 190.													
		12.55 A	15.24 A			0.076		15920	18730			3.5	
CONCLUSIONES: LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA DEL TORON, CUMPLEN CON LOS REQUISITOS INDICADOS EN LAS ESPECIFICACIONES DE LA NORMA DE REFERENCIA.													

FIG. 5.12

5.3 PRUEBAS DE CALIDAD EN SOLDADURA

5.3.1 Confiabilidad de las soldaduras

La demanda de construcciones metálicas en el medio de la construcción hace que la utilización de la soldadura sea de mayor importancia. Para lograr una mejor confiabilidad en el proceso de soldadura, depende de la obtención de una buena calidad que se conseguirá aplicando los siguientes procedimientos:

- 1) Programa de control de calidad.- Consiste en seleccionar, aplicar adecuadamente e inspeccionar los materiales y los equipos de soldadura. El sistema comprende la documentación que establecen los diseños, las técnicas de manufactura y los métodos de control de calidad en la producción.
- 2) Calificación del procedimiento de soldadura.- Que consiste en seleccionar, generar y aplicar procedimientos calificados de soldadura para cada operación. La finalidad de la calificación es demostrar que la construcción soldada propuesta tendrá las propiedades requeridas para el servicio deseado.
- 3) Calificación del soldador.- Consiste en dirigir, adiestrar y calificar al personal que produce las soldaduras para las construcciones deseadas. El objetivo de la calificación es determinar la capacidad del soldador para efectuar un buen depósito de metal de soldadura, siguiendo una especificación de procedimiento para realizar el trabajo, tomando en cuenta espesores y posiciones requeridas por el proyecto.

La calidad de la soldadura se debe juzgar con respecto a una norma, la cual debe basarse en el servicio esperado, los requisitos de calidad de la soldadura están controlados por reglamentos y especificaciones.

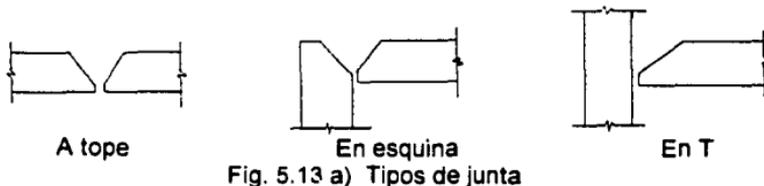
5.3.2 Preparación de las juntas en metal base.

La preparación de una junta que se debe hacer en metal base (elemento estructural) para depositar el metal de aporte (soldadura), es un procedimiento fundamental para poder realizar con efectividad la unión entre dichos metales.

El tipo de junta dependerá de la forma que presenten los miembros estructurales que se van a unir. El tipo de soldadura dependerá de la forma

de preparación para el depósito y por ende, la preparación dependerá de la importancia de la junta. Es importante distinguir entre los tipos de junta y de soldadura, los cuales se expondrán enseguida:

A) Los tipos de junta a emplear son:



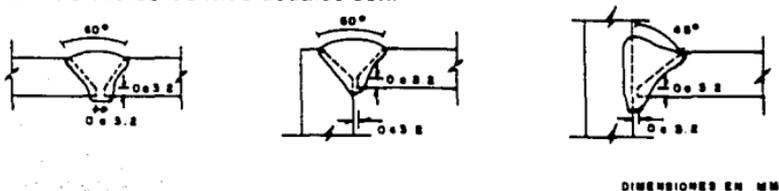
B) Los tipos de soldadura que más se emplean son los siguientes:



1. En soldaduras de ranura existen las siguientes preparaciones:

- Ranura rectangular
- En V simple o doble
- En bisel simple o doble
- Ranura en V simple o doble
- Ranura en J o doble

De las cuales las más usuales son:



Un perfil deseable para este tipo de soldadura se presenta en la Fig. 5.14 b) debe tener un refuerzo (R) que no exceda de 3.2 mm.

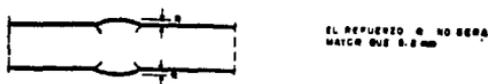


Fig. 5.14 b) Perfil aceptable en soldadura de ranura a tope.

Se deben evitar los perfiles defectuosos como se ve enseguida:

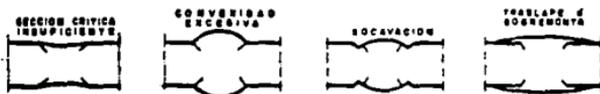


Fig. 5.14 c) Perfiles defectuosos que se deben evitar.

2.- En soldadura con junta de filete el tamaño mínimo de éste debe cumplir con lo indicado en a tabla 5.3 para evitar el agrietamiento del cordón.

Esesor mayor de las placas por unir mm	Tamaño mínimo del filete de soldadura (a) mm
Hasta 6.4	3.2 (b)
Más de 6.4 hasta 12.7	4.8
Más de 12.7 hasta 19.1	6.4
Más de 19.1 hasta 38.1	7.9
Más de 38.1 hasta 57.1	9.5
Más de 57.1 hasta 152	12.7
Más de 152	15.9

a) El tamaño mínimo de la soldadura se determinará por el espesor mayor de las dos partes por unir pero no excederá el espesor de la placa más delgada.

b) En el caso de puentes, el tamaño mínimo del filete será de cuatro punto ocho (4.8) milímetros.

Tabla 5.3 Tamaño mínimo de soldadura de filete

Para determinar si los tamaños y perfiles de la soldadura son adecuados, se usan diferentes calibradores como se muestra en la figura.

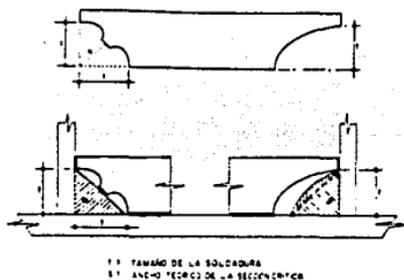


Fig. 5.15 a) Calibradores para medir el tamaño de la soldadura.

Las soldaduras de filete deberán tener cualquiera de los perfiles que se ilustran en la figura.

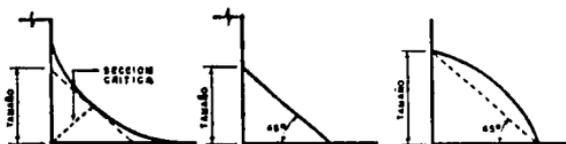


Fig. 5.15 b) Perfiles deseables en soldadura de filete.

Se deben evitar los siguientes defectos:

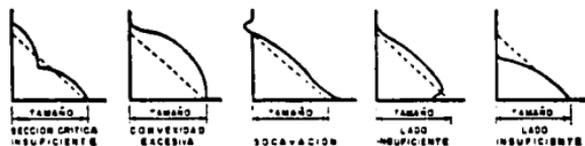


Fig. 5.15 c) Perfiles defectuosos en soldadura de filete.

5.3.3 Electrodo empleados.

El procedimiento de soldadura por arco eléctrico es un proceso que tiene un uso muy extenso en la actualidad, está caracterizado por la fusión de una varilla metálica llamada electrodo y dos piezas metálicas llamadas metal base, con el fin de obtener la unión deseada.

Por consiguiente es importante tener en cuenta las características de los electrodos que se van a emplear teniendo en cuenta las siguientes indicaciones:

- Electrodo comúnmente empleados son los siguientes: E6010, E7010, E7018 y E9018.
- Tanto en soldaduras de ranura como de filete se acostumbra depositar los primeros cordones con los electrodos E6010 o E7010 dependiendo del tipo de acero.
- Para tener en cuenta el tipo de electrodo que se va a utilizar, se obtuvieron los siguientes datos de los electrodos y en base a éstos, usar el electrodo correspondiente para cada tipo de acero:

Clasificación	Resistencia máxima	Tipo de acero
E6010	4222	A36
E7018	4926	A42
E9018	6333	Varilla de acero para refuerzo

- Los cordones de relleno se depositan con E6013 en acero A36 y E7018 en A242.
- El electrodo E9018 se utiliza para soldar juntas a tope en varillas de acero para refuerzo, ya que ha dado buenos resultados por su facilidad de manejo, buena ductilidad, gran rendimiento y para soldar este tipo de acero (con contenido de carbono entre 0.20 a 0.60 %).
- En lo que respecta al diámetro del electrodo que se vaya a utilizar, lo más común se representa en la siguiente figura.

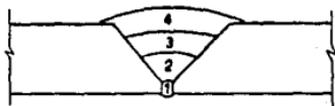


Fig. 5.16

Paso	Diámetro del electrodo	Amper
1	3/16" (4.8 mm)	190
2	1/4" (6.3 mm)	250
3	1/4"	250
4	1/4"	250

5.3.4 Evaluación y control de la calidad de los materiales de soldadura.

Pruebas a depósitos de soldadura.

El metal de las soldaduras se puede probar del mismo modo que los metales base. Las pruebas mecánicas se emplean para calificar los procedimientos, trabajos, procesos, así como para determinar si los electrodos y metales de aporte cumplen con los requisitos de las especificaciones. Las soldaduras en las construcciones soldadas se prueban a menudo para asegurar su resistencia, tenacidad y calidad mediante pruebas mecánicas. Dichas pruebas se dice que son destructivas por que la construcción o la unión soldada se destruye al hacer el espécimen de prueba. Estas resultan caras porque implican la preparación del metal, el hacer ensayos, corte y maquinado de la probeta.

Calificación del procedimiento

El objeto de la prueba de calificación del procedimiento es demostrar que una soldadura ejecutada bajo las condiciones prescritas cumplirá con las propiedades mecánicas necesarias, por medio de la elaboración de una placa de prueba se procede a vaciar la soldadura sobre una ranura, posteriormente el material de aporte se someterá a pruebas mecánicas. En la Fig. 5.17 se muestran la forma de obtener las probetas para las pruebas correspondientes. Los detalles de la unión soldada y el espesor del material siempre se deben especificar.

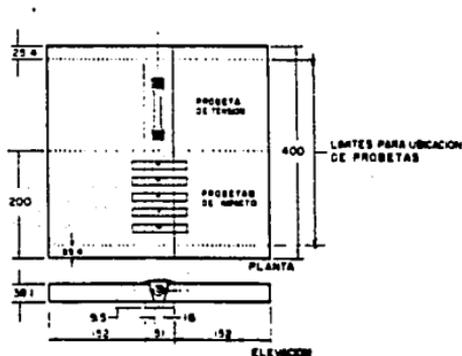
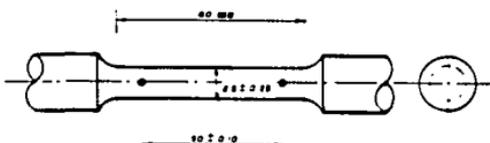


Fig. 5.17 Localización de las probetas en el depósito de soldadura.

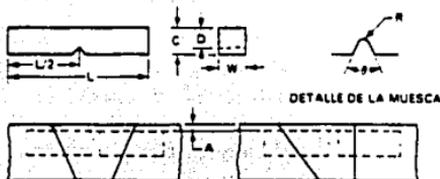
En general, las normas usan el mismo tipo de especímenes de prueba, incluyendo:

- 1.- Pruebas de tensión, impacto y de doblado en la cara y en la raíz, en depósitos de soldadura de ranura (Figs. 5.18 a), b) y c)).



Dimensiones en milímetros

Fig. 5.18 a) Prueba de tensión



Dimensión	mm
A - Distancia de la muesca base al espécimen	16 ± 0.05 - 0
L - Longitud del espécimen	55.0 ± 0 - 2.5
L/2 - Localización de la muesca	27.5 ± 1.0
C - Sección transversal (profundidad)	10.000 ± 0.025
W - Sección transversal (anchura)	10.000 ± 0.025
D - Fondo de la muesca a la base	8.000 ± 0.025
R - Radio de la muesca	0.750 ± 0.025
α - Ángulo de la muesca	45° ± 1°

Los lados avanzantes deben quedar a 90° ± 10 minutos

Fig. 5.18 b) Prueba de impacto

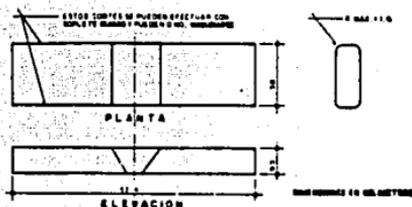
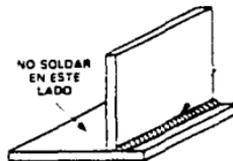


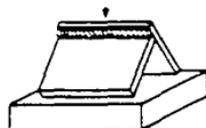
Fig. 5.18 c) Prueba de doblado en la cara y en la raíz.

2. Prueba de fractura y de doblado en soldadura de filete (Figs. 5.19 a) y b).

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA:



PREPARACION DE LA BARRA DE PRUEBA: NINGUNA PRUEBA ESPECIFICADA Fuerza



COLOCAR EN LA PRENSA O GOLPEAR CON MARRO HASTA QUE SE ROMPA O SE APLANE

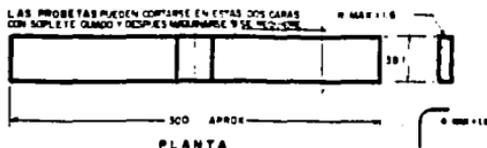
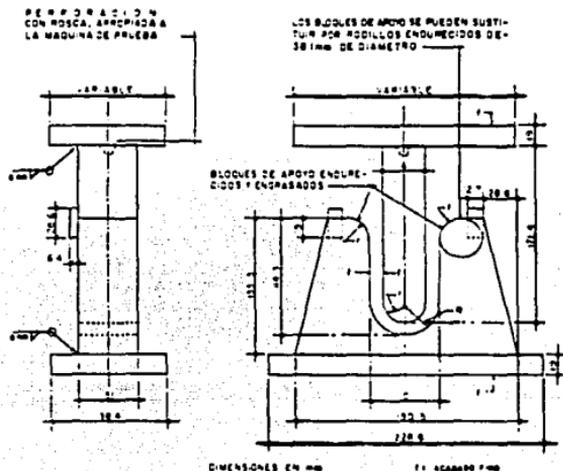


Fig. 5.19 b) Prueba de doblado en soldadura de filete

Fig. 5.19 a) Prueba de fractura

DISPOSITIVO PARA PRUEBA DE DOBLADO GUIADO.



5.3.5 Calificación de soldadores.

A) Calificación de soldadores en placas de acero.

Las Normas de Calidad SCT explican lo referente a la calificación de soldadores; indican los tipos de pruebas, la preparación de las muestras, las posiciones para prueba, las precauciones en la elaboración de las probetas, los métodos de prueba y los requisitos para los resultados.

El objeto de la prueba es determinar la habilidad del soldador para producir soldaduras sanas. Las pruebas para calificar a un soldador son las siguientes:

- a) Para soldadura de ranura.
 - 1.- Prueba de doblado en la raíz.
 - 2.- Prueba de doblado en la cara
 - 3.- Prueba de doblado lateral.

- b) Para soldadura de filete.
 - 1.- Prueba de sanidad.

Si un soldador es examinado para la posición horizontal, vertical o sobrecabeza, no es necesario que se le examine para la posición plana.

La preparación de las muestras y las posiciones para prueba se indican en las figuras 5.20 y 5.21.

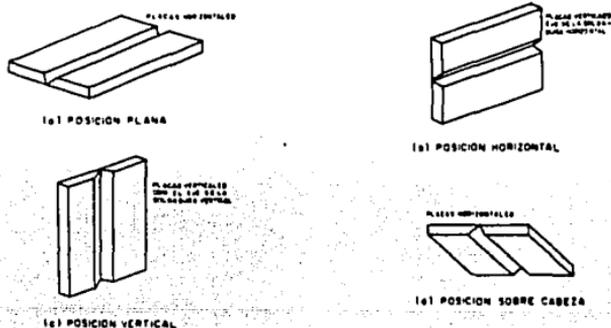


Fig. 5.20 Posiciones para la calificación de soldadores en soldaduras de ranura.

5.3.5 Calificación de soldadores.

A) Calificación de soldadores en placas de acero.

Las Normas de Calidad SCT explican lo referente a la calificación de soldadores; indican los tipos de pruebas, la preparación de las muestras, las posiciones para prueba, las precauciones en la elaboración de las probetas, los métodos de prueba y los requisitos para los resultados.

El objeto de la prueba es determinar la habilidad del soldador para producir soldaduras sanas. Las pruebas para calificar a un soldador son las siguientes:

- a) Para soldadura de ranura.
 - 1.- Prueba de doblado en la raíz.
 - 2.- Prueba de doblado en la cara
 - 3.- Prueba de doblado lateral.
- b) Para soldadura de filete.
 - 1.- Prueba de sanidad.

Si un soldador es examinado para la posición horizontal, vertical o sobrecabeza, no es necesario que se le examine para la posición plana.

La preparación de las muestras y las posiciones para prueba se indican en las figuras 5.20 y 5.21.

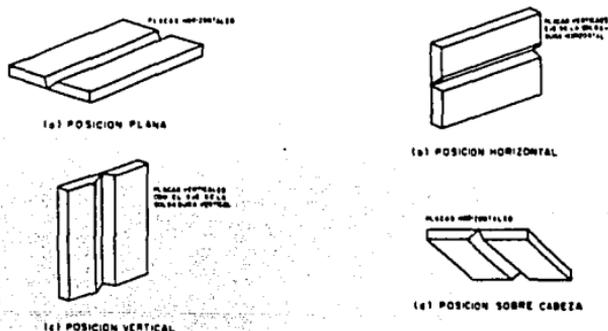


Fig. 5.20 Posiciones para la calificación de soldadores en soldaduras de ranura.

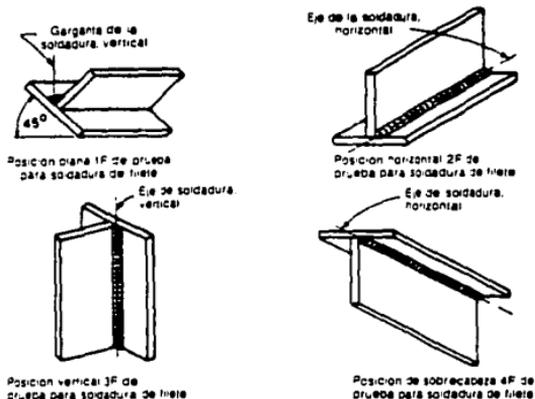


Fig. 5.21 Posiciones para la calificación de soldadores en soldaduras de filete.

B) Calificación de los soldadores en varilla

Para soldaduras de ranuras en varillas se hacen las siguientes pruebas:

- 1.- Pruebas a tensión.
- 2.- Pruebas de sanidad

La SCT ha tenido en práctica una prueba de sanidad para calificación de soldadores de varilla, la cual consiste en lo siguiente:

- 1.- Hacer una soldadura en una junta a tope con preparación en bisel sencillo, doble bisel o doble V.

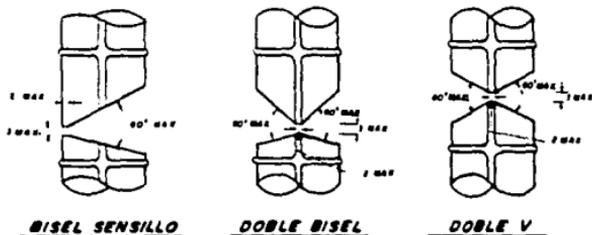


Fig. 5.22 a) Tipos de junta en varillas.

- 2.- Cortar con soplete oxiacetileno un espécimen para prueba con longitud de 60.0 cm, procurando dejar la junta soldada en el centro.
- 3.- Hacer una muesca de 4.0 mm de profundidad y perpendicular al eje de la varilla, con una segueta en el centro de la cara de la soldadura. (Fig. 5.22 b).

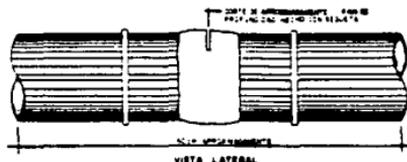


Fig. 5.22 b) Probeta para prueba de sanidad en soldaduras de varilla.

- 4.- El espécimen se somete a la prueba de doblado por medio de un mandril ó de manera que la muesca quede del lado convexo del doblaje para facilitar la falla. (Fig. 5.22 c)

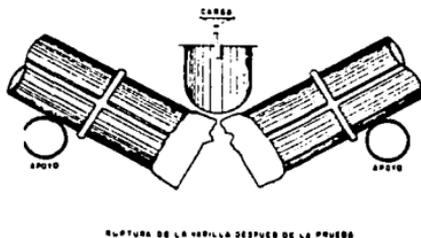


Fig. 5.22 c) Prueba de sanidad en soldadura de ranura en varillas.

- 5.- Si la unión no ha tenido un calentamiento excesivo o un "puntazo", la fractura se producirá en la muesca y seguirá los defectos de la soldadura en caso de haberlos.
- 6.- La observación a simple vista en la zona de falla es suficiente para hacer un dictamen de la calidad de la junta. Si la falla es recta, perpendicular al eje de la varilla y sin defectos, entonces la soldadura es aceptable. Si la falla es irregular será por que ha seguido los defectos, que podrían apreciarse con facilidad, siendo los más

comunes: porosidad, inclusión de escoria, fusión insuficiente y falta de penetración. (ver fig. 5.22 d))



Fig. 5.22 d) Fractura en la soldadura de varilla.

