



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

“CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO”

Tesis que para optar por
el grado de

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

LESLLY GARCÍA SIERRA

ASESOR:

INGENIERO CIVIL. ALEJANDRO PERALTA ARNAUD

Morelia, Michoacán, Junio de 2015.

AGRADECIMIENTOS

A dios que me ha heredado el tesoro más valioso que puede dársele a un hijo "sus padres".

A mis padres quienes sin escatimar esfuerzo alguno sacrificaron gran parte de su vida para educarme. Muy especial a mi Papá Salvador García Nava, que siempre creyó en mí, y que desde el cielo sé que está orgulloso en este momento, te amo papá, al igual a mi madre quien me apoya a todo momento y sé que siempre estará ahí, te amo mamá.

A mis hermanas quienes la ilusión de su vida ha sido verme convertido en una mujer de provecho.

A mi esposo que gracias a su apoyo ha sido sumamente importante, estuviste a mi lado en momentos difíciles, no fue sencillo culminar con este proyecto, sin embargo siempre estuviste ahí para motivarme gracias por todo, te amo.

Muy especial a mi niño hermoso quien ha sido mi mayor motivación y poder ser un buen ejemplo para él.

También quiero agradecer al LABORATORIO LABINGCO a quienes conforman todo el equipo que gracias a ellos fui aprendiendo de sus conocimientos día a día, muy especial al Ing. Ramsés Pineda Cárdenas que gracias a su confianza creyó en mí en todo momento.

Al término de esta etapa de mi vida, quiero expresar un profundo agradecimiento a quienes con su ayuda, apoyo y comprensión me alentaron a lograr esta hermosa realidad.

Gracias.

INDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| Objetivos..... | 3 |
| Generales..... | 3 |
| Particulares..... | 3 |
| Capítulo 1. Marco teórico | |
| 1.1.- Antecedentes Históricos del concreto..... | 5 |
| 1.2.-Resistencia a la compresión del concreto..... | 7 |
| 1.2.1.- Determinación de la resistencia a compresión del concreto..... | 7 |
| 1.2.2.-Resistencia a compresión en la estructura..... | 8 |
| Capitulo 2 Generalidades del Concreto | |
| 2.1.- El concreto como material..... | 10 |
| 2.2.- Componentes del Concreto..... | 11 |
| 2.2.1.- Cemento Portland..... | 11 |
| 2.2.1.1 Definición..... | 11 |
| 2.2.1.2 Tipos..... | 11 |
| 2.2.2 Agregados..... | 12 |
| 2.2.2.1 Definición..... | 12 |
| 2.2.2.2 Clasificación..... | 12 |
| 2.2.2.3 Propiedades..... | 13 |
| 2.2.2.4 Ensayos de Agregado para la dosificación de Mezclas..... | 13 |
| 2.2.3 Agua..... | 15 |
| 2.2.3.1 Definición..... | 15 |
| 2.3 Propiedades del Concreto..... | 15 |

Capitulo 3 Elaboración de pruebas de concreto

| | |
|--|----|
| 3.1.- Muestreo de concreto fresco..... | 17 |
| 3.2.- Revenimiento..... | 21 |
| 3.3.- Fabricación de cilindros..... | 26 |
| 3.4.- Curado del concreto..... | 31 |
| 3.5.- Cabeceado de cilindros..... | 34 |
| 3.6.- Resistencia a la compresión simple en cilindros de concreto..... | 38 |

Capitulo 4 Control Estadístico de Calidad

| | |
|--|----|
| 4.1 Control estadístico de calidad del concreto..... | 46 |
| 4.2 Norma: M-CAL-1-03/03..... | 47 |

Capitulo 5 Análisis Estadístico del Concreto

| | |
|------------------------|----|
| Mes de Julio..... | 68 |
| Mes de Agosto..... | 79 |
| Mes de Septiembre..... | 92 |