C) Inspección en la máquina soldadora

Al calificar a un soldador, es recomendable hacer una inspección a la máquina soldadora para verificar su funcionamiento, ya que si se encuentra en malas condiciones originará soldaduras deficientes aunque el soldador sea muy bueno.

Las partes principales que se deben inspeccionar son las siguientes:

- 1.- Revisar su capacidad en amperaje y comprobar el rango en el cual va a ser utilizada en función del tipo de electrodo.
- 2.- Comprobar el número de revoluciones del generador. Deberán leerse 900 RPM trabajando la máquina en vacío y 1500 RPM con carga máxima.
- 3.- Revisar el gobernador comprobando el lapso de tiempo que tarda la máquina en regularizar su aceleración a partir del instante en que se corta el arco después de establecido.
- 4.- Revisión de los bornes para que no existan falsos contactos que originen fallas a las soldaduras que se depositan.
- 5.- Revisar el diámetro de los cables en función del amperaje que se emplee y de la longitud de ellos.

- 6.- Comprobar el buen funcionamiento del reóstato, cuya misión es controlar el voltaje de la máquina dentro de los límites que se especifican para cada tipo de electrodos y posición de la soldadura.
- 7.- Siempre se deberá determinar el tipo de polaridad que corresponde a la máquina soldadora de acuerdo con la clase de electrodo que se use.
- 8.- El ruido en el funcionamiento es suficiente para que un inspector experimentado pueda corroborar el estado de la máquina.
- 9.- Comprobar la limpieza del filtro de gasolina cuando se trate de plantas accionadas por motor de combustión interna.

5.3.6 Evaluación y control de calidad de la soldadura

A) Pruebas destructivas.

- 1.- En placas de acero
- 2.- En varilla de acero

Prueba a la tensión.- Al unir el metal base por medio de un depósito de soldadura, la unión debe resultar más resistente que las mismas piezas a soldar, cualquier fuerza que provocara la ruptura, la línea de fractura deberá quedar fuera del área de la soldadura. Siendo conveniente, que la ruptura quede fuera de una zona de 10 cm aproximadamente de la unión.

Prueba de doblado.- En varillas soldadas deberán de hacerse una prueba de doblado a 180° en la zona soldada sin que la unión de soldadura se rompa o se agriete (Fig. 5.23)



a) Resistencia a la tensión



b) Doblado
Fig. 5.23



c) Dureza (Rockwell)

B) Pruebas no destructivas

Esta técnica consiste en aplicar principios de física para detectar defectos o discontinuidades en los materiales, sin afectar su utilidad. Existen varios métodos de prueba entre ellos la inspección visual es la más importante y la más usual. Debido a la necesidad de obtener productos de más alta calidad y mejor confiabilidad, se ha acelerado considerablemente el crecimiento de las pruebas no destructivas.

En el campo de la soldadura hay cinco tipos de exámenes que se utilizan más ampliamente y que a continuación se describen:

- 1.- Examen visual
- 2.- Examen radiográfico
- 3.- Examen por partículas magnéticas
- 4.- Examen por líquidos penetrantes
- 5.- Examen ultrasónico

- 1.- Examen visual.- Se puede hacer a simple vista o con el uso de aparatos como lupa, calibrador, etc., para inspeccionar si la soldadura tiene defectos.
- 2.- Examen radiográfico.- Se toman fotografías radiográficas de las uniones de la soldadura. Los defectos se ven en una forma muy similar a las radiografías en seres humanos. Este método es muy utilizado en placas de acero, varillas y principalmente en tuberías de acero.
- 3.- Examen por partículas magnéticas.- Las pruebas magnéticas son de dos tipos:
 - a) Se espolvorea hierro pulverizado en la soldadura, después se establece una carga magnética a través de la soldadura; las partículas de hierro se acumulan en las grietas o fallas.
 - b) Se mezclan limaduras de hierro con petróleo, se limpia y pule la superficie de la soldadura y se aplica esta mezcla con una brocha. Se magnetiza la soldadura con una fuerte corriente eléctrica. Si hay una grieta o falla en la soldadura, las partículas de hierro se adherirán en los bordes de las grietas y producirán una línea oscura como el diámetro de un cabello.

- 4.- Examen por líquidos penetrantes.-Ya sea por colorantes o fluorescencia. Estos colorantes o tintes vienen en botes pequeños en aerosol, con su estuche y son de fácil transportación. El colorante es un excelente método para detectar grietas superficiales que no se aprecia a simple vista.
5. - Examen ultrasónico.- En esta prueba el sonido indica si hay defectos en la soldadura. Se necesita de muchos años de experiencia para hacer esta prueba con exactitud. En la actualidad, se usa el equipo para pruebas sónicas, que está disponible en el mercado.

En la tabla 5.4 se describen con detalle las pruebas no destructivas, sus ventajas y limitaciones. Además se presentan comentarios adicionales de cada una de ellas.

Tabla 5.4 Guía de control de calidad

Técnica de examen	Equipo	Defectos detectados
Visual	Lente de bolsillo, careta para soldar, linterna sorda, calibrador para soldaduras, lupa, etc. Normas para mano de obra.	Preparación de la soldadura, ajuste, limpieza, aspereza, salpicaduras, socavado, traslape, contorno y tamaño de la soldadura, procedimientos de la soldadura. Fallas de superficie como: grietas, porosidad, cráteres sin llenar e inclusiones de escoria.
Radiográfica	Fuente de rayos x o de rayos gamma. Equipo de revelado. Equipo visor de película. Penetrómetros.	Fallas microscópicas internas como: grietas, porosidad, sopladuras, inclusiones no metálicas, penetración incompleta en la raíz, socavados, escurridos y quemaduras.
Partículas magnéticas	Partículas de hierro simples o fluorescentes, secas o suspendidas. Fuente de poder especial. Luz ultravioleta para el tipo fluorescente.	Discontinuidades superficiales y subsuperficiales como: fisuras, grietas, porosidad, escoria, etc.
Líquido penetrante	Líquidos colorantes fluorescentes, penetrantes y reveladores. Una fuente de luz ultravioleta si se usa el material fluorescente. Equipo para la aplicación de revelador.	Sólo detecta defectos abiertos a la superficie. Efectivo para la detección de fugas.
Ultrasónica	Unidades ultrasónicas y transductores. Modelos de referencia y comparación.	Puede descubrir defectos internos no localizados por otros métodos, y además defectos extremadamente pequeños.

para pruebas no destructivas en trabajos de soldadura.

Ventajas	Desventajas	Observaciones
<p>Fácil de usar, rápido y útil en todas las etapas de producción. Bajo costo.</p>	<p>Sólo para defectos superficiales. Depende de la opinión subjetiva del inspector. No da una indicación permanente.</p>	<p>Es el primer método de inspección que se usa.</p>
<p>Proporciona un registro permanente en la película. Señala defectos tanto superficiales como internos. Es aplicable en todos los materiales.</p>	<p>Generalmente no se recomienda para el examen de soldadura de filete. El revelado y la exposición de la película son críticos. Es lento y caro. Requiere precauciones de seguridad.</p>	<p>Es la técnica más popular para la inspección subsuperficial. Es el más solicitado por las normas y especificaciones. Útil para calificar soldadores y de procesos de soldadura. Por el costo se hace uso de este método cuando los demás no dan seguridad de los resultados.</p>
<p>Indica discontinuidades invisibles al ojo. Útil para revisar bordes antes de soldar. Hacer reparaciones sin límite de tamaño. Más fácil de usar que la inspección radiográfica.</p>	<p>Sólo se pueden usar con materiales magnéticos. La aspereza superficial puede distorcionar el campo magnético. Por lo general no hay registro permanente.</p>	<p>El examen debe hacerse desde dos direcciones perpendiculares para localizar discontinuidades que pudieran ser paralelas a un conjunto de líneas.</p>
<p>Detecta imperfecciones muy pequeñas y estrechas. Fácil de aplicar y de interpretar. Se emplea en materiales magnéticos y no magnéticos. Bajo costo.</p>	<p>Los pasos del proceso son muy lentos. Por lo general no hay registro permanente. No es eficaz en piezas calientes. Sólo se detectan defectos en la superficie.</p>	<p>A menudo se utiliza en el paso de raíz de soldadura de tubos muy críticos. Si el material no se limpia bien, algunos resultados pueden ser falsos.</p>
<p>Es muy sensible, rápido, confiable y fácil. Su uso sólo está restringido en construcciones muy complejas. Se puede emplear en todos los materiales. Permite explorar uniones inaccesibles a la radiografía</p>	<p>Requiere de gran habilidad de interpretación. No se puede obtener con facilidad un registro permanente.</p>	<p>Es poco solicitado por las normas y especificaciones.</p>

C) Defectos y acciones correctivas en trabajos de soldadura

Los defectos y la acciones correctivas se mencionarán brevemente, con la finalidad de corregir los defectos específicos para lograr que un buen servicio de la construcción soldada.

Los defectos están agrupados de acuerdo con la clasificación del sistema de defectos y se clasifican en grupos de seis:

- 1.- **Fracturas:** incluyendo longitudinales, transversales, radiales en cráter, etc.
- 2.- **Cavidades:** incluyendo porosidad interna, porosidad superficial, encogimiento, etc.
- 3.- **Inclusiones sólidas:** incluyendo escoria, fundente, óxidos metálicos, materiales extraños, etc.
- 4.- **Penetración o fusión incompleta:** incluye penetración incompleta, fusión incompleta, etc.
- 5.- **Forma imperfecta o contorno inaceptable:** incluyendo socavado, refuerzo excesivo, falta de llenado de filete, traslape, etc.
- 6.- **Varios defectos:** incluyendo quemaduras, golpes de arco, salpicaduras excesivas, superficie áspera, etc.

Para defectos detectados en la superficie de la soldadura, la interpretación que efectúe el inspector debe ser de mucha apreciación para no confundir los defectos.

Para realizar la interpretación radiográfica de una soldadura, ésta debe observarse en un negatoscopio de luz blanca, aclarando que las soldaduras a inspeccionar son de ranura.

Enseguida se mencionan ejemplos de los defectos más comunes que se presentan en una soldadura, así como sus causas y acciones correctivas.

1.- INCLUSION DE GAS (POROSIDAD) (P)

- La porosidad se encuentra en forma de cavidades gaseosas, por lo general en forma esférica.
- Técnica de examen: visual y radiográfica.



- Registro radiográfico - Manchas bien redondeadas variando de densidad directamente proporcional a su diámetro.
- Causa.- Tamaño incorrecto del electrodo, metal base de calidad inferior, corriente baja o excesiva para soldar, electrodos húmedos y biseles sucios.
- Acción correctiva.- Usar electrodo adecuado y seco, usar amperaje adecuado, conservar incandescente el arco hasta donde sea posible para permitir el escape de gas y quitar el óxido o pintura o cualquier otro material extraño de los biseles de la unión.

2.- INCLUSION DE ESCORIA (IE)

- La inclusión de escoria es la materia no metálica atrapada en la soldadura.
- Técnica de examen: visual y radiográfica.



- Registro radiográfico.- Manchas oscuras en formas irregulares en cualquier zona de la soldadura, por lo regular se presentan entre el cordón de soldadura y el metal base.
- Causa.- Amperaje insuficiente, falta de limpieza entre cordones y biseles de superficie irregular.
- Acción correctiva.- Subir el amperaje, limpiar adecuadamente antes de aplicar otro cordón y corregir la técnica de soldar.

5.3.7 Normas de calidad de ejecución satisfactoria

Las siguientes normas de calidad de mano de obra deben seguirse para producir soldaduras de alta calidad. Las especificaciones vigentes tienen prioridad sobre estas normas. El soldador que ejecute los trabajos de soldadura deberá tener la habilidad y capacitación para lograr una mejor aplicación.

- 1.- Las superficies por soldar deben estar completamente limpias de escoria, pintura, grasa, etc.
- 2.- Cuando sea necesario recortar partes adyacentes para un ajuste adecuado, se deben mantener los diseños del bisel y la abertura de raíz, si es posible juntar o recortar según el caso, para formar los espacios designados para el depósito de la soldadura.
- 3.- Cuando el espacio entre los miembros por unir en una unión tipo T es mayor de 1.6 mm, el tamaño de la soldadura de filete debe ser igual al tamaño especificado, además considerando también la cantidad de la abertura.
- 4.- Las temperaturas de precalentado o entre pasos se deben seguir.
- 5.- Se deben usar los electrodos especificados o los que coincidan con el metal base para que así haya fusión completa entre el metal de aporte y el metal base.
- 6.- Seguir explícitamente los procedimientos de soldadura. Esto significa usar el tipo correcto del electrodo para soldar, así como; el tamaño, la longitud del arco, el voltaje y el amperaje, los cuales deberán ser los adecuados al grueso de los electrodos, tipo de preparación y posición en que se deposite la soldadura.
- 7.- Cada cordón o paso de soldadura se deben limpiar antes de continuar con el siguiente cordón, donde el espesor de cada uno de ellos será de 3.2 mm aproximadamente.
- 8.- Las soldaduras rotas o que tengan irregularidades superficiales se deben reparar antes de seguir soldando. Cuando se presentan estos casos no se admiten tolerancias.

- 9.- Todos los cráteres de soldadura se deben rellenar completamente antes de depositar el siguiente cordón.
- 10.- Las soldaduras con demasiada porosidad superficial se deben quitar y hacer nuevamente , se admiten defectos de porosidad menores de 1.6 mm en su dimensión máxima. La suma de los diámetros de los poros visibles en la superficie de la soldadura no debe ser mayor de 9.0 mm.
- 11.- Las soldaduras que según las pruebas no destructivas tengan escoria, vacíos interiores o muestren fracturas subsuperficiales, se deben vaciar hasta llegar al metal limpio y se deben volver a soldar. Se pueden permitir pequeñas cantidades de escoria o pequeños huecos hasta de 1.6 mm como máximo. Para fracturas no hay tolerancia.
- 12.- La fusión de la raíz debe ser completa en todas las uniones diseñadas con abertura de raíz. Esto se aplica si se emplea o no en una banda con respaldo. Además, deberá haber fusión completa entre el metal de aporte y el metal base, así como entre los diferentes cordones de soldadura. La profundidad de la fusión no deberá ser menor de 1.5 mm.
- 13.- Las soldaduras a tope deberán tener un refuerzo que no exceda de 3.2 mm a los lados.
- 14.- El tamaño de las soldaduras, tal como aparezcan en los planos y dibujos, son los mínimos aceptables. Las tolerancias en el tamaño de la soldadura deben ser de 0 a 1.6 mm.
- 15.- El refuerzo o coronamiento de las soldaduras no deben ser mayor de 1.6 mm para soldaduras manuales.
16. No se permite el socavado en miembros alta o dinámicamente cargados. Además, la profundidad no debe ser mayor de 0.25 mm cuando su dirección sea transversal a la de los esfuerzos principales en la parte socavada, ni mayor de 0.8 mm cuando su dirección sea paralela a la de los esfuerzos principales.
- 17.- Se recomienda que todo trabajo se debe colocar en posición plana para soldar, siempre que sea posible.
- 18.- No se ejecutarán soldaduras bajo la lluvia, con vientos fuertes, en superficies mojadas o en otras condiciones desfavorables.

- 19.- Las construcciones soldadas o las soldaduras específicas se tomarán al azar y se deben someter a una inspección al 100 % o a cualquiera de los métodos de prueba no destructiva para determinar la calidad de las soldaduras.
- 20.- Se puede solicitar la recalificación de los soldadores si en opinión del inspector o del supervisor de soldaduras el trabajo es de calidad dudosa.
- 21.- En el caso de las varillas no se aceptarán uniones en las que la soldadura esté traslapada. (Por lo regular esta consideración se hace en varillas con diámetro mayor de 15.9 mm (5/8").

Además, durante la elaboración de una soldadura debe observarse lo siguiente:

- 1.- Conocer la composición química de los aceros que se van a soldar. La soldabilidad del acero es muy susceptible al contenido de carbono. Los aceros de bajo carbono (con menos de 20 %) se sueldan con alta probabilidad de éxito. Los de medio carbono (0.20 a 0.60 %) y alto carbono (0.60 a 1.20 %) tienen alto riesgo de agrietamiento y requieren cuidados especiales.
- 2.- Las piezas que se van a soldar deben tener cortes como los de la Fig. 5.20. Además, en el momento de la soldadura, la superficie debe estar limpia y libre de óxidos.
- 3.- Certificar la calificación profesional de los soldadores. La soldadura requiere de gran destreza visual y manual. Es una actividad de alto riesgo profesional donde el deterioro de órganos como ojos y pulmones deben evitarse al máximo.
- 4.- Supervisar continuamente el proceso de soldadura. Conviene que se hagan varias pruebas a la soldadura.

5.4 PRUEBAS DE CALIDAD EN CONCRETOS.

5.4.1 Generalidades

El concreto es el material que se obtiene al mezclar cemento portland, agregados pétreos, agua, y en algunas ocasiones aditivos. Es uno de los más usados en la construcción. Entre sus ventajas se pueden señalar las siguientes: alta resistencia a la compresión, durabilidad, resistencia al intemperismo y facilidad de fabricación, además se le puede dar cualquier forma geométrica.

5.4.2 Propiedades mecánicas del concreto.

- 1.- Resistencia a la compresión.- La finalidad de esta prueba es determinar la resistencia a la compresión del concreto hidráulico, a diferentes edades. Se obtiene por medio de especímenes cilíndricos sujetos a compresión cuyas dimensiones son de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura. Dichos especímenes al ser sometidos a la compresión presentan un comportamiento como se ve en la Fig. 5.24

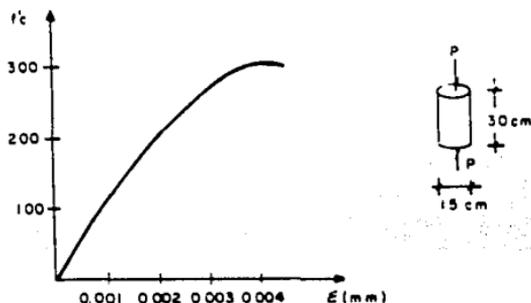


Fig. 5.24 Gráfica de esfuerzo-deformación del concreto

- 2.- Resistencia a la tensión (prueba brasileña).

Las pruebas de tensión en el concreto no deben emplearse como criterio de aceptación, o rechazo, ya que esta prueba se emplea solamente para determinar en el laboratorio su relación con la resistencia a la compresión.

3.- Relación agua-cemento

La resistencia del concreto depende de la relación agua/cemento (a/c) y en términos generales se observa que:

- Menos agua da mayor resistencia y mejor calidad
- Más agua da menor resistencia y menor calidad.

La Fig. 5.25 muestra la influencia de la relación a/c en la resistencia del concreto.

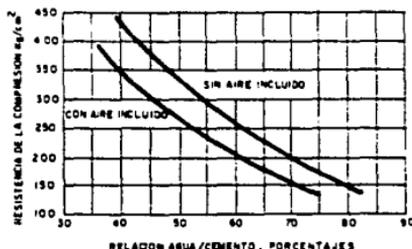


Fig. 5.25 Gráfica de la relación a/c que influye en la resistencia del concreto.

4.- Módulo de elasticidad

Aunque el concreto no es propiamente elástico es conveniente medir su módulo de elasticidad. El procedimiento más generalizado consiste en determinar la pendiente entre el punto de la gráfica correspondiente a una deformación unitaria a 0.0005 y al punto correspondiente a un esfuerzo de 5% del esfuerzo máximo.

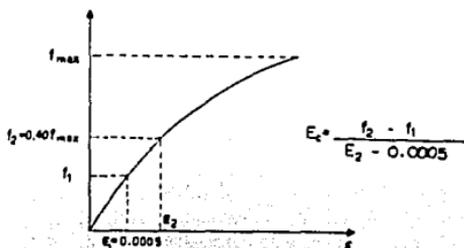


Fig. 5.26 Determinación del módulo elástico

5.- Módulo de Poisson.- Tiene un valor comprendido entre 0.15 y 0.20.

5.4.3 Propiedades químicas del concreto.

Resistencia a los sulfatos.- La inclusión de aire aumentará la resistencia a los sulfatos. El cemento debe tener una proporción de aluminato tricálcico menor del 8% para una resistencia moderada a los sulfatos y menor del 5% para una elevada resistencia.

Puede emplearse cemento tipo II para obtener una resistencia moderada a los sulfatos. El empleo del cemento tipo V es preferible si la exposición del concreto a los sulfatos es severa.

5.4.4 Ejemplos.

1.- Pruebas de calidad en concreto fresco.

a) Para obtener la resistencia a compresión del concreto hidráulico, se elaboran cilindros con dimensiones ya normalizadas. Estos cilindros son probados en compresión axial, evitando el confinamiento y manteniéndolos en condiciones húmedas durante 28 días, todo esto para obtener la resistencia deseada de las muestras. La elaboración de los cilindros se puede llevar a cabo con mezclas elaboradas en laboratorio o bien obtenidas en campo a partir de revolvedoras.

b) Especificaciones:

Normas de Calidad SCT

Norma Mexicana NMX-C-83. "Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto".

Norma Mexicana NMX-C-109. "Cabeceo de especímenes de concreto".

Norma Mexicana NMX-C-122. "Agua para concreto".

Norma Mexicana NMX-C-156. "Determinación del revenimiento. Concreto fresco".

Norma Mexicana NMX-C-159. "Elaboración y curado en el laboratorio de especímenes".

Norma Mexicana NMX-C-160. "Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto".

Norma Mexicana NMX-C-161. "Muestreo de concreto fresco".

c) Muestreo.

Las Normas de Calidad SCT, recomienda se tomen como mínimo 5 muestras de cada clase de concreto colado en un día y/o por cada 50 m³ de concreto. Las muestras se obtendrán de bachadas escogidas al azar y cada una deberá constar de 2 especímenes obtenidos de la misma bachada. El número total de muestras de cada clase de concreto será como mínimo de 10.

El período entre tomar la muestra y usarla no debe exceder de 15 minutos. Se recomienda que la muestra sea superior al volumen necesario y esté de acuerdo con el tamaño máximo del agregado.

d) Método de prueba.

Se elaboran especímenes de concreto fresco, iniciando con la prueba de revenimiento que sirve para detectar variaciones en la uniformidad de la mezcla de proporciones determinadas, también da la idea de la trabajabilidad del concreto. Dichos especímenes se dejan reposar 20 horas dentro del molde, posteriormente se someten al curado dentro de un cuarto húmedo o se sumergen en agua a una temperatura de $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante el tiempo requerido que puede ser de 1, 3, 7, 14 y 28 días. Finalmente se someten a la prueba de compresión, previo cabeceo que se le da a los cilindros con azufre para garantizar uniformidad en las platinas, se colocan en la máquina de prueba aplicando carga hasta la ruptura, obteniéndose la resistencia a la compresión dividiendo la carga necesaria para que falle el espécimen, entre el área de la sección del mismo.

e) En la Fig. 5.27 se muestran los resultados obtenidos de una muestra que fue sometida a pruebas de laboratorio.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
LABORATORIO DE CONSTRUCCION

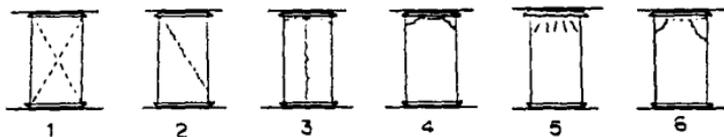


INFORME DE PRUEBAS DE CONTROL DE CONCRETO HIDRAULICO

IDENTIFICACION:				
ENSAYE NUM		100	101	
MUESTRA NUM		1	2	
TOMADA DE				
DATOS DE PROPORCIONAMIENTO:				
PROPORCIONAMIENTO NUMERO Y FECHA				
F'c (kg/cm ²), RELACION A/C REVENIMIENTO		f'c = 350 kg/cm ²	A/C = 0.45	REV. = 9.0
ADICIONANTE, MARCA, FINALIDAD Y CANTIDAD USADA				
DATOS DE LA OBRA:				
EQUIPO DE MEZCLADO		Planta Mezcladora		
VIBRADO O SIN VIBRAR		Vibrado		
CEMENTO, MARCA, TIPO Y CONSUMO/m ³		Cemento Portland Anáhuac Tipo I		
AGUA CONSUMO/BAGO				
REVENIMIENTO, cm		9.0	8.0	
DATOS DEL ESPECIMEN	DIAMETRO, cm	15.0	15.0	
	PESO kg	12.0	12.0	
	FECHA DE COLADO	1-VII-94	4-VII-94	
	FECHA DE RUPTURA	11-VII-94	1-VIII-94	
	EDAD, DIAS	7	29	
	CARGA DE RUPTURA, kg	66400	78400	
	RESISTENCIA kg/cm ²	376	432	
	% DE LA RESISTENCIA DE PROYECTO	107	123	
OBSERVACIONES:				
LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PRUEBAS EFECTUADAS A LOS CILINDROS DE CONCRETO, CUMPLEN LOS REQUISITOS INDICADOS EN EL PROYECTO.				

Fig. 5.27

- f) Ejemplos típicos de falla más comunes en los especímenes de concreto hidráulico sometidos a compresión.



- 1.- Falla deseable en compresión.
- 2.- Falla por inclinación en una de las caras de carga.
- 3.- 4 y 5.- Falla por deficiencias en el enrase de las muestras moldeadas.
- 6.- Falla por deformación en el plato de cabeceo.

Fig. 5.28 Fallas que se pueden presentar en especímenes de concreto.

Los defectos que se registran en la forma de la falla pueden deberse a la mala preparación de los especímenes ó a defectos en las placas de carga, asociados con falta de paralelismo entre cabezales y platinas de carga.

2.- Pruebas de calidad en núcleos de concreto.

- a) Para obtener corazones de concreto endurecido y determinar su resistencia a la compresión se debe emplear una perforadora con corona de diamantes. Extraídas las probetas, se cortan con discos abrasivos con el fin de dar una altura requerida al cilindro.

Los corazones se extraen cuando el concreto cumpla por lo menos 28 días. El diámetro del corazón, debe ser de 3 veces el tamaño nominal del agregado grueso empleado y en ningún caso menor que el doble del tamaño máximo nominal de dicho agregado. Procurar que la longitud del corazón sea el doble del diámetro, cuando su altura total antes de ser cabeceado sea menor al 95% de su diámetro no es aconsejable probar.

- b) Especificaciones:

Norma Mexicana NMX-C-109. "Obtención de pruebas y corazones y vigas extraídas de concreto endurecido.

Norma Mexicana NMX-C-221. "Longitud de corazones de concreto. Método de prueba.

- c) Muestreo.

Deben tomarse tres corazones por cada resultados de pruebas de cilindros que esté por debajo de la f_c en más de 35 kg/cm^2 .

- d) Método de prueba.

Los especímenes obtenidos se someten a las siguientes pruebas.

- Compresión.- Para la prueba a compresión se debe cuidar que:
 - los extremos estén prácticamente lisos y perpendiculares a su eje horizontal.
 - deben estar en condiciones húmedas a una temperatura de $\pm 2^\circ\text{C}$ en un periodo de 40 horas mínimo.

- Para la corrección por relación de esbeltez, longitud entre diámetro diferente a 2 se aplica un factor indicado por la siguiente tabla:

RELACION DE LA LONGITUD DEL CILINDRO AL DIAMETRO h/d	FACTOR DE CORRECCION DE RESISTENCIA.
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.89

Tabla 5.5

Ya cabeceados los especímenes se procede a probar en la máquina de ensaye obteniendo los siguientes resultados. Fig. 5.29

e) Observaciones.

- Si el concreto de la estructura va a estar seco durante las condiciones de servicio, los corazones deben secarse al aire (entre 15 y 30°C, con humedad relativa menor del 60 %), durante 7 días antes de la prueba.
- Si el concreto de la estructura va a estar húmedo durante las condiciones de servicio, los corazones deben sumergirse en agua a una temperatura de $23 \pm 2^\circ \text{C}$ en un periodo de 48 horas y probarse húmedos.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 ARAGON
 LABORATORIO DE CONSTRUCCION



INFORME DE PRUEBAS EN CORAZONES DE CONCRETO HIDRAULICO

Muestra: Probetas cilíndricas de concreto hidráulico

Fecha:

IDENTIFICACION

Corazón núm.:
 Obra: Edificio M
 Elemento estructural: Vigas de concreto reforzado
 Localización de los ejes: A, B y C
 Resistencia de proyecto, en kg/cm²: 250

DATOS DE PRUEBA

Muestra núm.:	1	2	3
Peso del corazón, en g:	3 100	3 070	3 110
Peso volumétrico, en kg/cm ³ :	2 313	2 317	2 321
Diámetro del corazón, en cm:	9.5	9.5	9.5
Area, en cm ² :	70.88	70.88	70.88
Altura del corazón, en cm:	18.7	18.7	18.9
Relación h/D:	2.031	2.031	2.052
Fecha de colado:			
Fecha de ruptura:			
Edad, en días:			
Carga de ruptura, en kg:	18.200	14.400	13.800
Resistencia de ruptura a la compresión, en kg/cm ² :	257	203	195
Factor de corrección:	1.000	1.000	1.000
Resistencia corregida por esbeltez, en kg/cm ² :	257	203	195
Porcentaje de resistencia:	103	81	78
Altura cabeceada, en cm:	19.3	19.3	19.3

OBSERVACIONES

Las probetas sometidas a prueba, dieron como resultado una resistencia promedio de 218 kg/cm², lo cual es inferior a la de proyecto en un 12.8 %.

Fig. 5.29

5.5 PRUEBAS DE CALIDAD EN MATERIALES PARA TERRACERIAS

5.5.1 Generalidades

A) **Definición.**- Se entiende por terracerías el conjunto de excavaciones (cortes) y rellenos (terraplenes) que es necesario efectuar en la corteza terrestre para alojar la obra vial hasta el nivel de la subrasante.

1. **Cortes.**- Son las excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural con el objeto de preparar y/o formar la sección de la obra. Los materiales de corte, de acuerdo a la dificultad que presentan para su extracción y carga, se clasifican tomando como base los tres tipos siguientes:

Material A.- Es un material suelto o blando, poco o nada cementado, puede ser excavado con pico o pala. Entre éstos se encuentran los suelos agrícolas, los limos y las arenas.

Material B.- Es un material compacto que sólo puede ser excavado eficientemente por el tractor de orugas con cuchillas. Entre estos materiales se encuentran las rocas alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blancas y tepetates.

Material C.- Es un material que sólo puede ser excavado mediante el empleo de explosivos. Ejemplos de este tipo de materiales son las rocas basálticas, las areniscas y los conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos y andesitas sanas.

- 2.- **Terraplenes.**- Son las estructuras construidas con material adecuado producto de corte y préstamos.

Se dividen en dos zonas: una que es el cuerpo de terraplén y la otra que es la capa subrasante. Cuando el tránsito es mayor a 5,000 vehículos por día, se coloca otra capa llamada subyacente. (Fig. 5.30)

Los materiales que se utilizan en la construcción de terracerías se dividen en dos: materiales compactables y no compactables (esta clasificación se hace en base a la facilidad de compactación).

Si el volumen que se extrae en la línea de proyecto no es suficiente para construir los terraplenes o rellenos, se necesita extraer material de afuera o

sea de zonas de préstamos; si estas zonas están cercanas a la obra a una distancia de 10 a 100 m a partir del centro de la línea, se llaman préstamos laterales, y si estas zonas se encuentran a más de 100 m son préstamos de banco.



* La capa subyacente se coloca cuando el tránsito es mayor a 5,000 vehículos diarios.

Fig. 5.30 Sección transversal en terraplén de una obra vial

5.5.2 Muestreo en materiales para terracerías

El muestreo consiste en la obtención de una o varias porciones representativas del material seleccionado por medio de sondeos con el fin de efectuar las pruebas de laboratorio, y así juzgar su calidad con el propósito de obtener los materiales pétreos adecuados con los que se pretenden construir un camino.

El muestreo de suelos comprende dos tipos de muestra:

- a) Muestras inalteradas.- Que son aquellas donde se conserva la estructura y la humedad del suelo. Se obtendrán de los suelos finos que puedan labrarse sin que se disgreguen. La obtención puede efectuarse en el piso o en las paredes de una excavación, en terreno natural o en terracería.

- b) **Muestras alteradas.**- Son aquéllas que están constituidas por el material disgregado o fragmentado y no se toman precauciones para conservar la estructura y la humedad del suelo. Estas muestras podrán obtenerse de una excavación de frente, ya sea de corte, de banco o de perforaciones profundas. Las muestras deberán de ser representativas de cada capa que se atravesase hasta llegar a una profundidad al cual sea necesario hacer el estudio.

Las Normas de Calidad SCT recomiendan lo siguiente:

- 1) Que el peso mínimo de la muestra sea de 40 kg, deberá obtenerse de una muestra representativa mediante el procedimiento de cuarteo. El espaciamiento de los sondeos y el número de muestras dependerá de la homogeneidad del suelo y del tipo de estudios de que se trate. En los suelos con pocas variaciones en sus características, el espaciamiento de los sondeos será mayor que en los suelos heterogéneos. Igualmente en los estudios preliminares el espaciamiento será mayor que en los estudios definitivos.

- 2) En préstamos laterales continuos y en préstamos de banco dentro del derecho de vía 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 préstamos de banco localizados fuera del derecho de vía, se recomienda hacer un sondeo por cada 1600 m² de superficie. Tratándose de cortes se recomienda hacer tres sondeos como mínimo.

Cuando el material de corte es heterogéneo se deberán hacer sondeos intermedios para definir las características de las formaciones naturales.

Para el procedimiento de muestreo, las Normas antes mencionadas recomiendan lo siguiente:

- a) Las muestras superficiales se tomarán a profundidades de 1 m.
b) Cuando el muestreo se haga a profundidades mayores de 1 m, se excava un pozo a cielo abierto y se muestrean los estratos de una de las paredes del mismo.
c) Para muestras de una pared de excavación, de un frente natural o de explotación, se hace un canal vertical de sección transversal uniforme que abarque todas las capas o estratos, el material se recoge en una lona y por cuarteo se obtiene una muestra de 40 kg.

5.5.3 Muestreo en materiales para revestimientos, subbases y bases

El muestreo se efectuará de acuerdo con lo siguiente:

a) Para zonas probables de explotación y de bancos se tomará en cuenta lo siguiente:

- 1) Los bancos que comúnmente se muestrean son las formaciones de roca, fragmentados de roca y suelo, depósitos originados por acarreo y piedra de pepena. Generalmente, es necesario efectuar un muestreo preliminar y uno definitivo.
- 2) Previamente a la obtención de las muestras deberá determinarse la localización de los lugares de muestreo de acuerdo con el tipo de estudio que se llevará a cabo:
 - tratándose de muestreos preliminares de suelos, se harán como mínimo dos sondeos en la zona probable de explotación, o bien,
 - cuando dicha zona presenta frentes abiertos, se hará cuando dos canales o ranuras sobre el talud,
 - tratándose de rocas se hará cuando menos un sondeo,
 - en el estudio definitivo se harán sondeos a cada 50 m aproximadamente,
 - cuando se tengan áreas pequeñas en estudio la distancia de 50 m podrá reducirse, y
 - en los frentes abiertos se efectuarán canales a cada 50 m o menos según la amplitud y homogeneidad del material.
- 3) Para la obtención de las muestras se procederá a lo siguiente:
 - se excavan sondeos a cielo abierto con paredes casi verticales, a una profundidad mayor de 25 cm, cada muestra debe pesar cuando menos 50 kg.
 - en los suelos homogéneos se obtendrá una muestra integral abriendo un canal en los casos de que existan frentes, se juntará en una lona y se cuarteará en esta para formar la muestra,
 - cuando el banco sea heterogéneo se tomará como mínimo una muestra por cada uno de los estratos y si se requiere se tomarán muestras integrales que representen todos los

estratos.

- cuando se trate de afloramientos o frentes abiertos en rocas, se tomarán fragmentos de diferentes lugares del área expuesta.

b) En el caso de plantas de tratamiento se hará lo siguiente:

- 1) Se tomarán porciones de muestra en la descarga de una banda transportadora o del elevador de cangilones a intervalos regulares. Estas fracciones de muestra serán de 10 kg, se tomarán cada 15 min y se combinarán para formar una muestra de 50 kg.
- 2) Cuando el muestreo se haga en la descarga de la tolva, se utilizará un vehículo de transporte para tomar 1 m³ por cada 400 m³ o fracción del material producido, posteriormente se obtendrán por cuarteos sucesivos una muestra de 50 kg. Cuando se requiera mayor información se podrá tomar una muestra por cada 100 m³ o fracción.

c) En el caso de almacenamiento se tomará en cuenta lo siguiente:

El muestreo se realizará en taludes para evitar derrumbamientos y para superficies adecuadas se efectuará mediante sondeos. En los taludes la zona de muestreo se espaciarán 10 m, obtenido el material de cada zona se mezcla y cuarteo sin contaminarlo para obtener muestras de 50 kg.

d) Para el muestreo de materiales en el lugar de utilización se realizará lo siguiente:

- 1) Cuando el material forma montones y/o está acamellado, se toma una muestra por cada 500 m³, la distancia para la toma de cada muestra es de 250 m.
- 2) Cuando el material está tendido o compactado, se tomarán las muestras a distancias no mayores de 500 m haciendo por lo menos dos sondeos en cada sección transversal al eje de la vía terrestre.

En las Normas de Calidad SCT se encuentran las instrucciones detalladas para poder obtener la muestra, como son: la herramienta y el material necesario para extraer la muestra, el procedimiento para la extracción, la operación para su transportación e identificación de la muestra del suelo.

Incluye también las operaciones de envase, identificación y transporte de las muestras.

La obtención de las muestras puede efectuarse en bancos de materiales, en plantas de producción o de tratamiento, en almacenes, en el lugar de utilización, etc.

El número y tamaño de las muestras depende del volumen y homogeneidad del material por muestrear, así como del estudio que se requiere. Cuando los materiales presentan poca variación en sus características, el número de muestras será menor y el espaciamiento de los sondeos será mayor que en los bancos o fuentes de abastecimiento heterogéneos.

5.5.4 Normas de Calidad para materiales de terracerías.

Los materiales que se usan para terracerías deberán cumplir con lo que indican las especificaciones correspondientes a la Fig. 5.31 y Tabla 5.6

ZONAS DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS PARA MATERIALES DE SUB-BASE Y BASE

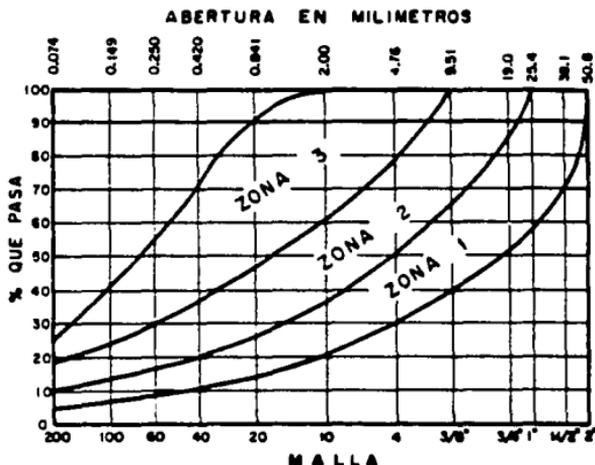


Fig. 5.31



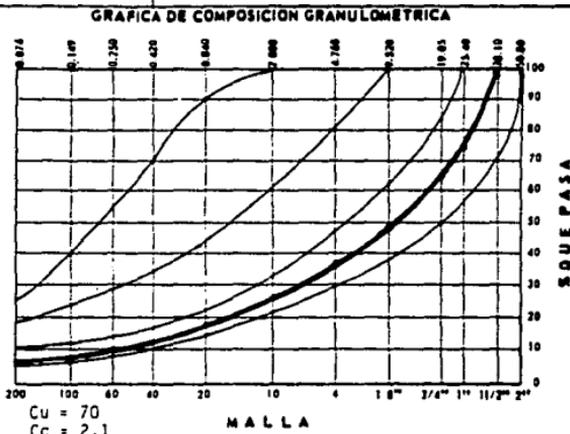
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 ARAGON
 LABORATORIO DE CONSTRUCCION



INFORME DE ENSAYE DE MATERIALES PARA BASE Y SUB-BASE

ENSAYE No. 1	MUESTRA No. UNICA	LOCALIZACION _____
MATERIAL BASALTO COLOR GRIS OSCURO, FRACTURADO, POCO ALTERADO.	ENVIADO POR _____	FECHA DE RECIBO _____
PROCEDENCIA DE BANCO	FECHA DE INFORME _____	

Peso volumetrico suelo $\rho_{s,m}$	1583
Peso volumetrico maximo	
ESTABILIDAD $\rho_{s,m}$	2058
humedad optima	6.5
% Que pasa la malla	
2"	
1 1/2"	100
1"	73
3/4"	54
3/8"	49
No. 4	37
" 10	26
" 20	17
" 40	12
" 60	10
" 100	8
" 200	6
% Desperdicio en la muestra	
V.R.S. (estandar)%	102
% Expansion	0.0
E. Arena %	55
Clasificación Suelo:	GW-GM



PRUEBAS EN MAT. MAYOR 3/8"	PRUEBAS SOBRE MATERIAL QUE PASA LA MALLA No. 60	
ABSORCION % 1.8	LIMITE LIQUIDO 24	Rel. mat 200 = 0.50
DENSIDAD 2.5	LIMITE PLASTICO INAPRECIABLE	Mat. mat 40
	INDICE PLASTICO -	Mat. <200 6
Durabilidad $D_g=63$, $D_f=64$	Equip. humedad campo -	Mat. <60 12

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
 DESGASTE TIPO "A" EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES = 17%
 EL MATERIAL SOMETIDO A PRUEBA REUNE CARACTERISTICAS ADECUADAS PARA SER UTILIZADO EN LA CONSTRUCCION DE LAS CAPAS DE SUB-BASE Y BASE.
 LAS PRUEBAS SE EFECTUARON CON MATERIAL SOMETIDO A TRITURACION TOTAL EN EL LABORATORIO, A 1 1/2 PULG. (38.10 mm) DE TAMAÑO MAXIMO.