Capítulo 6 Conclusiones

Capítulo 7 Referencias

Resumen

Los análisis estadísticos para el control de calidad constituyen una excelente herramienta, que permite detectar las deficiencias y desviaciones significativas en los procesos de producción durante su ejecución, tan pronto como se produzcan, siendo posible aplicar medidas correctivas oportunas y económicas. El control Estadístico de Calidad del concreto no es más que un proceso estadístico de tablas y gráficas, en las cuales parte en primer lugar por hacer una prueba de Muestreo de concreto fresco por consiguiente prueba de revenimiento enseguida se fabrica los cilindros, ya sea a 7, 14 y 28 días, cuando estos se hacen en campo tenemos que dejar que reposen un tiempo de dos días máximo, en seguida se traen las muestras al laboratorio central para hacerles la prueba de curado en un cuarto húmedo, a partir del día que se hicieron se empieza a contar los días para el primer cilindro y hacerle la prueba de cabeceado de cilindros para poder seguir con la prueba de resistencia a la compresión simple en cilindros de concreto esta para ver que resistencia tiene el cilindro tomado de la muestra en campo empleado en algún elemento. Haciendo todos estas pruebas y al final tenemos el resultado de la resistencia del cilindro ya sea para un $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$, $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$, etc. Aplicamos la estadística para determinar la media de las muestras reales, la desviación estándar y tomamos como norma la resistencia del proyecto mínimo en este caso es 100 kg/cm^2 con estos datos podemos determinar lo que es el Limite Estadístico Superior y el Limite Estadístico Inferior de todas las muestras. Esto para graficar cada resultado que se obtuvo durante todo un mes, las gráficas de control nos muestran cómo se compara una característica a través del tiempo. Si todos los puntos están dentro de los límites y no siguen un patrón específico, se dice que el proceso está bajo control o bajo control estadístico. Los límites de control dependen del comportamiento de los datos. Existe un enorme potencial que posee la utilización del Control Estadístico de la calidad como instrumento y herramienta destinada a un mejor control en la evolución de la empresa.

Pétreos, Calidad, Concreto, Estadístico, Control.

Abstract

The statistical analysis for quality control constitute an excellent tool, which allows to detect deficiencies and significant deviations in the processes of production during its execution, as soon as they occur, being possible to implement corrective measures appropriate and economic.

The statistical quality of the concrete does not control is more than a statistical process of tables and charts, where the part initially by testing a test of sampling fresh concrete therefore slump immediately manufactured cylinders, either at 7, 14 and 28 days, when these are made in field have to stop to rest a maximum time of two days , immediately brought samples to the central laboratory for testing them cure in a humid room, from the day that became starts to count the days for the first cylinder and do the test cylinder actuated to continue with resistance to simple compression in cylinders of concrete this test to see that resistance has the cylinder taken from the sample employed in any field. Doing all these tests and at the end we already have the result of the strength of the cylinder for a $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$, etc. We apply statistics to determine the average of the actual samples, standard deviation and we take as standard the minimum project resistance in this case is 100 kg/cm^2 with these data we can determine what is the upper statistical limit and the limit statistical bottom of all samples. This graph for each result that was obtained during a whole month, control graphs show us how compares a property over time. If all points are within the limits and do not follow a specific pattern, it is said that the process is under control or under statistical control. The limits of control depend on the behavior of the data. There is a huge potential that has the use of the statistical quality Control as an instrument and tool for better control in the evolution of the company.

Petreos, Quality, Concrete, Statistical Control.

INTRODUCCIÓN

La historia del cemento es la historia misma del hombre en la búsqueda de un espacio para vivir con la mayor comodidad, seguridad y protección posible.

En la actualidad han alcanzado gran desarrollo las técnicas estadísticas para los ámbitos industriales, mismos que el sector constructivo las ha asimilado y a la vez adaptado a su realidad. Todo ello sin dejar de lado la conciencia de que hoy se tiene la necesidad del aseguramiento de la calidad de la construcción

El interés de conocer las propiedades (como la resistencia, la relación agua/cemento, contenido de aire, etc) del concreto in situ ha aumentado desde los últimos años, y grandes progresos se han realizado con respecto a las técnicas, métodos y equipos de ensayos.

El concreto es uno de los materiales de más uso en la construcción a nivel regional y mundial. Presenta dos características básicas que lo hacen diferente al resto de los materiales: en primer lugar, puede ser preparado al momento, ya sea por los mismos ingenieros de obra o en una planta de premezclado, debiendo en ambos casos conocer las cantidades de material a mezclar para obtener el concreto apropiado; y en segundo lugar, el concreto debe cumplir con los requisitos en dos estados, el fresco y el endurecido, en el primero básicamente de consistencia y cohesión, y en el segundo de resistencia y durabilidad.

La calidad.- Es la totalidad de condiciones y características de un producto o servicio que sustentan su habilidad para satisfacer necesidades establecidas o implícitas.