Fig. 5.32

5.6 PRUEBAS DE CALIDAD EN MATERIALES ASFALTICOS

5.6.1 Generalidades

Los materiales asfálticos son elaborados con materiales pétreos y productos asfálticos. Estos componen la carpeta asfáltica, que es la capa superior de un pavimento flexible y proporciona la superficie de rodamiento para vehículos de transporte.

Los materiales a utilizar son los siguientes:

- a) **Materiales pétreos.**- Proviene de ríos, minas o rocas, que por lo general requieren de triturado y cribado para su utilización. Las características más importantes que deben satisfacer son: granulometría, dureza, forma de partícula y adherencia con el asfalto.
- b) **Materiales asfálticos.**- Todos los materiales asfálticos que se usan en los trabajos de pavimentación proceden de hidrocarburos, que se obtienen por procesos de refinación. Un punto muy importante que hay que considerar, es el contenido óptimo de asfalto para una carpeta, que es la cantidad de asfalto y que forma una membrana cohesiva alrededor de las partículas, con un espesor suficiente para resistir la intemperización.

5.6.2 Clasificación de los productos asfálticos.

Los productos asfálticos son materiales sólidos con propiedades aglutinantes y que se licuan gradualmente al calentarse. Estos productos se clasifican en tres grupos como se describen a continuación:

- a) **Cementos asfálticos.**- El cemento asfáltico también llamado asfalto, es el último residuo de la destilación del petróleo y a temperaturas normales es sólido, de color café oscuro. Para poder ser mezclado con materiales pétreos debe calentarse a 140°C. por lo que es necesario contar con una planta.

En nuestro país se utilizan 4 tipos o grados de cemento asfáltico, designados con los números 3, 6, 7 y 8 enumerados de mayor a menor grado de dureza, que está definida por la prueba de penetración (100 gr, 25°C, 5 seg). El más utilizado es el número 6.

b) **Asfaltos rebajados.**- Son mezclas de cemento asfáltico con fracciones ligeras de petróleo, que son los solventes o diluyentes. Su clasificación es la siguiente:

- **Asfaltos rebajados de fraguado rápido (FR).**- Se presentan cuando el solvente es del tipo de la nafta o gasolina.
- **Asfaltos rebajados de fraguado medio (FM).**- Se presentan cuando el solvente es semejante a la kerosina.
- **Asfaltos rebajados de fraguado lento (FL).**- Se presentan cuando hay contenido de cemento asfáltico y aceites ligeros.

c) **Emulsiones asfálticas.**- La emulsión asfáltica es un ligante o cementante asfáltico, que se obtiene al dispersar un ligante asfáltico en agua en forma de pequeñas partículas. Se fabrica con asfalto fluidificado con emulsionante y agua. La buena dispersión se puede obtener mediante proceso mecánico.

Las emulsiones atendiendo a su facilidad de rompimiento con los agregados se clasifican en:

- **Emulsiones de rompimiento rápido,** que contienen una cantidad mínima de emulsificante.
- **Emulsiones de rompimiento medio,** con mayor cantidad que las anteriores.
- **Emulsiones de rompimiento lento,** que contienen la mayor proporción de emulsificante.

Las emulsiones asfálticas, dependiendo de la naturaleza del emulsificante se clasifica en:

- **Aniónicas,** en la que el emulsificante contiene polaridad negativa a las partículas de asfaltos ($ph > 7$).
- **Catiónicas,** en la que el emulsificante contiene polaridad positiva a los glóbulos de asfalto ($ph < 7$).

Pocas veces se utilizan emulsiones no iónicas.

Su fabricación comercial es de dos tipos: aniónicas y catiónicas, que se elaboran a partir de cementos asfálticos de determinadas consistencias.

5.6.3 Muestreo de los productos asfálticos.

- A) El muestreo consiste en obtener una porción representativa del volumen del material asfáltico en estudio y se lleva a cabo en el material almacenado en depósitos, tanques, fosas, carros tanque o durante las maniobras de carga y descarga. En caso de que exista sedimentos, agua libre, espuma, etc. se estimará su volumen y se toman muestras de estas impurezas para su identificación. Los materiales asfálticos líquidos se deben muestrear antes de ser calentados. Los materiales asfálticos sólidos o semisólidos no deben calentarse más que lo indispensable para facilitar el muestreo.
- B) Para la obtención de las muestras se hará lo siguiente:
- 1) Con el muestreador se extraen tres porciones del material asfáltico, tomadas cada una de la parte media de los tercios superior, medio e inferior del contenido, respectivamente.
 - 2) Las tres muestras obtenidas a diferentes profundidades se depositan en recipientes por separado y se analizan para determinar si existen heterogeneidad en el material.
Si el material va a ser homogenizado, se hará una mezcla para formar una muestra integral como sigue:
 - Para tanques cilíndricos verticales, la muestra integral se formará con partes iguales de las tres muestras tomadas a diferentes profundidades.
 - Para tanques cilíndricos horizontales, la muestra integral se compondrá de acuerdo a la siguiente tabla:

Tirante del asfalto en % del diámetro vertical.	Nivel de muestreo en % del diámetro vertical			Porcentaje en volumen para formar la muestra integral		
	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior
100	80	50	20	30	40	30
90	75	50	20	30	40	30
80	70	50	20	20	50	30
70	-	50	20	-	60	40
60	-	50	20	-	50	50
50	-	40	20	-	40	60
40	-	-	20	-	-	100
30	-	-	15	-	-	100
20	-	-	10	-	-	100
10	-	-	5	-	-	100

Tabla 5.7

3) El volumen necesario para cementos asfálticos y asfaltos rebajados es de 2 litros y para emulsiones asfálticas debe ser de 4 litros.

C) Para el muestreo del material asfáltico envasado en varios depósitos como tambores y cuñetes, el procedimiento para la obtención de las muestras es el siguiente:

1) El número de muestras que se mostrará arbitrariamente se determina de acuerdo con las siguientes tabla:

Depósitos que forman el lote	Depósitos que deben muestrearse
2 a 8	2
9 a 27	3
28 a 64	4
65 a 125	5
126 a 216	6
217 a 343	7
344 a 512	8
513 a 729	9
730 a 1000	10
1001 a 1331	11

Tabla 5.8

- 2) Para materiales asfálticos líquidos se procede como en el inciso B punto 2, excepto cuando se trate de barriles, en cuyo caso se toma una muestra de 2 litros si el material es cemento asfáltico o asfalto rebajado o 4 litros cuando sean emulsiones asfálticas.
 - 3) Para materiales asfálticos sólidos o semisólidos, en lugar del muestreador se utiliza una hacha o herramienta similar. Las muestras se toman a una profundidad mayor de 10 cm de la superficie, en la parte central y tendrán un peso de 2 kg.
- D) El muestreo durante las maniobras de carga y descarga se efectúa directamente en el conducto de la descarga tomando 3 muestras parciales en recipientes de 2 litros de capacidad para cada uno, obteniendo una muestra al inicio, otra a la mitad y otra al final de la maniobra. Las muestras tomadas se mezclan para formar una muestra integral de 2 litros para cemento asfáltico ó asfalto rebajado y de 4 litros para la emulsión asfáltica.
- E) Las muestras se envasarán e identificarán cuidadosamente, tapando bien los recipientes de las muestras para evitar la evaporación y el contacto con materias extrañas.
- F) En las Normas de Calidad SCT se puede encontrar con detalle la descripción de la herramienta y el material necesario para extraer las muestras de productos asfálticos, así como el procedimiento para su obtención e identificación de las muestras.

5.6.4 Pruebas de Calidad en productos asfálticos

MATERIAL PRUEBA	CEMENTOS ASFÁLTICOS	ASFALTOS REBAJADOS	EMULSIONES ASFÁLTICAS
Viscosidad Saybolt-Furoi	X	X	X
Ductilidad	X	X	X
Solubilidad	X	X	X
Penetración	X	X ¹	X
Punto de inflamación	X	X	
Punto de reblandecimiento	X		
Prueba de película delgada	X		
Destilación		X	
Agua por destilación		X	
Flotación		X ²	
Residuo de la destilación			X
Asentamiento			X
Retenido en la malla No. 20			X
Miscibilidad con cemento portland			X
Demulsibilidad			X ³
Cubrimiento del agregado			X ⁴
pH de la emulsión			X ⁴
Contenidos de solvente			X ⁴
Disolvente en volúmen			X
Carga de la partícula			X ⁴

1 Sólo FR y FM

2 Sólo FL

3 Sólo aniónicas

4 Sólo catiónicas

Tabla 5.9

Todas estas pruebas están descritas en los procedimientos de prueba de las Normas de Calidad SCT. Las especificaciones están descritas en las siguientes tablas.

NORMAS DE CALIDAD PARA CEMENTOS ASFALTICOS

CARACTERISTICAS	GRADO DEL CEMENTO ASFALTICO			
	No. 3	No. 6	No. 7	No. 8
Peneetración, 200 g., 5 seg., 25°C., grados	80-100	40-100	60-100	40-50
Viscosidad Saybolt-Furul a 135°C., seg., mínimo	50	35	50	120
Punto de inflamación (copa abierta de Cleveland), °C., mínimo	220	232	232	232
Punto de resquebrajamiento, °C.	17-57	18-57	18-57	17-47
Ductilidad en centímetros, mínimo	50	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, %, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5
Prueba de la película delgada, 50 cm ² , 5-, 143°C.	40	50	5-	49
Peneetración, 200 g., 5 seg., 25°C., grados	100	100	100	100

TABLA 5.10

NORMAS DE CALIDAD PARA ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO RAPIDO

CARACTERISTICAS	G R A D O				
	FR-0	FR-1	FR-2	FR-3	FR-4
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL					
Punto de inflamación (copa abierta de 75)°C. -mínimo	--	--	27	27	27
Viscosidad Saybolt-Furul :					
A 25°C., seg.	75-150	--	--	--	--
A 50°C., seg.	--	75-150	--	--	--
A 60°C., seg.	--	--	100-200	250-500	--
A 92°C., seg.	--	--	--	--	125-250
Destilación: Porcentaje del total destilado a 360°C.					
Hasta 130°C., mínimo	15	10	--	--	--
Hasta 225°C., mínimo	55	50	40	25	9
Hasta 260°C., mínimo	75	70	65	55	40
Hasta 315°C., mínimo	90	88	87	83	80
Residuo de la destilación a 360°C., porcentaje del volumen total por diferencia, mínimo	50	50	57	73	79
Agua por destilación, %, máximo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
PRUEBAS EN RESIDUO DE LA DESTILACION					
Peneetración, grados	30-120	30-120	30-120	30-120	30-120
Ductilidad en centímetros, mínimo	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, %, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

TABLA 5.11

CARACTERISTICAS	GRADO				
	FR-0	FR-1	FR-2	FR-3	FR-4
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL					
Punto de inflexión, temperatura de fijación, °C/máximo	18	18	56	56	56
Solubilidad Saybolt-Furrol :					
a 25°C, seg	75-150	--	--	--	--
a 50°C, seg	--	75-150	--	--	--
a 60°C, seg	--	--	100-200	250-500	--
a 80°C, seg	--	--	--	--	125-250
Destilación: Porcentaje					
del total destilado a 350°C.					
hasta 225°C, máximo	25	20	10	5	0
hasta 260°C,	40-70	23-65	15-55	5-40	30-64
hasta 315°C,	75-93	70-90	60-87	55-85	40-80
Residuo de la destilación a 350°C, completo del volumen total con diferencia, %m.	50	40	67	73	79
Agua por destilación, % máximo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Penetración, grados	120-300	120-300	120-300	120-300	120-300
Ductilidad en centímetros, mínimo	100	150	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, % máximo					
	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

TABLA 5.12

NORMAS DE CALIDAD PARA ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO LENTO

CARACTERISTICAS	GRADO				
	FL-0	FL-1	FL-2	FL-3	FL-4
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL					
Punto de inflexión (temperatura de Cleveland), °C/máximo	56	56	80	93	107
Solubilidad Saybolt-Furrol :					
a 25°C, seg	75-150	--	--	--	--
a 50°C, seg	--	75-150	--	--	--
a 60°C, seg	--	--	100-200	250-500	--
a 80°C, seg	--	--	--	--	125-250
Destilación: Destilado total a 350°C, completo en volumen					
de la destilación, % máximo	15-40	10-30	5-25	2-15	10 máx.
Agua por destilación, % máximo	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Residuo asfáltico de 100 grados de penetración, % máximo					
	40	50	60	70	75
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Fijación en el residuo de la destilación, a 25°C, seg					
	15-100	20-100	25-100	50-125	50-150
Ductilidad del residuo asfáltico de 100 grados de penetración, 25°C, cm, mínimo					
	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, % máximo					
	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

TABLA 5.13

FALLA DE ORIGEN

NORMAS DE CALIDAD PARA EMULSIONES ASFALTICAS ANIONICAS

CARACTERISTICAS	GRADO				
	ROMPIENTO RAPIDO		ROMPIENTO MEDIO	ROMPIENTO LENTO	
	RR-1	RR-2	RM-2	RL-1	RL-2
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL					
Viscosidad Saybolt-Furul a 25°C, seg.	20-100	---	100 min	20-120	20-120
Viscosidad Saybolt-Furul a 50°C, seg.	---	75-400	---	---	---
Residuo de la destilación, % en peso, mínimo	57	52	52	57	57
Asentamiento en 5 días, diferencia %, máximo	3	3	3	3	3
Demulsibilidad 35 ml de 0.02 N CaCl ₂ , %, mínimo	50	50	---	---	---
50 ml de 0.10 N CaCl ₂ , %, máximo	--	--	30	---	---
Retenico en la malla No. 200, máximo	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Miscibilidad con cemento Portland, %, máximo	---	--	---	2.0	2.0
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Penetración, 25°C, 100 g, 5 seg, grados	100-200	100-200	100-200	100-200	40-30
Solubilidad en tetracloruro de carbono, %, mínimo	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5
Densidad a 25°C, gm. mínimo	40	40	40	40	40

NOTA : LA VISCOSIDAD DE LAS EMULSIONES NO DEBE AUMENTAR MAS DE 30% AL BAJAR SU TEMPERATURA DE 20°C A 10°C, NI BAJAR MAS DE 30% AL SUBIR SU TEMPERATURA DE 20°C A 40°C.

TABLA 5.14

NORMAS DE CALIDAD PARA EMULSIONES ASFALTICAS CATIONICAS

CARACTERISTICAS	G R A D O					
	ROMPIMIENTO RAPIDO		ROMPIMIENTO MEDIO		ROMPIMIENTO LENTO	
	RR-2K	RR-3K	RM-2K	RM-3K	RL-2K	RL-3K
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL						
Viscosidad Saybolt-Furul, 25°C, seg.	-----	-----	-----	-----	20-100	20-100
Viscosidad Saybolt-Furul, 50°C, seg.	20-100	100-400	50-500	50-500	-----	-----
Residuo de la destilación, % en peso, mínimo	60	65	60	65	57	57
Asentamiento en 5 días, diferencia en % máximo	5	5	5	5	5	5
Retenido en la malla No. 20, % máximo	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Cubrimiento del agregado (en condiciones de trabajo).-Prueba de resistencia al agua: Agregado seco, % de cubrimiento, mínimo Agregado húmedo, % de cubrimiento, mínimo	----- -----	----- -----	80 60	80 60	----- -----	----- -----
Miscibilidad con cemento Portland, %, mínimo	-----	-----	-----	-----	2	2
Carga de la partícula	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva	-----	-----
pH, mínimo	-----	-----	-----	-----	6.7	6.7
Disolvente en volumen, porcentaje, máximo	3	3	20	12	-----	-----
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION						
Penetración, 25°C, 100 g, 5 seg, grados	100-250	100-250	100-250	100-250	100/200	40/90
Solubilidad en tetracloruro de carbono, %mínimo	97	97	97	97	97	97
Ductilidad 25°C, cm, mínimo	40	40	40	40	40	40
NOTA: La viscosidad de las emulsiones no debe aumentar más de 30 % al bajar su temperatura de 70°C a 10°C, ni bajar más de 30% al subir su temperatura de 20°C a 40°C.						

TABLA 5.15

EVALUACIÓN DE ORIGEN

Comentarios a prueba SCT sobre materiales asfálticos.

Existen algunas diferencias en las Normas de Calidad SCT con las de la AASHTO y que se pueden ver en las siguientes pruebas:

- Cementos asfálticos.-

Normas SCT.- Considera las pruebas de viscosidad, punto de reblandecimiento (anillo y esfera). Se usa como solvente el tetracloruro de carbono para la prueba de solubilidad.

AASHTO.- No las incluye.

Se usa como solvente el tricloroetileno.

- Asfaltos rebajados.-

La AASHTO especifica viscosidad cinemática en vez de Saybol-Furol, pero da equivalencia entre ambas. Emplea tricloroetileno para la prueba de solubilidad e incluye como tentativa la prueba de la mancha en el residuo de la destilación. Establecen además para los asfaltos rebajados de fraguado medio, que si la ductilidad del residuo de la destilación a 25°C es menor de 100 cm, el material puede aceptarse si su ductilidad a 15°C es mayor de 100 cm.

En el caso de los asfaltos rebajados de fraguado lento, no consideran la prueba de flotación en el residuo y en vez de ella incluyen la viscosidad cinemática de dicho residuo a 60°C.

- Emulsiones asfálticas.-

SCT y AASHTO.- Consideran la prueba de cubrimiento del agregado no sólo para las emulsiones catiónicas de rompimiento medio, si no también para las aniónicas de rompimiento medio.

AASHTO.- El cubrimiento de aceptación del agregado lo califica como bueno o malo.

SCT.- El cubrimiento de aceptación del agregado lo califica por porcentaje.

AASHTO.- Considera el tricloroetileno para la prueba de solubilidad.

SCT.- Considera el tetracloruro de carbono.

En las siguientes páginas se muestran los resultados de las pruebas, obtenidos con productos asfálticos (Fig. 5.33 a Fig. 5.35).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 ARAGON
 LABORATORIO DE CONSTRUCCION



INFORME DE PRUEBAS EN CEMENTOS ASFALTICOS

OBRA _____	ENSAYE NUM _____
PROCEDENCIA _____	FECHA DE RECIBO _____
LOCALIZACION _____	FECHA DE INFORME _____
ENVIADO POR _____	

REFINERIA DE DONDE PROCEDE EL CEMENTO SALAMANCA, SCT.
 TIPO DE CEMENTO INDICADO EN LA REMISION ASFALTO No. 6
 DEPOSITOS MUESTREADOS _____
 CEMENTO PARA UTILIZARSE EN PAREDA ASFALTICA

PRUEBAS	ENSAYES			Normas de Calidad SCT Asfalto Num. 6
	NUM	NUM	NUM	
PESO ESPECIFICO A 25°C/25°C	1.026	11		
PENETRACION EN MILIMETROS	A 5°C	17		
	A 10°C	37		
	A 25°C	53		60 - 100
	A 35°C	224		
VISCOSIDAD SAYBOLT-FURUOL A 135°C. SEG.	239			35 MIN.
PUNTO DE INFLAMACION, °C	270			232 MIN.
PUNTO DE REBLANDEAMIENTO, °C	52			55 - 52
DUCTILIDAD, 25°C. CM	105			150 MIN.
SOLUBILIDAD EN CCL4, %	99.5			99.5 MIN.
PUNTO DE LA MELAJA MELAJAS	PENETRACION RETENIDA, %	61		50 MIN.
	PERDIDA POR CALENTAMIENTO, %	0.482		1.0 MAX.

OBSERVACIONES DE ACUERDO CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS EFECTUADAS, EL ASFALTO NUM. 6 CUMPLE CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS POR LAS NORMAS DE CALIDAD SCT.

Fig. 5.33



INFORME DE PRUEBAS EN EMULSIONES ASFALTICAS

OBRA _____ ENSAYES NUM. _____
 LOCALIZACION _____ FECHA DE RECIBO _____
 CIUDAD, CARINO, *RANEO, KILOMETRO, ORIGEN DEL SACRAMENTO, ETCI _____ FECHA DE INFORME _____
 ENVIADA POR _____

FABRICA DE DONDE PROCEDE LA EMULSION 29 MADRID TEMAMIDAS
 TIPO DE EMULSION INICIADO EN LA REMISION CANTIDAD DE ROMPIMIENTO RAPIDO
 DEPOSITOS MUESTREADOS AUTOMANQUE ESTACIONADO
 EMULSION PARA UTILIZARSE EN: RR-30 DE 35/50

PRUEBAS			ENSAYES			Normas de Calidad SCT Grado RR-2K
			NUM.	NUM.	NUM.	
EN LA EMULSION	VISCOSIDAD SAYBOLT FUERA DEL	A 20°C	25			
		A 30°C	20			20 - 100
	RESIDUO DE LA DESTILACION % EN PESO		95.15			60 MIN.
	ABENTAMIENTO EN 3 DIAS, %		4.5			3 MAX.
	RETENIDO EN LA MALLA NUM. 0 850, %		2.6			0.10 MAX.
	INSOLUBILIDAD CON CEMENTO PORTLAND, %		51.5			
	CARGA DE LA PARTICULA		POSITIVA			POSITIVA
	(pH)		6			
	DISUELVE EN VOLUMEN, %		0			3 MAX.
	SEMELIANDIA, %		-			
EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION	PUNTO DE CONGELACION	A 5° C	1.217	30		
		A 10° C	13			
		A 15° C	32			
		A 20° C	65			100 - 250
		A 30° C	212			
	SOLUBILIDAD EN CCl ₄ , %		99.5			97 MIN.
	DUCTILIDAD, 25°C MM		105			40 MIN.
PESO ESPECIFICO A 25°C/25°C		1.029	57			

OBSERVACIONES: DE ACUERDO CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS, LA MUESTRA NO CUMPLE CON LOS VALORES DE RETENIDO EN LA MALLA NUM. 0.850 Y PENETRACION A 25°C, ESTABLECIDOS EN LAS NORMAS DE CALIDAD SCT, PARA EMULSIONES ASFALTICAS DE ROMPIMIENTO RAPIDO TIPO RR-2K.

Fig. 5.34



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 ARAGON
 LABORATORIO DE CONSTRUCCION



INFORME DE PRODUCTOS ASFALTICOS REBAJADOS

MUESTRA DE:

PROCEDENCIA:

LOCALIZACION:

ENVIADA POR:

ENSAYE NUM:

FECHA DE RECIBO:

FECHA DE INFORME:

<u>PROBAS EN EL PRODUCTO:</u>	<u>RESULTADOS</u>	<u>NORMAS SCT</u>
PUNTO DE INFLAMACION, °C.	62	27 MIN.
VISCOSIDAD SAYBOLT-FUROL		
A 60°C, SEGUNDOS.	429	250 - 500
A 32°C, SEGUNDOS.	213	
PESO ESPECIFICO DEL PRODUCTO A 25°C/25°C.	0.970 35	
DESTILACION POR CIENTO DEL TOTAL A 360°C		
A 130°C	11.3	
A 225°C	34.3	25 MIN.
A 260°C	58.3	55 MIN.
A 315°C	36.7	83 MIN.
PESO ESPECIFICO DEL DISOLVENTE A 25°C/25°C	0.770 77	
RESIDUO DE LA DESTILACION HASTA 360°C, POR CIENTO DEL VOLUMEN POR DIFERENCIA.	84.2	73 MIN.
AGUA POR DESTILACION, POR CIENTO.	0.0	0.2 MAX.
<u>PROBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION:</u>		
PENETRACION A 5°C, 100 g y 5 s	21	
PENETRACION A 15°C, 100 g y 5 s	41	
PENETRACION A 25°C, 100 g y 5 s	96	30 - 120
PENETRACION A 35°C, 100 g y 5 s	260	
DUCTILIDAD A 25°C en cm	105	100 MIN.
SOLUBILIDAD EN TETRACLORURO DE CARBONO EN POR CIENTO.	100	99.5 MIN.
PESO ESPECIFICO DEL RESIDUO A 25°C/25°C.	1.032	

OBSERVACIONES:

DE ACUERDO CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS EL REBAJADO ASFALTICO ES UN FR-3 Y CUMPLE CON LAS NORMAS DE CALIDAD, EXCEPTO EN LA PRUEBA DE VISCOSIDAD A 60°C QUE ES MAYOR AL ESPECIFICADO.

Fig. 5.35

Materiales pétreos para carpetas y mezclas asfálticas

Son materiales pétreos seleccionados que aglutinados con un material asfáltico se emplean para construir carpetas o mezclas asfálticas.

Mezclas asfálticas

Mezclas en el lugar.- Es la mezcla asfáltica hecha en el lugar con asfalto rebajado o emulsionado y material pétreo, en el propio camino o en una plataforma de mezclado, ya sea mediante una planta móvil o con una motoconformadora.

La granulometría para elaborar estas mezclas deben cumplir de acuerdo a lo indicado en la gráfica de la Fig. 5.36

ZONA DE ESPECIFICACION GRANULOMETRICA PARA MATERIALES PETREOS QUE SE EMPLEEN EN MEZCLAS ASFALTICAS EN EL LUGAR.

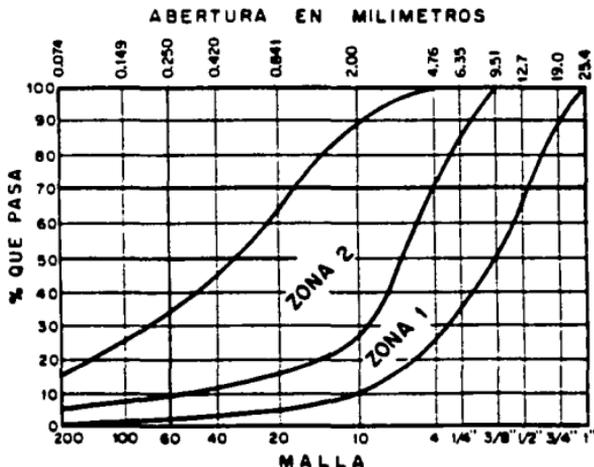


Fig. 5.36

En la siguiente página se presenta los resultados obtenidos de una prueba hecha en laboratorio (Fig. 5.37)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 ARAGON
 LABORATORIO DE CONSTRUCCION



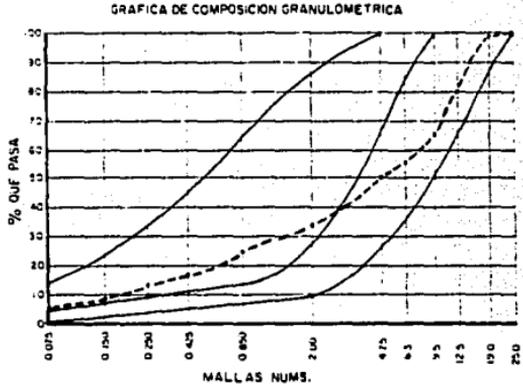
INFORME DE PRUEBAS EN MATERIALES PARA MEZCLA ASFALTICA

DATOS DEL MUESTREO	DESCRIPCION DEL MATERIAL:	CONCRETO ANESTETICO	PARA USARSE EN:	MEZCLA ASFALTICA
	CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO:	ALMACEN ADJUNTO AL BANCO		
	TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO:	REPRESENTATIVA		
	UBICACION DEL BANCO DE DONDE PROCEDE EL MATERIAL PETREO:			
TRAMO DE #			A KM	

ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN DEL MATERIAL PETREO

P.E. SECO SUELT. (g/cm ³)	1.485
EQUIV. ARENA, %	74.0
CONTRACCION LINEAL	0.2
CEGASTE, %	31.2
PART. A. APACAS, %	11.5
PART. A. LEACAS, %	15.0
ADHERENCIA	REGULAR
% DE FRIT	0

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



COMPOSICION GRANULOMETRICA	T. MAXIMO	1"
	DESPERDICO %	0.0
	MALLA	% QUE PASA
	Núm 25 0	100
	" 18.0	99
	" 12.5	80
	" 9.5	67
	" 8.3	56
	" 6.75	50
	" 2.00	34
	" 0.850	25
	" 0.425	17
" 0.250	13	
" 0.50	9	
" 0.075	6	

SUP. ESPECIFICA, m ² /kg	5.7699
P.E. RELATIVO	2.24
ABSORCION, %	5.1
VO DE ASFAL. COEF. = 2	1.0052 CORREGIDO

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: LAS MUESTRAS ANALIZADAS PRESENTAN CARACTERISTICAS ACEPTABLES PARA SU USO PROPUESTO, SIEMPRE Y CUANDO SE ENCUENTRE EN ESTA DO SECO.

Fig. 5.37

Mezcla en planta.- Es la mezcla del material pétreo y cemento asfáltico a asfalto líquido, elaborada en una planta móvil o fija. Las mezclas en planta pueden ser hechas en frío o en caliente.

Si se utiliza cemento asfáltico, la mezcla en planta coincide con el concreto asfáltico.

Concreto asfáltico.- Es una mezcla hecha en planta, en caliente, con materiales pétreos bien graduados y cemento asfáltico.

Tanto el material pétreo como el cemento asfáltico deberían ser calentados a temperaturas determinadas para lograr un cubrimiento uniforme. El tendido y la compactación deberán hacerse también dentro de las condiciones rígidas de control de temperaturas, con el fin de que la consistencia del cemento asfáltico esté dentro de los límites óptimos para compactarse.

La granulometría para este material debe ser perfectamente definida como se ve en la gráfica de la Fig. 5.38

ZONA DE ESPECIFICACION GRANULOMETRICA PARA MATERIALES PETREOS QUE SE EMPLEEN EN CONCRETOS ASFALTICOS

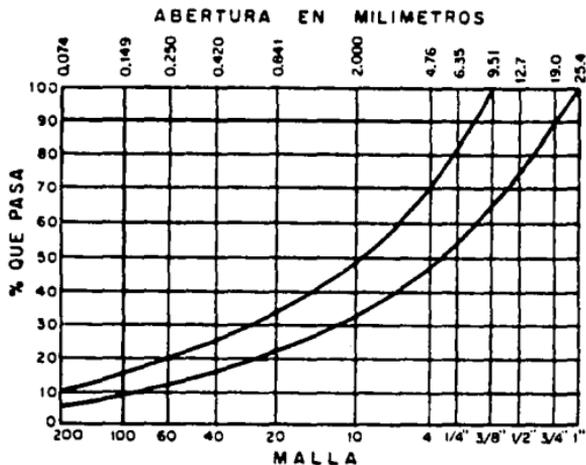


Fig. 5.38

Y además debe cumplir con las siguientes especificaciones: (Tabla 5.16)

NORMAS DE CALIDAD PARA MATERIALES PETREOS CARPETA ASFALTICAS

CARACTERISTICAS	C A L I D A D	
	DESEABLE	ADECUADA
GRANULOMETRIA : ZONA GRANULOMETRICA	VER FIGS.	5.36 Y 5.38
TAMAÑO MAXIMO (mm)	38	38
PORCENTAJE DE FINOS (MAT. < 0.075 mm)	0 - 4 MAX	0 - 3 MAX
HUMEDAD NATURAL (W) (%)	0	1 MAX
INDICE PLASTICO (IP) (%)	0	5 MAX
EQUIVALENTE DE ARENA (%)	60 MIN	55 MIN
DESGASTE DE LOS ANGELES (%)	30 MAX	40 MAX
PARTICULAS ALARGADAS (%)	25 MAX	50 MAX

TABLA 5.16

Para proseguir su estudio ya cumpliendo con la granulometría prefijada, se determina el contenido óptimo de asfalto mediante el método Marshall. Con los resultados obtenidos se hacen las variaciones convenientes en la granulometría inicial y en los porcentos de asfalto para definir la mezcla más económica, que permita obtener valores adecuados de estabilidad, por ciento de vacíos y de huecos ocupados por el asfalto, así como los valores de flujo.

En las Figs. 5.39 y 5.40 se presenta un ejemplo del material ya sometido a prueba.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 ARAGON
 LABORATORIO DE CONSTRUCCION



INFORME DE ENSAYE DE CONCRETO ASFALTICO

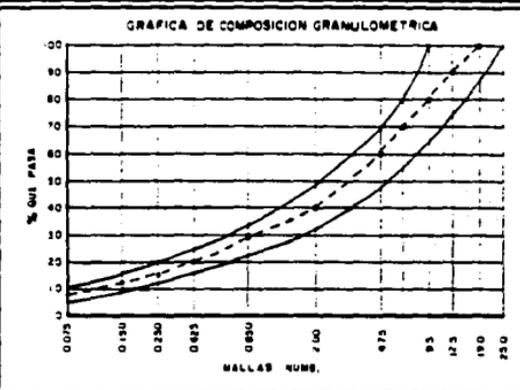
OBRA _____
 PROCEDENCIA MATERIAL DE BANDO _____ ENSAYE NUM _____
 LOCALIZACION _____ FECHA DE RECIBO _____
 ENVIADO POR _____ FECHA DE INFORME _____

DESCRIPCION DEL MATERIAL MUESTREADO PARA USARSE EN CARRETERAS EN PAVIMENTO
 TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO SECCION / MEDIDA EN PLANTA
 CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO
 UBICACION DEL BANDO DE DONDE PROCEDE EL MATERIAL MUESTREO

VIAJE NO _____ ENDO EN KM _____ A KM _____ CARRIL _____ FRANJA _____
 EMP. DE LA MEZCLA AL SALIR DE LA PLANTA _____ EN EL ENDO _____ AL INICIAR LA COMPACT _____

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL PETREO	P.E. SECDO (E.L.T.O) (g/cm ³) 1.55	
	VALORES	% DE PASA DEL PROYECTO
NUM. 250	-	-
90	100	-
75	95	-
60	50	-
45	70	-
30	50	-
225	10	-
150	30	-
75	30	-
45	15	-
30	10	-
15	10	-
7.5	5	-

P.E. (P.L.) (g/cm ³)	1.25	-
ABSORCION %	1.30	-
DESGASTE %	12.0	10 MAX.
% DE FRITURACION	1.00	-
PART. ALARGADAS %	12.7	35 MAX.
PART. LAZAS %	15.5	25 MAX.
EQUIV. DE ARENA %	53.0	55 MIN.
CONTRACCION LINEAL %	-	-



CAPACIDAD DE LA MEZCLA	NORMAS DE CONSTRUCCION SCT
CONTENIDO ASFALTO %	5.0
MARCA	
T.P.O	
CANTIDAD %	
APLICACION	BURDA

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL PETREO	NORMAS DE CONSTRUCCION SCT	CARACTERISTICAS DEL ASFALTO
P.E. (g/cm ³)	1.55	T.P.O
ESTABILIDAD, Kg	650	PENETRACION
FLUJO, mm	3.0	VISCOSIDAD
VACIOS %	3.0	TEMP. RECIBO
V.A.M. %	17.5	TEMP. DE APLIC.

RESERVAIONES Y RECOMENDACIONES LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS EFECTUADAS, EN GENERAL, CUMPLEN LAS NORMAS DE CALIDAD SCT, REFERENTES A MATERIALES PETREOS PARA MEZCLAS ASFALTICAS, CONCEPTO EN EL PORCENTAJE PERMITIDO DE PARTICULAS ALARGADAS Y EN FORMA DE LAZA. LA MEZCLA DE PRUEBA DEL DISENO MARSHALL CUMPLE LAS NORMAS ANTES INDICADAS. LAS PRUEBAS SE EFECTUARON CON MATERIAL TRITURADO EN EL LABORATORIO

Fig. 5.39

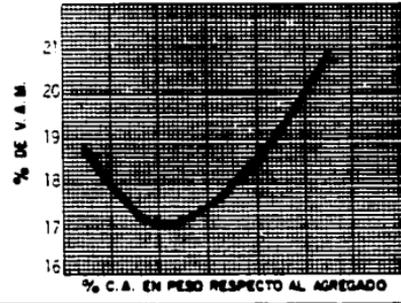
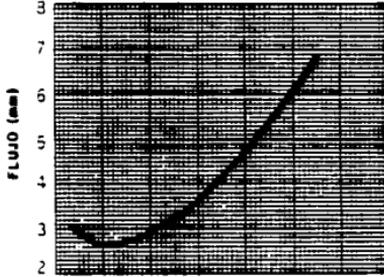
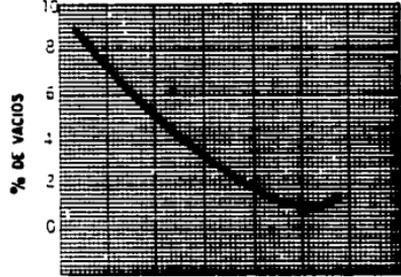
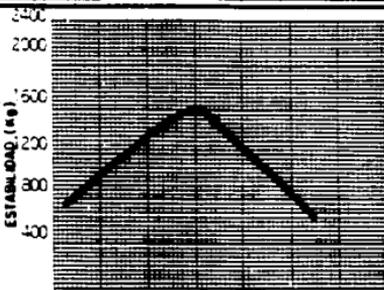
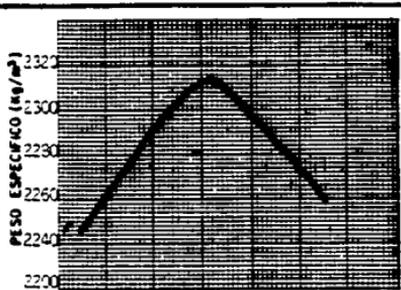


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 ARAGON
 LABORATORIO DE CONSTRUCCION



PRUEBA MARSHALL

OBRA _____
 PROCEDENCIA DE BARRAS _____ ENSAYE NUM. _____
 LOCALIZACION _____ FECHA DE RECIBO _____
 ENVIADO POR _____ FECHA DE INFORME _____
 MATERIAL PARA CAPA DE CARRETA _____
 UBICACION DE LA PLANTA _____
 OBJETO DEL ENSAYE ESTUDIO (X) _____ REVISION () _____



% C.A. EN PESO RESPECTO AL AGREGADO
 LA PRUEBA MARSHALL SE REALIZO CON MATERIAL TRITURADO EN EL LABORATORIO.

CARACTERISTICAS	DATOS OBTENIDOS	ESPECIFICACIONES
P.E. CUERPO DE BARREROS	2.62	-
CONTENIDO OPTIMO DE C.A. (%)	7.0	-
PESO VOLUMETRICO	2313	-
VACIOS (%)	3.0	3 - 5
V.A.M. (%)	17.5	14 - 19
ESTABILIDAD (kg)	1500	1700 MÍN.
FLUJO (mm)	3.6	2 - 4

ESPECIMEN COMPACTADO CON SOLERA DEL PISO POR CADA A LA TEMPERATURA DE 20 ± 0.5 °C.

Fig. 5.40

5.7 Resumen de pruebas en Materiales de Construcción

A continuación se mencionan las pruebas físicas de calidad más importantes aplicadas a algunos de los materiales empleados en la construcción. Los métodos de prueba que principalmente se llevan a cabo en el laboratorio están descritos detalladamente en las Normas de Calidad SCT y Normas Mexicanas (NMX).

1.- Aceros

Material: Varilla, alambre y torón de acero para prefuerzo, malla electrosoldada, elementos estructurales, etc.

Pruebas: Tensión, doblez, dureza e impacto.

2.- Soldadura

Material: Placa de acero y varilla de 19.05 a 38.10 mm de diámetro

Pruebas: a) Destructivas: Tensión, doblez, sanidad e impacto.

b) No destructivas: Inspecciones visuales, radiográficas, de partículas magnéticas, de líquidos penetrantes y ultrasónicas.

3.- Concretos

Material: Cemento, agregados pétreos, agua, aditivos, cilindros y corazones de concreto.

Pruebas: Compresión, flexión, densidad, absorción, peso volumétrico, sanidad, etc.

4.- Terracerías, bases y subbases

Material: Material pétreo extraído de bancos.

Pruebas: Peso volumétrico máximo, Valor Relativo de Soporte (VRS), equivalente de arena, granulometría, porcentaje de finos, límites de Atterberg, compactación AASHTO, desgaste de los Angeles, etc.

5.- Asfaltos

Material: Cementos asfálticos, asfaltos rebajados y emulsiones asfálticas.

Pruebas: Viscosidad, ductilidad, solubilidad, penetración, punto de inflamación, punto de reblandecimiento, pruebas de película delgada, destilación, flotación, etc.

Y en mezclas asfálticas: contracción lineal, desgaste de los Angeles, partículas alargadas y equivalente de arena.

CAPITULO 6

6. CALIDAD INTEGRAL

6.1 LA CALIDAD TOTAL

Los logros obtenidos implantando un sistema de calidad se llevaron a cabo con la aceptación de responsabilidades de aquellos departamentos que intervienen en la elaboración de un producto, toda la responsabilidad ya no la asume el departamento de control de calidad.

El control total de calidad se desarrolla por todos los elementos que componen a la empresa obteniendo así lo siguiente:

- Incremento a la demanda del producto o servicio como consecuencia de satisfacción de los clientes.
- Notable reducción de costos como consecuencia de una mayor conciencia de calidad de todos.
- Mayor aprovechamiento de los equipos y mejor flujo de producción como consecuencia del aumento de acciones preventivas.
- Significativa reducción de los conflictos internos y eliminación de diferencias entre producción y supervisión.
- Mayor participación en la toma de decisiones como consecuencia de contratación de personal de mejor nivel técnico y el desarrollo profesional de especialistas.
- Buenos resultados en el mejoramiento de la calidad y la reducción de costos debido a una mejor función de la administración en el control de calidad.

La calidad total no sólo se enfoca a la calidad del producto, implica que todo lo que se hace en la empresa se hace bien, tanto la producción, como en las compras, los almacenamientos, el mantenimiento, la contabilidad, etc. Es entonces el resultado de la universalización de la calidad a todas las funciones de la empresa, incluyendo la calidad humana, pues no es posible esperar productos y servicios de buena calidad hechos por hombres sin capacitación ni estímulos.