En cuanto a la calidad de los agregados, es importante adecuarla a las funciones que debe desempeñar la estructura, a fin de que no representen el punto débil en

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

el comportamiento del concreto y en su capacidad para resistir adecuadamente y por largo tiempo los efectos consecuentes de las condiciones de exposición y servicio a que esté sometido.

Finalmente, la compatibilidad y el buen trabajo de conjunto de la matriz cementante con los agregados, depende de diversos factores tales como las características físicas y químicas del cementante, la composición mineralógica y petrográfica de las rocas que constituyen los agregados, y la forma, tamaño máximo y textura superficial de éstos.

OBJETIVOS

Generales

Verificar la conformidad con los requisitos de calidad establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría, detectar las deficiencias y desviaciones significativas en los procesos de construcción, y aplicar, en forma oportuna y económica, las medidas correctivas que sean necesarias.

Particulares

El objetivo del “Control Estadístico de Calidad del Concreto”, es mostrar los resultados (generales-estadísticos), de las pruebas que realiza el laboratorio, con el fin de concentrar la información y se aprecien los resultados que se están obteniendo de los trabajos de campo. Estas pruebas se realizan con el fin de conocer la calidad de los materiales empleados y garantizar que cumplan con las Normas correspondientes.

Capítulo 1

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES HISTORICOS DEL CONCRETO

La historia del cemento es la historia misma del hombre en la búsqueda de un espacio para vivir con la mayor comodidad, seguridad y protección posible.

Desde que el ser humano supero la época de las cavernas, ha aplicado sus mayores esfuerzos a delimitar su espacio vital, satisfaciendo primero sus necesidades de vivienda y después levantando construcciones con requerimientos específicos.

Templos, palacios, museos son el resultado del esfuerzo que constituye las bases para el progreso de la humanidad. El pueblo egipcio ya utilizaba un mortero – mezcla de arena con materia cementosa – para unir bloques y lozas de piedra al elegir sus asombrosas construcciones. Los constructores griegos y romanos descubrieron que ciertos depósitos volcánicos, mezclados con caliza y arena producían un mortero de gran fuerza, capaz de resistir la acción del agua, dulce o salada.

Un material volcánico muy apropiado para estas aplicaciones lo encontraron los romanos en un lugar llamado Pozzuoli con el que aun actualmente lo conocemos como pozoluona.

Investigaciones y descubrimientos a lo largo de miles de años, nos conducen a principios del año pasado, cuando en Inglaterra fue patentada una mezcla de caliza dura, molida y calcinada con arcilla, al agregársele agua, producía una pasta que de nuevo se calcinaba se molía y batía hasta producir un polvo fino que es el antecedente directo de nuestro tiempo.

El nombre del cemento Portland le fue dado por la similitud que este tenía con la piedra de la isla de Portland del canal inglés. La aparición de este cemento y de su producto resultante el concreto ha sido un factor determinante para que el

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

mundo adquiera una fisionomía diferente. Edificios, calles, avenidas, carreteras, presas y canales fábricas, talleres y casas, dentro del más alto rango de tamaño y variedades nos dan un mundo nuevo de comodidad, de protección y belleza donde realizar nuestros más ansiados anhelos, un mundo nuevo para trabajar, para crecer, para progresar, para vivir.

1824: - James Parker, Joseph Aspdin patentan al Cemento Portland, materia que obtuvieron de la calcinación de alta temperatura de una Caliza Arcillosa.

1845: - Isaac Johnson obtiene el prototipo del cemento moderno quemado, alta temperatura, una mezcla de caliza y arcilla hasta la formación del "clinker".

1868: - Se realiza el primer embarque de cemento Portland de Inglaterra a los Estados Unidos.

1871: - La compañía Coplay Cement produce el primer cemento Portland en los Estados Unidos.

1904: -La American Standard For Testing Materials (ASTM), publica por primera vez sus estándares de calidad para el cemento Portland.

1906: - En C.D. Hidalgo Nuevo León se instala la primera fábrica para la producción de cemento en México, con una capacidad de 20,000 toneladas por año.

1992: - CEMEX se considera como el cuarto productor de cemento a nivel MUNDIAL con una producción de 30.3 millones de toneladas por año.

1.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.

La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión se mide normalmente fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayo de compresión. La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en unidades de libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi) en unidades corrientes usadas en EEUU, en mega pascales (MPa) en unidades del SI y en Kg/cm^2 en unidades MKS.