Un sistema de calidad total tiene por objetivo el satisfacer plenamente a los tres sectores que hacen posible la vida sana de una empresa siendo los siguientes:

- Los consumidores o usuarios
- Los empleados y trabajadores
- Los inversionistas

Un sistema de calidad total proporciona a la empresa, vida sana en el presente y asegura su fortaleza futura através de:

- Un desarrollo constante de sus recursos humanos
- Un mejor aprovechamiento de sus recursos naturales
- Una adecuada integración de los esfuerzos de todos

Para llevar a cabo las actividades propuestas en la empresa es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Los gerentes, los jefes de departamento y de sección, y todos los responsables por el control de calidad, deben ser los primeros que empiecen a estudiar las actividades del control de calidad.
2. Todo el personal de la empresa debe asistir a conferencias, visitar industrias y empresas donde se esté aplicando el sistema de control de calidad.
3. Se designará a una persona que se encargue de promover las actividades de los círculos de control de calidad en la empresa.
4. La empresa comienza a efectuar el programa de capacitación para todos los miembros.
5. El personal ya capacitado se integra a su lugar de trabajo para formar los círculos de control de calidad.
6. Una vez que han adquirido conocimientos básicos del control de calidad, los miembros proceden a seleccionar un programa común. Así, cuando las actividades están bien encaminadas, resulta más fácil identificar los problemas.

6.2 CIRCULOS DE CONTROL DE CALIDAD

El círculo de control de calidad es un grupo pequeño de personas que desarrolla actividades voluntarias dentro de un mismo centro de trabajo. Su objetivo es determinar los problemas específicos, analizar las consecuencias y recomendar soluciones.

Las ideas básicas en las actividades de los círculos de control de calidad en una empresa son las siguientes.

1. Contribuir al mejoramiento y desarrollo de la empresa.
2. Respetar a los compañeros y crear un lugar de trabajo amable y placentero que provoque deseos de trabajar en él y de sentido al trabajo.
3. Ejercer y aprovechar las capacidades humanas de los trabajadores.

Además existen los siguientes factores como pautas útiles para dirigir esas actividades:

- 1.- Autodesarrollo.
- 2.- Servicio voluntario.
- 3.- Actividades de grupo.
- 4.- Participación de todos los trabajadores.
- 5.- Utilización de técnicas de control de calidad.
- 6.- Actividades íntimamente ligadas con el lugar de trabajo.
- 7.- Vitalidad y continuidad de las actividades de control de calidad.
- 8.- Desarrollo mutuo.
- 9.- Originalidad y creatividad.
- 10.- Atención a la calidad, a los problemas y al mejoramiento de las actividades.

Los círculos de control de calidad participan con la administración para localizar y resolver problemas de coordinación y productividad.

En otras palabras, identifican lo que está mal en la organización y dan respuesta al problema. La administración debe crear las condiciones posibles y ser paciente para permitir que el esfuerzo y la moralidad se desarrolle naturalmente. Para el trabajador es mucho más deseable

trabajar en un ambiente agradable donde el aspecto humanístico es considerado y además sientan que su trabajo es significativo.

Aspectos de los círculos de control de calidad:

- Son grupos voluntarios de trabajo formados de 3 a 12 trabajadores guiados por un coordinador.
- Se reúnen por lo regular de una a dos horas por semana
- Identifican, analizan y resuelven problemas relacionados con el área de trabajo.
- Recomiendan soluciones a los niveles directivos
- Implementan dichas soluciones
- Vigilan y dan seguimiento a las consecuencias

La filosofía de los círculos de control de calidad se basa en la participación del trabajador en la toma de decisiones, ya que las personas más cercanas a los problemas son las que están mejor capacitadas para resolverlos.

El personal que compone un círculo de control de calidad es el siguiente:

- Coordinador
- Comité directivo
- Moderador
- Líder del círculo
- Miembros del círculo

Los objetivos que persiguen los círculos de control de calidad son:

- a) La valoración del ser humano aprovechando todo su potencial.
 - Proporcionar crecimiento personal y profesional.
 - Mejorar la comunicación.
 - Reforzar habilidades para resolver problemas y tomar decisiones.
- b) La calidad del producto terminado.
 - Mejorar la calidad de productos y servicios.
 - Incrementar la productividad.

Relación intergrupala en los círculos de control de calidad:

- Los integrantes escuchan en forma activa .
- Participación de todos los integrantes.
- El ambiente debe ser relajado.
- Los objetivos de los miembros están motivados.

Para cumplir la tarea propuesta por los grupos se requiere:

- Iniciativa
- Búsqueda de información.
- Compartir la información.
- Externar opiniones.
- Elaborar, aclarar y depurar la información.
- Sintetizar la información.

Para que el grupo se conserve es necesario:

- Motivar a los integrantes.
- Impulsar y alentar la labor de los integrantes.
- Mantener la armonía en las reuniones.
- Procurar la participación de todos los miembros.
- Buscar siempre consejos de los miembros con más experiencia.

A la vez los miembros del grupo deben contar con las siguientes cualidades:

- Asistencia frecuente a las reuniones
- Participación activa
- Aceptación voluntaria a las asignaciones
- Toma de minutas en las reuniones
- Comunicación con los miembros de su departamento
- Ayuda mutua
- Enfoque del trabajo hacia el alcance de las metas
- Compartir sus sentimientos en forma abierta y honesta

Forma en que los grupos pueden tomar decisiones:

- Por autoridad
- Por mayoría
- Por consenso

Liderazgo

El liderazgo constituye una relación de influencia entre dos o más personas, que dependan una de la otra para alcanzar ciertas metas mutuas.

Líder.- Es un individuo que tiene una serie de ideas que quiere realizar, y que por medio de las técnicas de liderazgo induce a la gente un objetivo propuesto.

Clases de líderes:

- a) Natural.- Tiene carisma, recorre un camino largo haciendo un gran esfuerzo personal y lucha constantemente para adquirir el poder. Aprovechando todo lo que sale a su encuentro.
- b) Circunstancial.-Es el que por herencia, parentesco, amistad compradazgo o alguna otra circunstancia adquiere el poder pero no tiene conocimientos para manejarlo.
La característica fundamental de estos líderes es la inseguridad. Su conducta se encamina hacia la rutina, el servilismo y manipular a la gente.
- c) Cognocitivo.- Estudia y se prepara para manejar el poder.

Actividades del líder:

- Ayudar a la gente a encontrar satisfacción y el estímulo en su trabajo.
- Supervisar a la gente de acuerdo a sus diferencias individuales.
- Ser franco, hablar con honradez y sin rodeos.
- Desarrollar una relación sólida con su personal.
- Ayudar a sus empleados a cambiar de opinión sugiriendo, proponiendo, interrogando, etc.
- Necesita seguir aprendiendo para poder seguir apoyando. No basta con la experiencia y conocimientos adquiridos.
- Debe explicar las razones de sus decisiones.

- En las discusiones debe escuchar con atención el punto de vista de la otra persona.
- Lograr la colaboración de todos sus empleados.
- Establecer una buena comunicación que no sea perturbada por la diferencia de criterios.
- Debe delegar responsabilidad a otras personas. Delegar requiere entender los puntos fuertes y débiles de otras personas.
- Debe tener capacidad para asesorar, aconsejar y adiestrar al personal para que hagan el trabajo en forma correcta y respondan de la calidad de su trabajo.

Relaciones grupales

La interacción es el cambio que existe en un grupo, a lo largo de una discusión, es una relación en la que una intervención verbal provoca una respuesta a la acción anterior.

En las siguientes gráficas se representan grupos en los que hay participación pero no hay interacción entre los integrantes del grupo.

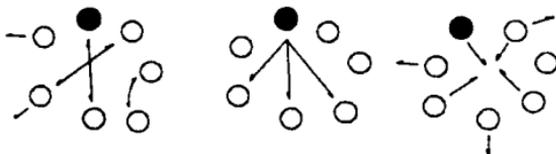


Fig. 6.1

Para llevar una buena relación grupal siempre debe haber tendencia a la comunicación y propiciar la interacción a través de la participación de todos los elementos del grupo. Así, el equipo avanza, obtiene mayor información sobre el tema; aclara dudas, amplía sus conocimientos y llega a conclusiones.

Un trabajo de discusión y de análisis en el equipo, se puede ver en la Fig. 6.2

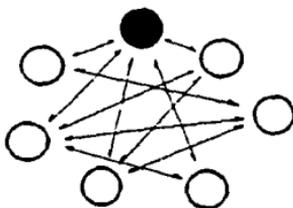


Fig. 6.2

CIRCULOS DE CALIDAD INTEGRALES

Finalmente, en una empresa los errores y omisiones cometidos desde la gerencia general hasta los supervisores, representan el 80% del costo de las fallas, mientras que los cometidos por los operarios representan el 20% de dicho costo. El principio de Pareto es evidente.

Los círculos de calidad se deben ver como un medio para lograr un fin y no como una finalidad. Mejorar la calidad y productividad no es penetrar mayormente a los mercados internacionales, es asunto de supervivencia, es asegurar la paz interior, es recuperar la libertad económica y política de nuestro país.

Los círculos de calidad integral por lo general:

- Lo constituyen los círculos de calidad formados desde la gerencia hasta los trabajadores.
- Establecen una nueva forma de vida en el trabajo en la que a través de la participación se logra un constante desarrollo y mucha satisfacción de todos los miembros de la empresa.
- Constituyen un sistema integral que provoca la superación de la calidad de todas las funciones de la empresa incluyendo la superación de la calidad humana.

6.3 RELACIONES HUMANAS

6.3.1 Personalidad

a) Concepto.- La personalidad es el conjunto de rasgos físicos, psíquicos y culturales, y que a continuación se describen de la siguiente manera:

- Físicos.- Estatura, complexión, color, cabello, glándulas, etc.
- Psíquicos.- Inteligencia, responsabilidad, confianza, ingenio, imaginación, etc.
- Culturales.- Educación, idioma, religión, nacionalidad, alimentación, vestuario, estatus, etc.

Estos tres rasgos hacen de cada ser humano un ser diferente a los demás. La herencia y el medio ambiente son factores determinantes en la personalidad; lo heredado se refiere a la estructura orgánica que fijará las posibilidades de actividad mental y lo adquirido consiste en las experiencias que el individuo acumula en el curso de su vida, la acción de ambas le hará manifestarse diferente a los demás.

El desarrollo de la personalidad es un proceso en el cual las fuerzas biológicas y culturales se integran y hacen posible que el organismo funcione como una totalidad. La personalidad se revela por la conducta total de una persona y por las reacciones que produce en los demás; cuando una conducta produce impacto, hace que los demás reaccionen favorable o desfavorablemente.

Se adquiere del ambiente todos los estímulos producidos por factores sociales y físicos que contribuyen a determinar el grado en el que se logran nuestras potencialidades y características personales, por lo tanto, el comportamiento queda determinado por las características heredadas y por las adquiridas.

b) Análisis transaccional.- El análisis transaccional ofrece un estilo de interacción humana sin restricciones. El primer paso en el proceso del análisis transaccional es hacerse consciente los tres estados del yo que el individuo posee en su persona (Padre, Adulto y Niño); y que se definen de la siguiente manera:

- Estado paternal.- Guarda enseñanzas y aprobaciones de las figuras paternas del pasado, y se repiten una y otra vez en el presente, aún cuando sus mensajes sean incorrectos o impropios.
- Estado adulto.- Es la parte de la personalidad que puede admitir nuevas opciones y que actúa de acuerdo a ellas de vez en cuando, sin el control de las grabaciones del pasado.
- Estado niño.- Se define como un caos de sentimientos infantiles del pasado y del presente.

Los malos entendidos o las "transacciones cruzadas" surgen cuando las manifestaciones de una persona en un estado, las interpreta otra persona en otro estado, lo cual termina o deforma la comunicación. El tipo de transacción que ocurre con frecuencia en las relaciones laborales es el del supervisor que dirige una declaración paternal a un subordinado, que lo hace sentir como si estuviera ante un padre reprobador. En el medio laboral una transacción de este tipo se escucha así:

Supervisor: Tienes una mala actitud y siempre te estas quejando.

Empleado: Siempre me hechas la culpa a mí cuando algo no sale bien.

Si se considera que el adulto está orientado hacia los resultados y que está en contacto con el presente, ese estado del ego es por lo común efectivo en las transacciones laborales. Un intercambio basado en la confianza mutua, lo que se conoce en el análisis transaccional como "yo estoy bien, tu estás bien", es un estilo adulto de interacción que incrementa la autoestima y mejora el trabajo. La interacción tradicional que muchas veces aplican en la administración es : "yo estoy bien, tú no estas bien" lo que da como resultado un ambiente laboral deprimente que rebaja la opinión que tiene el empleado de sí mismo, genera reacciones defensivas y trastorna el buen desempeño del trabajo.

6.3.2 Motivación laboral

- a) Concepto.- La motivación es un conjunto de propósitos, necesidades e intereses que mueven a la persona a actuar.

- b) La motivación en la vida humana.- El ser humano actúa siguiendo determinados móviles y buscando determinados fines. El estudio de la motivación es uno de los más valiosos instrumentos para comprender la naturaleza humana y las fuerzas motrices de la conducta, así como para precedir y orientar la actividad propia y ajena.
- c) Las motivaciones como impulsos básicos.-Las motivaciones son las causas internas que sostienen, promueven y dirigen la conducta, se pueden expresar como deseos, necesidades, propósitos e impulsos, lo que refleja de algún modo la fuerza o energía que impulsa a actuar a una persona.

Las motivaciones están determinadas por ciertas reacciones químicas corporales como las necesidades de comer, y sociales; como el aprendizaje con el afán de éxito. La combinación de ambos factores preparan al organismo a responder a las circunstancias externas.

Las Motivaciones se pueden dividir en dos grandes grupos:

- 1) Motivaciones primarias.- También llamadas impulsos y son: dormir, buscar abrigo, comer, evitar el dolor y las necesidades sexuales.
 - 2) Motivaciones psicosociales.- Llamadas también necesidades y son: aceptación, prestigio, aprobación, pertenencia, estatus y seguridad.
- d) Teoría motivacional.- Existen muchos modelos teóricos con que se enfoca el estudio de la motivación, una de las más importantes es la de A. H. Maslow, que considera que las necesidades humanas están organizadas jerárquicamente en una serie de niveles.

Jerarquía de necesidades:

- 1° Necesidades biológicas.
- 2° Necesidades de seguridad.
- 3° Necesidades sociales.
- 4° Necesidades de estima.
- 5° Autorealización.

La jerarquía de necesidades está basada en el hecho de que la motivación se origina internamente y no se puede imponer.

Postula tres propuestas básicas:

1. Puesto que los seres humanos son animales deseosos, se determina la conducta humana por las necesidades no satisfechas; una necesidad satisfecha ya no motiva el comportamiento.
2. Las necesidades humanas se agrupan según una jerarquía de la importancia.
3. Las necesidades superiores difieren de las inferiores en que nunca se satisfacen completamente.

Las listas de las necesidades empiezan con las más primitivas y terminan con las más utópicas, y que a continuación se describen:

- 1º El nivel biológico incluye las necesidades de las cosas primordiales, tales como; alimentación, agua, albergue y sexo. Si estas necesidades no se satisfacen, ninguna otra necesidad superior podrá actuar como motivación.
- 2º La seguridad, éstas incluyen la protección contra daños físicos, enfermedades y desastres económicos.
- 3º El social, la necesidad de pertenencia, de trabajo, recreación, paz, comunicación, realización profesional y de amor. Estas necesidades se ponen en juego solamente después de asegurar las necesidades físicas, y de seguridad.
- 4º La autoestima, es el respeto por sí mismo, el sentimiento de que se es competente y la necesidad de reconocimiento y de admiración de los demás.
- 5º Autorrealización, es el proceso más difícil de definir, de hacer real la percepción que la persona tiene de sí misma; es el impulso por ser lo que uno es capaz de llegar a ser, de lograr el potencial completo, en la forma más creativa y automotivada.

Suponiéndose que se satisfacen razonablemente las necesidades físicas, sociales y de seguridad, la necesidad siguiente del ser humano sería la autoestima y si ésta se cumple en el trabajo, se mejoraría el desempeño de la labor y la confianza del trabajador.

6.3.3 Comunicación

a) Concepto.- La comunicación es el proceso por medio del cual se transmiten y reciben datos, ideas, opiniones, actitudes, emociones, etc., que constituyen la base del entendimiento, que se logra a través del lenguaje hablado, escrito y no verbal, dicho proceso, no sólo implica interacción, si no también reacción. En los ámbitos laborales, la comunicación se presenta en todos los niveles y direcciones por medio de boletines informativos, memorandum, juntas, mesas redondas, conferencias, entrevistas, quejas, etc., que no son más que formas especializadas y estandarizadas de comunicación.

b) Elementos que intervienen en el proceso de la comunicación:

- El emisor: es quien envía las ideas.
- El código: es el lenguaje hablado o escrito.
- El receptor: es quien recibe las ideas.
- El mensaje: es la expresión de ideas.
- El canal: son medios portadores del mensaje.



La retroalimentación es la reacción positiva o negativa que presenta el receptor ante un mensaje, da la pauta a seguir al emisor, quien a su vez envía el siguiente mensaje al receptor.

En realidad, la retroalimentación es un mensaje, por lo tanto, en ese momento los papeles del receptor y emisor se invierten lo que da como resultado que la comunicación sea recíproca.

c) Tipos de comunicación.- Existen varias formas de lenguaje para comunicarse como son:

- Comunicación corporal o no verbal: esto se hace produciendo sonidos o expresiones ya sea con el rostro, con el cuerpo o todo lo que usamos en nuestro cuerpo.
- Comunicación escrita: se hace por medio de cartas, manuales de procedimiento, periódico mural, circulares, memorandum, boletines internos, etc.
- Comunicación oral o verbal: se hace de persona a persona, en juntas o comités, conferencias, entrevistas, etc.

d) Barreras que interfieren en la comunicación.- Una buena comunicación no se puede llevar a cabo debido a:

- La deformación en el contenido del mensaje.
- Las deficiencias en los medios físicos empleados en la transmisión o recepción del mensaje.
- En la forma personal de percibir los hechos.
- La falta de atención o la tendencia de sobrevalorar los hechos.

Los tipos de barrera que intervienen en la comunicación son:

- Semántica: problemas en el significado de los símbolos.
- Físicos: problemas en el medio ambiente.
- Fisiológicos: malformaciones o alteraciones físicas del individuo
- Psicológicas: problemas en las ideas o distorsión del mensaje en los individuos.
- Administrativos: problemas en las funciones que entre las organizaciones y sistema dominante, se presenta cuando el rango es superior y da pocas oportunidades de comunicación.

e) Para mejorar la comunicación.- Para lograr una mejor comunicación hay que aprender a escuchar, esto implica que hay que prestar atención al que habla, estimularlo a que diga lo que desea. El que sabe escuchar trata de encontrar un centro de interés en todo lo escucha.

Algunas barreras para escuchar son:

- Prejuicios.
- Resistencia.

- Discrepancias.
- Tendencias a evaluar.
- Carencia de tiempo.

Recomendaciones para aumentar la capacidad para escuchar:

- Comprender y escuchar con paciencia.
Considerar que el pensamiento de los demás es diferente al personal.
- Esforzarse por entender al otro en su totalidad con sus cualidades y defectos.
- Comunicarse en un ambiente de confianza y amabilidad.
- No interrumpir al interlocutor.
- Ponerse al servicio de los demás.

6.4 CONDICIONES NECESARIAS PARA OBTENER LA CALIDAD

Dentro del ambiente de trabajo deben tomarse en cuenta varios conceptos importantes para que el trabajo se lleve a cabo en una forma más organizada. Dichos conceptos son indispensables y deben aplicarse con efectividad para poder lograr los objetivos planteados, y así, poder lograr el desarrollo tanto de los trabajadores como de la empresa.

A continuación se enlistan las condiciones necesarias para obtener la calidad deseada :

a) Capacitación

La capacitación es muy importante para una empresa que quiere lograr calidad y productividad. Todos los trabajadores, los administradores y los dirigentes sindicales, deben recibir capacitación, que debe considerarse como parte del trabajo de todos.

Debe planearse cuidadosamente, asignándole tiempo, dinero y esfuerzo.

La capacitación debe de ser continua para el desarrollo del personal a fin de que pueda adoptar la filosofía de la empresa y realizar su trabajo correctamente.

Además permite familiarizarse con el producto o servicio de la empresa y las características de calidad con el asociadas, de esta manera tienen un idea global de lo que estan haciendo y no se limitan a aprender la parte específica de su puesto.

La capacitación debe abarcar la formación humana y cívica de la persona, es el único camino para lograr el cambio de actitud.

b) Confianza

El trabajador espera un ambiente de confianza en el cual pueda desarrollar y mejorar sus actitudes, tener la sensación de que agrada como persona que se le entiende y que se le trate de ayudar para hacer las cosas que le encomienda y que las puede hacer, sentir que sus opiniones y sugerencias son escuchadas, desarrollando esto en buen camino para mejorar la calidad.

c) Motivación

La palabra se deriva del latín "moveo" que significa mover, aplicándolo a la conducta del hombre, se entiende como el impulso a la acción.

La motivación asegura la fuerza creativa del hombre lo hace espontáneo en sus emociones, acciones y pensamientos. Aniquila al autómeta.

d) Creatividad

Cuando el trabajador es un espectador pasivo, no puede haber calidad ni productividad cuando es conformista, rutinario o programado. La creatividad es una característica del ser humano que requiere ser estimulada, se toma en cuenta que los individuos sólo son creativos cuando pueden satisfacer adecuadamente sus necesidades primarias.

El trabajador requiere de empresarios creativos que los capaciten, ayuden a participar, a progresar, etc. Los empresarios deben convencerse que el dinero por si mismo no produce dinero, solo el trabajo creativo genera y conserva el riqueza y el poder.

La creatividad hace que cada persona encuentre nuevos y mejores modos de hacer las cosas.

e) Reconocimiento

El trabajador desea que su trabajo le sea reconocido, que cuando haga una sugerencia sea escuchada, considerada y de ser posible llevada a cabo. Desea créditos para todos aquellas ideas nuevas que proponga, con el propósito de contribuir al mejoramiento del trabajo.

El reconocimiento debe ser otorgado públicamente por la más alta autoridad de la empresa y debe ser ampliamente difundido en la misma. Esta actividad demuestra su participación personal y apoyo a los programas para mejorar la calidad.

f) Seguridad

Concentrarse en el trabajo, requiere de tranquilidad espiritual, seguridad de conservar el trabajo sin perderlo por ningún motivo injustificado. Es importante que el trabajador sepa que está cumpliendo con el trabajo y que el jefe así lo piensa.

g) Inclusión

Ser incluido, quiere decir, tomado en cuenta, que el jefe informe todas esas cosas que permiten al trabajador tener una visión más amplia del trabajo para hacerlo mejor, que el jefe escuche ideas y sugerencias, que le enseñe y le deje hacer cada día más cosas de todo lo que sabe hacer.

h) Oportunidad de progreso

Todo trabajador que quiere progresar, espera una oportunidad de la empresa, que le ponga el escalón, desde luego que es él quien lo debe de escalar para poder progresar. Progresar, quiere decir asumir más e importantes responsabilidades, cuyo cumplimiento implica tener más conocimientos, mejores habilidades y mejores actitudes, derivadas de una capacitación permanente.

i) Trabajo en equipo

Es obvio que el desarrollo de una empresa sea obra de equipos, la empresa es un conjunto de equipos enlazados y referidos a objetivos comunes.

Con el trabajo en equipo se logra una nueva forma de participación y motivación. Se contribuye a crear un ambiente más agradable de trabajo, donde la posibilidad de progreso es igual para todos, ya que el trabajo es realizado por todos. Con este sistema el campo está abierto para la iniciativa, la creatividad, la responsabilidad y la concientización. Mejora la comunicación y propicia que cada individuo trabaje para un objetivo común. Brinda oportunidad a cada individuo de que sus compañeros reconozcan sus habilidades y creatividad. Los productos de excelente calidad son obra de equipos en los cuales múltiples autores anónimos aportaron su colaboración.

j) Liderazgo

Para lograr calidad y productividad se requiere trabajo en equipo y esto a su vez requiere de liderazgo. Para que el liderazgo funcione en la empresa es indispensable que la empresa proporcione al trabajador; buen salario, planes de jubilación, beneficios médicos, confianza, trato justo, cumplimiento de promesas, capacitación, reconocimiento, ser escuchado, respaldo y un ambiente agradable de trabajo.

Además convencer al trabajador de que la seguridad y comodidad de su familia, dependen del esfuerzo que hagan para realizar bien su trabajo.

A cambio de lo anterior proporcionará a la empresa: trabajo efectivo, honestidad, cooperación, puntualidad, productividad y responsabilidad.

k) Proveedores

La empresa debe buscar proveedores únicos para establecer una relación de interdependencia económica, administrativa y tecnológica para fabricar la calidad conjuntamente y beneficiarse de ella.

El compromiso del cliente con el proveedor debe de ser el de proporcionar especificaciones detalladas y completas, sin dudas acerca del requisito de calidad.

El compromiso del proveedor con el cliente debe ser entregar el producto cumpliendo con las especificaciones y en el tiempo estipulado. Estar siempre dispuesto a llevar a cabo las acciones correctivas necesarias cuando existan reclamaciones por producto insatisfactorio.

Ambos deben buscar una relación a largo plazo con el espíritu de que es lo mejor para los dos.

l) Control de calidad

El control de calidad es una actividad que debe planearse a largo plazo, que requiere del trabajo en equipo, además de la experiencia y creatividad de los trabajadores. Se fundamenta en la

responsabilidad y solución de los problemas para mejorar continuamente la calidad.

Para lograr calidad es necesaria la participación activa y continua de todos los niveles que componen una empresa. Una organización de calidad se detecta por el grado de participación, comunicación, cooperación, confianza y respeto que existe entre sus empleados. Los resultados podrán verse en forma lenta puesto que por lo regular los planes son a largo plazo. El cambio es lento, natural y voluntario, que gradualmente involucra a más trabajadores, supervisores y gerentes en la solución de los problemas de calidad.

m) Costo de la calidad

El costo de la calidad es la herramienta que demuestra a la dirección de una empresa, la efectividad y valor del sistema de control de calidad. Esto comprende la medición de los gastos realizados para asegurar la calidad del producto y además los gastos de los errores. Se recordará que los costos comprenden las actividades preventivas, de evaluación y correctivas, las cuales buscan el mejoramiento de las utilidades.

n) Estadística

La aplicación de métodos estadísticos para el control del proceso durante la fabricación de un producto tiene como finalidad mejorar la calidad. El control estadístico evita ajustes inútiles y tardíos, es económico y eficaz. Las actividades no controladas generan retrabajos y desperdicios, causa retrasos en la producción y en los tiempos de entrega e incrementa el costo.

o) Metrología

El propósito básico de la metrología en la industria es el de evaluar la conformidad del producto con respecto a las especificaciones. Las empresas para juzgar el nivel de calidad de los productos utilizan instrumentos de medición desde la recepción de materiales hasta las pruebas finales. La falla de los instrumentos o de las mediciones ocasionan serios trastornos en la fabricación del producto.

p) Auditoría

Consiste en revisiones independientes para verificar la efectividad del sistema de calidad establecido, así como ver donde están las debilidades, corregir fallas y tomar medidas preventivas. Aquí es importante recalcar que las auditorías no deben ser efectuadas por los responsables directos de las actividades del sistema. Para efecto de evaluar los resultados se pueden utilizar cuestionarios con puntajes según los porcentajes de cumplimiento alcanzados.

Así la empresa se beneficia y puede observar directamente la operación real de la empresa, descubre el verdadero nivel de calidad, de que otra forma podría ocultársele. Mejoran las relaciones entre las autoridades y subalternos, porque habrá oportunidad de hablar entre trabajadores, jefes de departamento y supervisores.

CAPITULO 7

CONCLUSIONES

En la actual etapa de desarrollo de nuestro país, la búsqueda de la calidad en todos los procesos productivos, debe ser una preocupación constante con el objeto de alcanzar la competitividad necesaria en los mercados internacionales abiertos. En el caso de la industria de la construcción, la calidad tendrá también como beneficio el asegurar que las obras sean resistentes, funcionales y durables.

Uno de los aspectos que mayor influencia tiene en la calidad de las obras construidas, es la calidad de los materiales que las integran.

Esta tesis tiene la finalidad de analizar todos los elementos que determinan la calidad de los materiales de construcción y fundamenta las Normas de aceptación de éstos. De la tesis se puede destacar como básicas las ideas siguientes:

1. La buena calidad de un producto no implica únicamente que esté bien hecho, si no que tenga todas las características que le permitan satisfacer las esperanzas del cliente que lo adquiere. Estas características no sólo son físicas, sino que también incluyen aspectos de oportunidad, costo y aún aspectos sociales como la moda. En el caso de los materiales de construcción, las esperanzas del cliente quedan configuradas en las especificaciones del proyecto, de modo que puede decirse que un material de construcción de buena calidad, es el que satisface las especificaciones de proyecto. La calidad es sinónimo de satisfacción del cliente, persona física o moral a quien ha de servir.
2. La estadística es una herramienta fundamental para el control del proceso de construcción y del manejo de los materiales. Los conceptos de esta disciplina deben ser comprendidos por los involucrados en cualquier proceso productivo. Tomando en cuenta que esos conceptos son de difícil comprensión por su carácter abstracto, en esta tesis se trató de facilitar su asimilación presentando problemas ilustrativos de carácter práctico.
3. El conocimiento de los conceptos básicos de la calidad es importante para un ingeniero civil, ya que le ayudará a resolver los problemas de

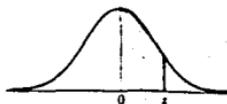
planeación, administración, control y evaluación que se le presentarán en su vida profesional.

4. La Normalización de la construcción resulta trascendental para la obtención de la calidad buscada, ya que establece el lenguaje común entre los involucrados en el proceso constructivo. Las Normas deben ser desarrolladas por comités que agrupen a técnicos con experiencia, especializados en las diferentes ramas que se involucran en el objeto de cada una de ellas.
5. Los ingenieros que manejan Normas deben conocer con detalle la Ley Federal de Normalización y Metrología y manejar con soltura el Sistema Internacional de Unidades (SI), además de conocer los instrumentos de medición y sus características de calibración.
6. Los profesionales involucrados en la construcción, deben conocer a fondo las Normas de Calidad SCT y las Normas Mexicanas (NMX), pero sin atribuirles un valor por encima del que realmente tienen. Para interpretar adecuadamente los resultados de una prueba, el profesionista no solamente debe conocer la Norma, sino también los fundamentos de ésta.
7. La calidad no es el fruto de acción individual, sino del trabajo de un equipo. Por eso, para obtenerla es muy importante que exista armonía y comunicación abierta y constante entre los integrantes del equipo responsable. El director del equipo debe además saber ser líder para infundir entre sus subordinados un espíritu animico favorable que incluya interés y entusiasmo por el trabajo, responsabilidad y confianza en sí mismo.
- 8.- La calidad final se obtiene consiguiendo la calidad en todas las etapas de la producción. Los sistemas de calidad integral tienen en cuenta que a fin de cuentas los productos son elaborados por los hombres, por lo que la capacitación y motivación de éstos, resulta fundamental. Todos los trabajadores de cualquier nivel deben estar conscientes de que su trabajo es importante y de que el trabajo bien hecho es el fundamento de la buena calidad.

APENDICES

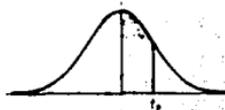
APENDICE A

**AREAS
BAJO LA
CURVA NORMAL
TIPIFICADA
DE 0 a z**



z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0754
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2258	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2518	0.2549
0.7	0.2580	0.2612	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2996	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990
3.1	0.4990	0.4991	0.4991	0.4991	0.4992	0.4992	0.4992	0.4992	0.4993	0.4993
3.2	0.4993	0.4993	0.4994	0.4994	0.4994	0.4994	0.4994	0.4995	0.4995	0.4995
3.3	0.4995	0.4995	0.4995	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4997
3.4	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4998
3.5	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998
3.6	0.4998	0.4998	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999
3.7	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999
3.8	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999
3.9	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000

PERCENTILES (t_p)
DE LA
DISTRIBUCION T DE STUDENT
CON ν GRADOS DE LIBERTAD
(AREA SOMBRADA = p)



ν	$t_{0.455}$	$t_{0.45}$	$t_{0.445}$	$t_{0.45}$	$t_{0.45}$	$t_{0.40}$	$t_{0.35}$	$t_{0.30}$	$t_{0.25}$	$t_{0.20}$
1	63.66	31.82	12.71	6.31	3.08	1.376	1.000	0.727	0.325	0.159
2	9.92	6.96	4.30	2.92	1.89	1.061	0.816	0.617	0.259	0.142
3	5.34	4.54	3.18	2.35	1.64	0.978	0.765	0.584	0.217	0.137
4	4.60	3.75	2.78	2.13	1.53	0.941	0.741	0.569	0.271	0.134
5	4.03	3.36	2.57	2.02	1.48	0.920	0.727	0.559	0.267	0.132
6	3.71	3.14	2.45	1.94	1.44	0.906	0.718	0.553	0.265	0.131
7	3.50	3.00	2.36	1.90	1.42	0.896	0.711	0.549	0.263	0.130
8	3.36	2.90	2.31	1.86	1.40	0.889	0.706	0.546	0.262	0.130
9	3.25	2.82	2.26	1.83	1.38	0.883	0.703	0.543	0.261	0.129
10	3.17	2.76	2.23	1.81	1.37	0.879	0.700	0.542	0.260	0.129
11	3.11	2.72	2.20	1.80	1.36	0.876	0.697	0.540	0.260	0.129
12	3.06	2.68	2.18	1.78	1.36	0.873	0.695	0.539	0.259	0.128
13	3.01	2.65	2.16	1.77	1.35	0.870	0.694	0.538	0.259	0.128
14	2.98	2.62	2.14	1.76	1.34	0.868	0.692	0.537	0.258	0.128
15	2.95	2.60	2.13	1.75	1.34	0.866	0.691	0.536	0.258	0.128
16	2.92	2.58	2.12	1.75	1.34	0.865	0.690	0.535	0.258	0.128
17	2.90	2.57	2.11	1.74	1.33	0.863	0.689	0.534	0.257	0.128
18	2.88	2.55	2.10	1.73	1.33	0.862	0.688	0.534	0.257	0.127
19	2.86	2.54	2.09	1.73	1.33	0.861	0.688	0.533	0.257	0.127
20	2.84	2.53	2.09	1.72	1.32	0.860	0.687	0.533	0.257	0.127
21	2.83	2.52	2.08	1.72	1.32	0.859	0.686	0.532	0.257	0.127
22	2.82	2.51	2.07	1.72	1.32	0.858	0.686	0.532	0.256	0.127
23	2.81	2.50	2.07	1.71	1.32	0.858	0.685	0.532	0.256	0.127
24	2.80	2.49	2.06	1.71	1.32	0.857	0.685	0.531	0.256	0.127
25	2.79	2.48	2.06	1.71	1.32	0.856	0.684	0.531	0.256	0.127
26	2.78	2.48	2.06	1.71	1.32	0.856	0.684	0.531	0.256	0.127
27	2.77	2.47	2.05	1.70	1.31	0.855	0.684	0.531	0.256	0.127
28	2.76	2.47	2.05	1.70	1.31	0.855	0.683	0.530	0.256	0.127
29	2.76	2.46	2.04	1.70	1.31	0.854	0.683	0.530	0.256	0.127
30	2.75	2.46	2.04	1.70	1.31	0.854	0.683	0.530	0.256	0.127
40	2.70	2.42	2.02	1.68	1.30	0.851	0.681	0.529	0.255	0.126
60	2.66	2.39	2.00	1.67	1.30	0.848	0.679	0.527	0.254	0.126
120	2.62	2.36	1.98	1.66	1.29	0.845	0.677	0.526	0.254	0.126
∞	2.58	2.33	1.96	1.645	1.28	0.842	0.674	0.524	0.253	0.126

PERCENTILES (χ^2_p)
DE LA
DISTRIBUCION CHI-CUADRADO
CON ν GRADOS DE LIBERTAD
(AREA SOMBRADA = p)



ν	$\chi^2_{.995}$	$\chi^2_{.99}$	$\chi^2_{.95}$	$\chi^2_{.9}$	$\chi^2_{.8}$	$\chi^2_{.75}$	$\chi^2_{.7}$	$\chi^2_{.6}$	$\chi^2_{.5}$	$\chi^2_{.4}$	$\chi^2_{.3}$	$\chi^2_{.25}$	$\chi^2_{.2}$	$\chi^2_{.15}$	$\chi^2_{.1}$	$\chi^2_{.05}$	$\chi^2_{.025}$	$\chi^2_{.01}$
1	7.88	6.63	5.02	3.84	2.71	1.32	0.455	0.102	0.0158	0.0039	0.0010	0.0002	0.0000					
2	10.6	9.21	7.38	5.99	4.61	2.77	1.39	0.575	0.211	0.103	0.0506	0.0201	0.0160					
3	12.8	11.3	9.35	7.81	6.25	4.11	2.37	1.21	0.584	0.352	0.216	0.115	0.072					
4	14.9	13.3	11.1	9.49	7.78	5.39	3.36	1.92	1.06	0.711	0.484	0.297	0.207					
5	16.7	15.1	12.8	11.1	9.24	6.63	4.35	2.67	1.61	1.15	0.831	0.554	0.412					
6	18.5	16.8	14.4	12.6	10.6	7.84	5.35	3.45	2.20	1.64	1.24	0.872	0.676					
7	20.3	18.5	16.0	14.1	12.0	9.04	6.35	4.25	2.83	2.17	1.69	1.24	0.989					
8	22.0	20.1	17.5	15.5	13.4	10.2	7.34	5.07	3.49	2.73	2.18	1.65	1.34					
9	23.6	21.7	19.0	16.9	14.7	11.4	8.34	5.90	4.17	3.33	2.70	2.09	1.73					
10	25.2	23.2	20.5	18.3	16.0	12.5	9.34	6.74	4.87	3.94	3.25	2.56	2.16					
11	26.8	24.7	21.9	19.7	17.3	13.7	10.3	7.58	5.58	4.57	3.82	3.05	2.60					
12	28.3	26.2	23.3	21.0	18.5	14.8	11.3	8.44	6.30	5.23	4.40	3.57	3.07					
13	29.8	27.7	24.7	22.4	19.8	16.0	12.3	9.30	7.04	5.89	5.01	4.11	3.57					
14	31.3	29.1	26.1	23.7	21.1	17.1	13.3	10.2	7.79	6.57	5.63	4.66	4.07					
15	32.8	30.6	27.5	25.0	22.3	18.2	14.3	11.0	8.55	7.26	6.26	5.23	4.60					
16	34.3	32.0	28.8	26.3	23.5	19.4	15.3	11.9	9.31	7.96	6.91	5.81	5.14					
17	35.7	33.4	30.2	27.6	24.8	20.5	16.3	12.8	10.1	8.67	7.56	6.41	5.70					
18	37.2	34.8	31.5	28.9	26.0	21.6	17.3	13.7	10.9	9.39	8.23	7.01	6.26					
19	38.6	36.2	32.9	30.1	27.2	22.7	18.3	14.6	11.7	10.1	8.91	7.63	6.84					
20	40.0	37.6	34.2	31.4	28.4	23.8	19.3	15.5	12.4	10.9	9.59	8.26	7.43					
21	41.4	38.9	35.5	32.7	29.6	24.9	20.3	16.3	13.2	11.6	10.3	8.90	8.03					
22	42.8	40.3	36.8	33.9	30.8	26.0	21.3	17.2	14.0	12.3	11.0	9.54	8.64					
23	44.2	41.6	38.1	35.2	32.0	27.1	22.3	18.1	14.8	13.1	11.7	10.2	9.26					
24	45.6	43.0	39.4	36.4	33.2	28.2	23.3	19.0	15.7	13.8	12.4	10.9	9.89					
25	46.9	44.3	40.6	37.7	34.4	29.3	24.3	19.9	16.5	14.6	13.1	11.5	10.5					
26	48.3	45.6	41.9	38.9	35.6	30.4	25.3	20.8	17.3	15.4	13.8	12.2	11.2					
27	49.6	47.0	43.2	40.1	36.7	31.5	26.3	21.7	18.1	16.2	14.6	12.9	11.8					
28	51.0	48.3	44.5	41.3	37.9	32.6	27.3	22.7	18.9	16.9	15.3	13.6	12.5					
29	52.3	49.6	45.7	42.6	39.1	33.7	28.3	23.6	19.8	17.7	16.0	14.3	13.1					
30	53.7	50.9	47.0	43.8	40.3	34.8	29.3	24.5	20.6	18.5	16.8	15.0	13.8					
40	66.8	63.7	59.3	55.8	51.8	45.6	39.3	33.7	29.1	26.5	24.4	22.2	20.7					
50	79.5	76.2	71.4	67.5	63.2	56.3	49.3	42.9	37.7	34.8	32.4	29.7	28.0					
60	92.0	88.4	83.3	79.1	74.4	67.0	59.3	52.3	46.5	43.2	40.5	37.5	35.5					
70	104.2	100.4	95.0	90.5	85.5	77.6	69.3	61.7	55.3	51.7	48.8	45.4	43.3					
80	116.3	112.3	106.6	101.9	96.6	88.1	79.3	71.1	64.3	60.4	57.2	53.5	51.2					
90	128.3	124.1	118.1	113.1	107.6	98.6	89.3	80.6	73.3	69.1	65.6	61.8	59.2					
100	140.2	135.8	129.6	124.3	118.5	109.1	99.3	90.1	82.4	77.9	74.2	70.1	67.3					

APENDICE D
NORMAS MEXICANAS (NMX)

ACERO ESTRUCTURAL

NMX

- B- 99 Acero estructural con limite de fluencia minimo de 290 MPa (29 kgf/mm²) y con espesor máximo de 13.0 mm.
- B-254 Acero estructural.
- B-286 Perfiles I y H de tres planchas soldadas de acero.

ALAMBRE

NMX

- B- 72 Alambre corrugado de acero laminado en frío para refuerzo de concreto.
- B-253 Alambre de acero, liso o corrugado, para refuerzo de concreto.
- B-293 Alambre sin recubrimiento, relevado de esfuerzos, para concreto presforzado.

ARMADURAS

NMX

- B-455 Armaduras electrosoldadas de sección triangular, de alambre de acero corrugado o liso para refuerzo de elementos estructurales de concreto.
- B-456 Armaduras soldadas por resistencia eléctrica, de alambre de acero, para castillos y dalas.