En la mayoría de los casos los requerimientos de resistencia para el concreto se realizan a la edad de 28 días. La correlación entre una resistencia temprana de los especímenes y la resistencia a una edad mayor, depende de los materiales que contiene el concreto y del proceso específico empleado. Cualquier valor de resistencia obtenido en los especímenes tiene dudosa relación con la resistencia del concreto en la estructura y solamente es un indicador de la probable capacidad de carga que se pueda desarrollar en la estructura con alguna expresión matemática adecuada.

1.2.1.- Determinación de la resistencia a compresión del concreto.

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada, ($f'c$) en la especificación del proyecto. Los resultados de las pruebas de resistencia a partir de cilindros se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en las estructuras y programar las operaciones de construcción, tales como remoción de cimbras o para evaluar la conveniencia de curado y protección suministrada a la estructura.

1.2.2.-Resistencia a compresión en la estructura.

Las estructuras de concreto son diseñadas para soportar cargas vivas y muertas durante el periodo de construcción y de servicio. Durante la construcción se obtienen muestras de concreto y los procedimientos de las normas NMX ONNCCE o ASTM son utilizados para medir la resistencia potencial del concreto que es entregado. Se moldean cilindros de ensayo (probetas) y se curan a temperaturas de 60° 80°F (17 a 27°C) durante un día y posteriormente se curan de forma humedad en el laboratorio hasta que son ensayados a compresión, normalmente a una edad de 3, 7 a 28 días La resistencia del concreto en la estructura no será equivalente a lo medido sobre los cilindros de ensayo normalizados. Las buenas prácticas de trabajo para la manipulación, el vaciado (colado), la compactación y el curado del concreto en la estructura afectaran de manera directa en los resultados.

Los medios de medición, estimación o comparación de la resistencia del concreto en la estructura incluyen: el martillo de rebote (esclerómetro), la prueba de penetración, la prueba de arrancamiento (pullout), los cilindros de ensayo elaborados en el lugar, el ensayo de testigos (núcleos extraídos, corazones) y las pruebas de carga del elemento estructural solo por mencionar algunos.

Capítulo 2

GENERALIDADES DEL CONCRETO

2.1.- El concreto como material

El concreto es básicamente una mezcla de agregados y pasta. La pasta está compuesta de Cemento Portland y agua, la cual une los agregados fino y grueso para formar una masa semejante a una roca, pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el Cemento y el agua.

La pasta está compuesta por Cemento Portland, agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente. Es la fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto de éste.

El agregado es la fase discontinua del concreto dado que sus partículas no se encuentran unidas o en contacto unas con otras, sino que se encuentran separadas por espesores diferentes de la pasta endurecida. Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos.

La calidad del concreto depende en gran medida de la calidad de la pasta. En un concreto elaborado adecuadamente, cada partícula de agregado esta completamente cubierta con pasta y también todos los espacios entre partículas de agregado.

2.2 Componentes del Concreto

2.2.1 Cemento Portland

2.2.1.1 Definición

Es un aglomerante hidráulico y proviene de la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos y posterior molienda muy fina del “Clinker” que es el material resultante de la calcinación, con una pequeña adición de yeso, menor al 1% del peso total. El cemento posee la propiedad que al mezclarlo con agua forma una pasta aglomerante, que unido a los agregados y a medida que transcurre el tiempo va aumentando su resistencia y volviéndose más rígida.

2.2.1.2 Tipos

Los tipos de cemento que existen son Los tradicionales: Cementos Portland. Tipo I, Tipo II, Tipo III, Tipo IV y Tipo V.

Tipo I: Es para uso general, donde no se requieran propiedades especiales.

Tipo II: Donde se requiera moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.

Tipo III: Donde se requiera alta resistencia inicial.

Tipo IV: Donde se requiera bajo calor de hidratación.

Tipo V: Donde se requiera alta resistencia a los sulfatos.

También existen los Cementos Portland Adicionados que se les llama así porque contienen pequeños porcentajes de otros materiales denominados ADICIONES

(puzolanas, escorias, caliza, filler etc). Esta incorporación contribuye a mejorar las propiedades del concreto. Entre ellos tenemos:

Cementos Portland Puzolánicos: Tipo IP, Tipo IPM y Tipo P

Cementos Portland de escoria: Tipo IS, Tipo ISM y Tipo S

Cementos Portland compuesto: Tipo ICo 3

2.2.2 Agregados

2.2.2.1 Definición

Es el conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial. Los agregados son la parte inerte del concreto, sin embargo al constituir entre 65% y 75% aproximadamente del total del concreto.