CABLES

NMX

- B-292 Torón de siete alambres sin recubrimiento, relevado de esfuerzos, para concreto presforzado.

LAMINA

NMX

- B-66 Lámina de acero al carbono, galvanizada por el proceso de inmersión en caliente, para uso estructural.
- B-347 Lámina de acero al carbono, laminado en caliente, para uso estructural.
- B-348 Lámina de acero al carbono, laminada en frío, para uso estructural.

MALLA

NMX

- B-290 Malla soldada de alambre liso o corrugado, de acero, para refuerzo de concreto.

METODOS DE PRUEBA FISICOS

NMX

- B-12 Método de inspección ultrasónica para soldadura longitudinal de tubos.
- B-51 Método de prueba de doblado, semiguizado para ductilidad de materiales metálicos.
- B-86 Guía para examen radiográfico.
- B-113 Prueba de doblado para productos de acero.
- B-116 Determinación de la dureza Brinell en materiales metálicos.
- B-118 Método de prueba para la determinación de dureza Vickers en materiales metálicos.
- B-119 Método de prueba para la determinación de la dureza Rockwell y Rockwell superficial en productos de hierro y acero.
- B-120 Prueba de impacto para materiales metálicos.
- B-124 Práctica recomendada para la inspección con partículas magnéticas.
- B-133 Método de inspección con líquidos penetrantes.
- B-172 Métodos de prueba mecánicos para productos de acero.
- B-310 Métodos de prueba a tensión para productos de acero.
- B-434 Método de prueba para determinar la masa unitaria y el área transversal de las varillas lisas y corrugadas para refuerzo de concreto.
- B-462 Método para controlar la calidad de la prueba radiográfica.

B-482 Capacitación, calificación y certificación de personal de ensayos no destructivos.

VARILLAS

NMX

- B- 6 Varillas corrugadas y lisas de acero, procedentes de lingote o palanquilla, para refuerzo de concreto.**
- B- 18 Varillas corrugadas y lisas de acero, procedentes de riel para refuerzo de concreto.**
- B- 32 Varillas corrugadas y lisas de acero, procedentes de lingote o palanquilla, para refuerzo de concreto.**
- B-294 Varillas corrugadas de acero torcidas en frío, procedentes de lingote o palanquilla para refuerzo de concreto.**
- B-457 Varillas corrugadas de acero de baja aleación, procedentes de lingote o palanquilla para refuerzo de concreto.**

SOLDADURA

NMX

- H- 1 Método de prueba de doblado libre para ductilidad de soldadura.**
- H- 2 Método de prueba de doblado guiado para ductilidad de soldadura.**
- H- 7 Métodos de prueba mecánicos para juntas soldadas.**
- H- 77 Electrodo de acero al carbono recubiertos, para soldadura con electrodo metálico recubierto.**
- H- 82 Guía para la selección de material de aporte.**
- H- 86 Electrodo de acero de baja aleación recubiertos, para soldadura por arco eléctrico.**
- H-121 Procedimientos de soldadura estructural-acero de refuerzo.**
- H-172 Procedimientos para soldar acero estructural.**

TORNILLERIA

NMX

- H- 38 Tornillos de acero, cabeza exagonal para uso estructural.**
- H-123 Tornillos de acero aleado, templados y revenidos para juntas de acero estructural.**
- H-124 Tornillos de alta resistencia para uniones de acero estructural.**

CONCRETO

NMX

- C- 9 Tubos de concreto. Especificaciones.
- C- 10 Bloques, ladrillos, tabiques y tabicones.
- C- 20 Tubos de concreto reforzado. Especificaciones.
- C- 24 Determinación de la contracción por secado de los bloques, ladrillos, tabiques y tabicones de concreto.
- C- 36 Ladrillos, bloques y adoquines de concreto, resistencia a la compresión. Método de prueba.
- C- 83 Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto.
- C-109 Cabeceo de especímenes cilíndricos.
- C-115 Método de prueba para procedimientos de curado para tubos de concreto.
- C-116 Determinación de la resistencia a la compresión por el método de los tres apoyos.
- C-122 Agua para concreto.
- C-128 Determinación del módulo de elasticidad estático y relación de Poisson. Concreto sometido a compresión.
- C-148 Gabinetes y cuartos húmedos y tanques de almacenamiento para las pruebas de cementantes y concretos hidráulicos.
- C-155 Concreto hidráulico. Especificaciones.
- C-156 Determinación del revenimiento. Concreto fresco.
- C-159 Elaboración y curado en el laboratorio de especímenes.
- C-160 Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto.
- C-161 Muestreo de concreto fresco.
- C-163 Determinación de la resistencia a la tensión por compresión diametral de cilindros de concreto.
- C-169 Obtención y prueba de corazones y vigas extraídas de concreto endurecido.
- C-191 Determinación de la resistencia a la flexión del concreto usando una viga simple con cargas en los tercios del claro.
- C-192 Determinación del índice de rebote utilizando el dispositivo conocido como esclerómetro.
- C-219 Resistencia a la compresión a edades tempranas y predicción de las mismas a edades posteriores. Método de prueba.
- C-221 Longitud de los corazones de concreto. Método de prueba.

- C-235 Resistencia a la compresión empleando porciones de viga ensayadas a flexión. Método de prueba.
- C-236 Prácticas para examinar y muestrear el concreto endurecido en el sitio de colado.
- C-243 Prueba de resistencia al cortante en concreto endurecido.
- C-263 Concreto endurecido. Masa específica, absorción y vacíos. Método de prueba.
- C-277 Agua para concreto. Muestreo.
- C-281 Moldes para elaborar especímenes cilíndricos de concreto verticalmente para pruebas.
- C-290 Elaboración, curado acelerado y prueba a compresión de especímenes de concreto.
- C-301 Concreto endurecido. Determinación de la resistencia a la penetración.
- C-303 Determinación de la resistencia a la flexión usando una viga simple con carga en el centro del claro.
- C-314 Adoquines para uso en pavimentos.

AGREGADOS

NMX

- C- 30 Agregados. Muestreo.
- C- 73 Agregados para concreto. Masa volumétrica. Método de prueba
- C- 75 Determinación de la sanidad por medio del sulfato de sodio o sulfato de magnesio.
- C- 77 Análisis granulométrico. Método de prueba.
- C- 88 Determinación de impurezas orgánicas en el agregado fino.
- C-111 Agregados. Especificaciones.
- C-164 Determinación de la masa específica y absorción de agua del agregado grueso.
- C-165 Determinación de la masa específica y absorción de agua del agregado fino. Método de prueba.
- C-166 Contenido total de humedad por secado. Método de prueba.
- C-170 Reducción de las muestras de agregados, obtenidas en el campo al tamaño requerido para las pruebas.
- C-180 Determinación de la reactividad potencial de los agregados con los álcalis del cemento por medio de barras de mortero.

- C-196 Resistencia a la degradación por abrasión e impacto de agregado grueso usando la Máquina de los Angeles. Método de prueba.
- C-245 Determinación de las correcciones en masa por la humedad de los agregados en las dosificaciones de mezclas de concreto
- C-265 Examen petrográfico. Método de prueba.

CEMENTO

- C- 1 Cemento portland.
- C- 2 Cemento portland puzolana.
- C- 21 Cemento. Mortero portland.
- C- 49 Método de prueba para la determinación de la finura de los cementantes hidráulicos mediante el tamiz No. 130 M.
- C- 55 Método de prueba para determinar la finura de los cementantes hidráulicos (Método turbidimétrico).
- C- 56 Determinación de la finura de los cementantes hidráulicos (Método de permeabilidad al aire).
- C- 57 Cementantes hidráulicos. Determinación de la consistencia normal.
- C- 58 Determinación del tiempo de fraguado en cementantes hidráulicos. (Método Gilmore).
- C- 59 Determinación del tiempo de fraguado de cementantes hidráulicos (Método de Vicat).
- C- 60 Método de prueba para determinar la resistencia a la tensión de los cementantes hidráulicos.
- C- 61 Determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos.
- C- 62 Método de prueba para determinar la sanidad de cementantes hidráulicos.
- C- 85 Método de mezclado mecánico de pastas y morteros de cementantes hidráulicos.
- C-130 Muestreo de cementantes hidráulicos.
- C-132 Método de prueba para la determinación del fraguado falso de cemento portland por el método de pasta.

CERAMICOS, BARROS Y ARCILLAS

NMX

- C- 6 Ladrillos y bloques cerámicos de barro, arcilla y/o similares.
- C- 8 Mosaicos.

- C- 37 Bloques, ladrillos o tabiques y tabicones de concreto.
Determinación de la absorción de agua.

ASBESTO CEMENTO

NMX

- C- 27 Láminas acanaladas. Especificaciones.
C- 43 Tubos. Determinación de la resistencia a la flexión.
C- 44 Tubos. Determinación de la resistencia al aplastamiento.
C- 51 Muestreo e inspección de productos de asbesto cemento.
C- 68 Método de prueba para la determinación de la resistencia mecánica de las fibras de asbesto usadas en la industria de asbesto-cemento.
C-118 Asbesto cemento láminas acanaladas. Determinación de la resistencia a la flexión.
C-119 Tubos de concreto. Determinación de la absorción de agua.
C-120 Láminas. Determinación de la impermeabilidad.
C-201 Láminas estructurales. Especificaciones.
C-202 Láminas estructurales. Determinación de la resistencia a la flexión.

CAL Y YESO

NMX

- C- 3 Cal hidratada para construcciones. Especificaciones.
C- 4 Cal viva. Especificaciones.
C- 5 Cal hidráulica hidratada. Especificaciones.
C-187 Método de prueba para el yeso y sus productos.
C-202 Determinación de las propiedades físicas del yeso y productos derivados.

VARIOS

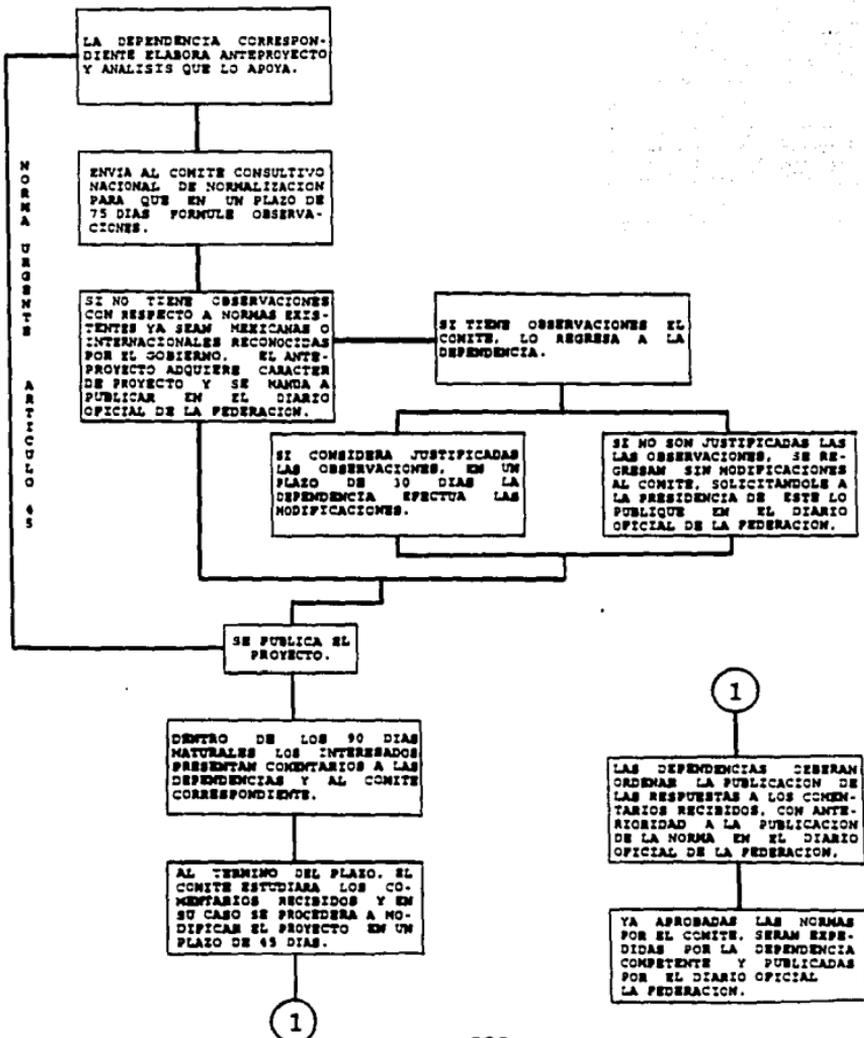
NMX

- B- 49 Definición de términos empleados en los métodos de inspección ultrasónico.
B-309 Definición de términos relacionados con los métodos de prueba mecánica.

- B-466** Definiciones y términos relativos a inspección con líquidos penetrantes.
- B-467** Definiciones de términos relacionados a la inspección con partículas magnéticas.
- C- 19** Definiciones de términos empleados en el ensayo de materiales.
- C- 45** Aditivos para concreto. Muestreo.
- C-197** Cementos asfálticos.
- C-199** Aditivos para concreto y materiales complementarios.
- C-203** Muestreo de materiales bituminosos utilizados en la construcción.
- C-248** Elementos de concreto presforzados.
- C-266** Emulsiones asfálticas.
- H- 67** Términos y definiciones empleados en radiografías con rayos x y gamma.
- H- 93** Términos y definiciones empleados en soldadura.
- H-111** Símbolos para soldadura y pruebas no destructivas.
- R- 23** Calibración en máquinas de ensaye.
- R- 14** Guía para la redacción de Normas Mexicanas.
- Z- 1** Sistema de unidades.
- Z- 12** Muestreo por atributos.
- Z- 17** Muestreo por variables.
- CH-27** Verificación de máquinas de prueba.
- Z- 55** Metrología. Vocabulario de términos generales fundamentales.

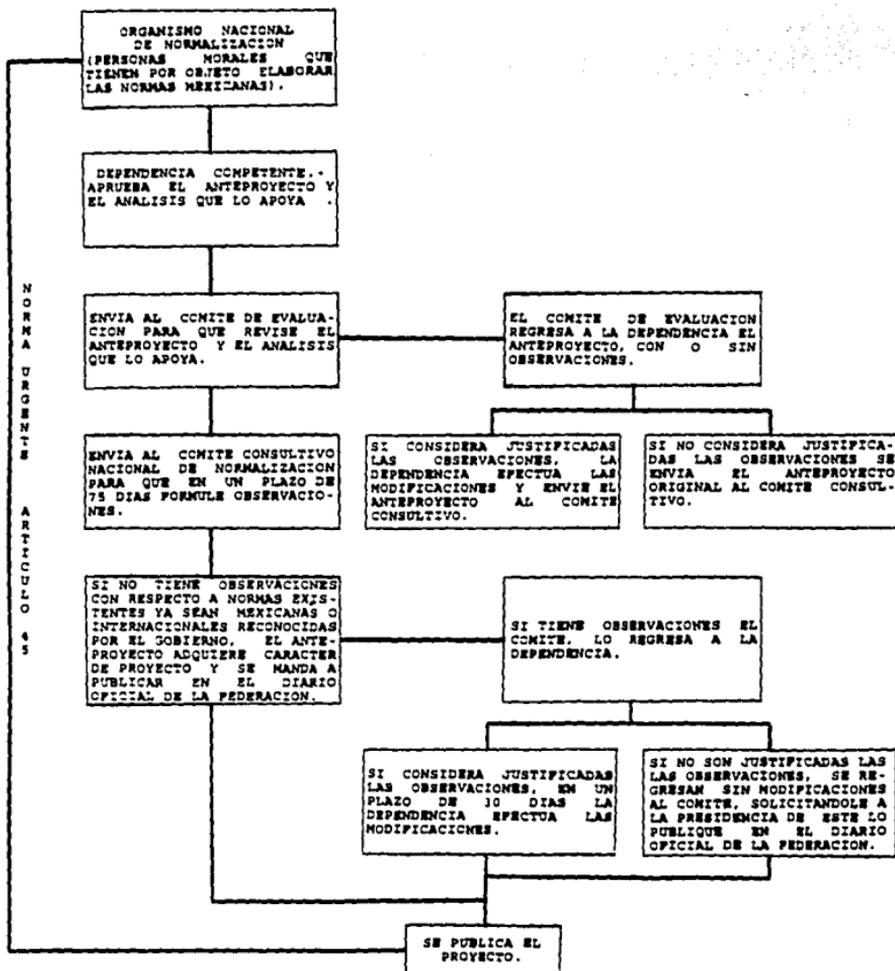
PROCEDIMIENTO PARA LA EXPEDICION DE NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM)

LAS QUE EXPIDAN LAS DEPENDENCIAS COMPETENTES DE CARACTER OBLIGATORIO SUJETANDOSE A LO DISPUESTO POR LA LEY FEDERAL SOBRE METROLOGIA Y NORMALIZACION.



PROCEDIMIENTO PARA LA EXPEDICION DE NORMAS MEXICANAS (NMX)

NORMAS DE REFERENCIA QUE EMITAN LOS ORGANISMOS NACIONALES DE NORMALIZACION DE CARACTER VOLUNTARIO, SUJETANDOSE A LO DISPUESTO EN LA LEY FEDERAL SOBRE METROLOGIA Y NORMALIZACION.



1

DENTRO DE LOS 90 DIAS NATURALES LOS INTERESADOS PRESENTAN COMENTARIOS A LAS DEPENDENCIAS Y AL COMITE CORRESPONDIENTE.

AL TERMINO DEL PLAZO, EL COMITE ESTUDIARA LOS COMENTARIOS RECIBIDOS Y EN SU CASO SE PROCEDERA A MODIFICAR EL PROYECTO EN UN PLAZO DE 45 DIAS.

LAS DEPENDENCIAS DEBERAN ORDENAR LA PUBLICACION DE LAS RESPUESTAS A LOS COMENTARIOS RECIBIDOS, CON ANTERIORIDAD A LA PUBLICACION DE LA NORMA EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION.

YA APROBADAS LAS NORMAS POR EL COMITE, SERAN EXPEDIDAS POR LA DEPENDENCIA COMPETENTE Y PUBLICADAS POR EL DIARIO OFICIAL LA FEDERACION.

BIBLIOGRAFIA

Miller Irwin y Freund Jhon W.
Probabilidad y Estadística para Ingenieros.
Ed. Prentice Hall, 1984.

Ostle, B.
Estadística Aplicada.
Ed. Limusa, 1992

Grant, E.L.
Control Estadístico de Calidad.
Ed. Compañía Editorial Continental, 1990.

Walpole Ronald, E. y Myers Raymond, H.
Probabilidad y Estadística para Ingenieros.
Ed. Mc Graw Hill 1992.

Olivera S. Antonio y Zúñiga B. Sergio.
Serie de Probabilidad y Estadística.
Ed. Limusa, 1987.

Feingebaum Armand, V.
Control Total de la Calidad.
Ed. CECSA, 1975.

Control de Calidad en la Construcción.
Educación Continua de la Facultad de Ingeniería.
México, D.F. Marzo de 1991

Control Total de la Calidad.
Centro de Actualización Profesional del
Colegio de Ingenieros Civiles.

Ishikawa, Kaoru.
¿ Qué es control total de la calidad ?
Ed. Norma, 1992.

Normalización y Metrología.
Educación Continua de la Facultad de Ingeniería.
México, D.F. Marzo de 1991.

Ley Federal de Normalización y Metrología.
Diario Oficial de la Federación.
1º de julio de 1992.

Cary Howard, B.
Manual de Soldadura Moderna. Tomos I, II y III.
Ed. Prentice Hall, 1992.

Control de Calidad en el Concreto.
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto(IMCYC).
Ed. Limusa, 1991.

Sánchez Rosado, Domingo.
Materiales asfálticos utilizados en pavimentación.
Publicaciones SCT, 1987.

Senlle, Andrés.
Calidad y liderazgo.
Ediciones Gestión 2000. Barcelona, 1992.

Manual de Inspección del Concreto.
Tomos I, II y III.
Publicaciones SCT, 1984

Normas de Calidad de los Materiales. SCT. Libro 4.
Parte 4.01 Vías Férreas
4.02 Vías Férreas

Título 4.01.01 Materiales para terracerías.
4.02.01 Materiales para estructuras y obras de drenaje.
4.01.03 Materiales para pavimentos.

Normas de Calidad de los Materiales SCT. Libro 4
Parte 4.02 Vías Férreas
4.04 Edificación
4.05 Materiales diversos.

- Título 4.02.01 Materiales para vías**
- 4.04.01 Materiales para estructuración.**
- 4.04.02 Materiales para terminados**
- 4.04.03 Materiales para instalaciones**
- 4.05.01 Materiales para comunicaciones.**

Normas para Muestreos y Pruebas de Materiales , Equipos y Sistemas.
Libro 6.

Parte 6.01 Carreteras y Aeropistas.

Título 6.01.01 Terracerías.

Normas para Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas.
Libro 6.

Parte 6.01 Carreteras y Aeropistas. Materiales para terracerías.

Título 6.01.03 Pavimentos (I).

Normas para Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas.
Libro 6.

Título 6.01.03 Pavimentos (II). Tomos I y II.