2.2.2.2 Clasificación

Los agregados por su tamaño generalmente se dividen en dos grupos:

Agregado fino y Agregado grueso.

Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pasan la malla N°. 4 (4.75 mm) y los agregados gruesos consisten en grava o agregado triturado y son aquellas partículas retenidas en la malla No. 4 (4.75 mm). El tamaño máximo de agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm.

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

Al observar la norma podemos ver que existen variedad de usos granulométricos en lo que lo básico es la variación del tamaño máximo del agregado grueso.

| TAMIZ | | % que pasa |
|---------|------|------------|
| (pulg.) | (mm) | |
| 3/8 | 9.50 | 100 |
| Nº 4 | 4.75 | 95 – 100 |
| Nº 8 | 2.36 | 80 – 100 |
| Nº 16 | 1.18 | 50 – 85 |
| Nº 30 | 0.60 | 25 – 60 |
| Nº 50 | 0.30 | 10 – 30 |
| Nº 100 | 0.15 | 0 - 10 |

2.2.2.3 Propiedades

Existen muchas propiedades que deben cumplir los agregados, tales como propiedades físicas y mecánicas, asimismo propiedades térmicas, morfológicas, etc. A continuación se detalla alguna de ellas:

- Propiedades Mecánicas: Densidad, Dureza y Adherencia
- Propiedades Físicas: Granulometría, Peso unitario suelto y varillado, Peso específico, Contenido de humedad y Porcentaje de absorción.

2.2.2.4 Ensayos de Agregado para la dosificación de Mezclas

- Granulometría

Con este ensayo de granulometría para ambos agregados podemos determinar el módulo de fineza y el tamaño máximo, tanto para el agregado fino como para el agregado grueso respectivamente. La granulometría es determinada por análisis de tamices (norma ASTM C 136).

- **Modulo de Finura:** Es la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas Nº. 4, 8 ,16, 30, 50 y 100 y posteriormente dividido entre 100. El

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

Módulo de fineza típico varía entre 2.3 y 3.1, representando el valor más alto una granulometría gruesa.

- Tamaño máximo: Es la primera malla por la que pasa todo el agregado grueso.
- Tamaño máximo nominal: Es la primera malla que produzca un retenido entre 5% y 10%.

- Peso Unitario

Es el peso por unidad de volumen (aparente). Se determinan dos formas de peso unitario.

Peso Unitario Suelto: En el que el recipiente se llena normalmente sin presión alguna.

Peso Unitario Compactado: En el que el recipiente se llena con tres capas compactando cada una con la varilla estándar.

- Peso Específico

Es el peso por unidad de volumen (agua desplazada por inmersión).

- Contenido de Humedad

Es el porcentaje de agua que contiene el agregado 15

- Capacidad de Absorción

Es aquel contenido de humedad que tiene el agregado que se encuentra en el estado saturado superficialmente seco. Este es el estado de equilibrio de los agregados, es decir en que no absorben ni sueltan agua.

2.2.3 Agua

2.2.3.1 Definición

El agua es un elemento indispensable en la elaboración de la mezcla de concreto ya que sirve para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades. Esta agua debe cumplir ciertos requisitos para que no sea perjudicial al concreto.

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. Sin embargo, algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto. Pero en cualquier caso el agua a usar en la mezcla debe cumplir con los requisitos de la norma NTP 339.088.

2.3 Propiedades del Concreto

Las propiedades más importantes del concreto al estado fresco incluyen la trabajabilidad, consistencia, fluidez, cohesividad, contenido de aire, segregación, exudación, tiempo de fraguado, calor de hidratación y peso unitario.

Y las propiedades más importantes del concreto al estado endurecido incluyen las resistencias mecánicas, durabilidad, cambios de volumen, permeabilidad, cambios de temperatura, contracción, módulo de elasticidad y deformaciones elásticas e inelásticas.

Capítulo 3

Elaboración de pruebas de concreto.

3.1 MUESTREO DE CONCRETO FRESCO

OBJETIVO.- Obtener una muestra representativa del concreto utilizado en obra. Que la muestra contenga todas las características del total del volumen del concreto.



EQUIPO.-

- Charola
- Pala
- Cucharon

1.- GENERALIDADES

Alcance. La presente norma establece el método para obtener las muestras representativas de concreto fresco tal como se entrega en el sitio de la obra y con las cuales se realizan las pruebas para determinar el cumplimiento de los requisitos de calidad convenidas. Este método incluye el muestreo de concreto

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

fresco procedente de mezcladoras estacionarias, de pavimentadoras, de camiones mezcladores y de agitadores o volteos.

2.- DEFINICIONES

Muestra.- Para fines de esta prueba se entiende como la cantidad representativa de concreto fresco obtenida como se indica.

Concreto Fresco.- Para fines de esta norma es la mezcla homogénea en estado plástico, no endurecido de cemento hidráulico, agregado fino y grueso, agua y aditivo en su caso en proporciones definidas.

3.- APARATOS Y EQUIPO

Recipiente.- Con capacidad aproximada de 15 litros impermeable y limpio.

Charola.- Puede ser cualquier recipiente de acero exclusivamente limpio, impermeable y no absorbente con la capacidad adecuada para el tamaño de la muestra.

Cucharon.- Limpio, impermeable y no absorbente, con la capacidad de 1.5 y de forma adecuada para que el material no se tire por los acostados.

Guantes.- Para manipular el concreto fresco: limpios, impermeables y no absorbentes.

4.- PROCEDIMIENTO

➤ Muestreo de mezcladoras estacionarias

La muestra se obtiene interceptando el flujo completo de descarga de la mezcladora con el recipiente, aproximadamente a la mitad de la descarga de la olla o desviando el flujo completamente de tal modo que descargue en el

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

recipiente, debe de tenerse cuidado de no restringir el flujo de la mezcladora con las puertas u otros medios de tal manera que cauce que el concreto se segregue.

➤ Muestreo de Pavimentadoras

El contenido de la Pavimentadora debe de ser descargado y la muestra se tomará con el cucharón de por lo menos cinco puntos bien distribuidos en toda el área del montón. Debe de evitarse la contaminación con la base o con la subrasante.

➤ Muestreo en olla o camión mezclado



La muestra se toma en tres o más intervalos interceptando el flujo de la descarga, teniendo la precaución de no interceptar antes del 15% ni después del 85% de la misma. El muestreo se hace pasando repetidamente el recipiente en la descarga, interceptándola totalmente cada vez que se haga o desviando el flujo completamente de tal modo que descargue en recipiente. La velocidad de descarga se debe de controlar con la velocidad de las revoluciones de la olla y no por la mayor o menor abertura de la compuerta. Se tomará la muestra hasta que la mezcla este hecha y homogeneizada.

➤ Muestreo de camiones caja

Se puede obtener de la manera antes expuesta, apegado la situación a la más conveniente.

➤ Cantidad de la muestra

Esta debe de ser una cantidad suficiente para realizar cada una de las pruebas. Se recomienda que la muestra sea superior al volumen necesario y este de acuerdo con el tamaño máximo del agregado.

➤ Remezclado de la muestra

Se transportara la muestra sin pérdida de material al lugar donde se efectuaran las pruebas y se remezclara para asegurar su uniformidad.

TIEMPO.- El intervalo de la obtención de la primera y última porción de una muestra compuesta debe de ser tan corto como sea posible, pero nunca más de 15 minutos y para usarla en los siguientes 15 minutos, la muestra debe de estar protegida durante este intervalo de los rayos solares y el viento. Las pruebas de revenimiento o de aire incluido deben de iniciarse dentro de los 5 minutos siguientes de que haya finalizado el muestreo.

Se obtiene 3 cilindros (muestras), por cada 5 m³ de concreto fresco.

3.2 REVENIMIENTO

OBJETIVO.- Descripción del procedimiento para obtención del revenimiento del concreto (nos da la idea de la fluidez del mismo). Esta prueba no es aplicable en mezclas mucho muy fluidas o en mezclas con granulometría



EQUIPO

Cono de revenimiento.

Charola.

Cucharón.

Varilla punta de bala de 5/8 de diámetro.

Pala.

Cinta Métrica.

PROCEDIMIENTO.

1. Se obtiene una muestra representativa en una charola como ya se explicó en la práctica anterior.
2. Se humedece el molde de revenimiento y el cucharón.
3. Se coloca el molde en una superficie firme y se sujeta colocando los pies en las orejas que tienen especialmente para ello.
4. Se mezcla el concreto y se vierte usando el cucharón, se llena aproximadamente una tercera parte del molde, se le dan 25 golpes con la varilla punta de bala, la mitad se hará de forma inclinada (esto por la forma del molde), por la periferia del molde, los demás en forma vertical.
5. Se llena la segunda tercera parte del molde, dando de la misma manera 25 golpes, pero con el cuidado de no pasar a la primera capa, esto es porque la primera capa tendría más de 25 golpes lo que le da un mayor acomodo y como resultado en un mayor revenimiento.

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

6. Se llena el molde calculando que quede sobrado, es decir, que sobrepase un nivel para que al varillar 25 veces la tercer capa el nivel sobre pase ligeramente el nivel de enrase del mismo. Si quedara por debajo del nivel se le agrega más concreto hasta llegar al nivel de enrase del molde.



CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

7. Se enrasa el molde rodando la varilla sobre la superficie superior del molde.
8. Se gira un poco el molde y se retira verticalmente, debido a la fluidez del concreto este tendera a derrumbase de la forma del cono hasta incluso quedar extendido sobre la superficie horizontal.



CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

9. Se medirá con un flexómetro ese derrumbe, colocando el molde usado en la prueba cerca de la mezcla, colocando la varilla sobre el molde, se medirá del nivel de enrase del molde y a la altura promedio del cono que forme la mezcla al soltarla.

Si al retirar la punta del cono del concreto claramente se va a hacia un lado o se corta completamente se desecha la prueba y se repita con otra prueba.



3.3 FABRICACION DE CILINDROS

OBJETIVO. Conocer el procedimiento en la fabricación de cilindros para la prueba de compresión simple.

Los cilindros pueden ser fabricados en el laboratorio para comprobar el cálculo de un proporcionamiento o en el campo para el control de calidad de una mezcla.



El siguiente procedimiento es para cilindros en campo.

EQUIPO.

Varilla Punta de Bala.

Charola

Pala.

Cucharón.

Cono de revenimiento.

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

Moldes de cilindros de 15 x 30 centímetros, cuando el tamaño máximo nominal del agregado se menor de 2" si es mayor entonces el diámetro de los cilindros deben de ser por lo menos tres veces el tamaño máximo nominal.

PROCEDIMIENTO.

1. Se toma una mezcla representativa en una charola de mezcla.
2. Se mide el revenimiento a cada muestra para cada cilindro.
3. Se desecha la mezcla usada para el revenimiento se mezcla y se procede a llenar los cilindros.
4. El llenado de cilindro metálico para que se adhiera el concreto y no expanda respectivamente, se coloca en forma vertical y en un lugar donde no haya vibraciones, Con el cucharon se llena el cilindro en capas de 10 centímetros compactadas con varilla punta de bala con 25 golpes por capa.



CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

- Llenar cada capa con un poco más del nivel fijado para que la varilla penetre 25 golpes quede el nivel de capa y al final sobre pasar su volumen para poder envasar.
- Cada capa debe ser compacta solo en su espesor sin sobre pasar a las capas inferiores. Al terminar la última capa se golpea el molde ligeramente el molde de manera de sacar todas las burbujas de aire atrapado y se enrasa pasando la varilla punta de bala por los bordes superiores del cilindro.



CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO



5. Se coloca la etiqueta de identificación a cada cilindro y anotando en el registro los siguientes datos.

- Localización de la muestra de cilindro en los elementos de la estructura colada de concreto.
- Revenimiento
- Proporcionamiento
- F'c del proyecto.
- Tipo de mezclado.



CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

La elaboración del cilindro debe de hacerse en un tiempo no mayor a 15 minutos desde su muestreo.

El colado del cilindro debe de hacerse cerca de donde se va almacenar o transportarse de ahí inmediatamente después de colarlos teniendo cuidado de no inclinarlos o vibrarlos con el objeto de que no pierdan sus propiedades de acomodo.

Se les coloca una hoja de plástico resistente para que no pierdas su humedad bruscamente se deja ahí a una temperatura de 17-27 °C durante 24 horas, que es aproximadamente su primer fraguado, para que después transportarlos al laboratorio.



3.4 CURADO DEL CONCRETO

OBJETIVO.- Describir el procedimiento para evitar la pérdida brusca del concreto para que este tenga su resistencia adecuada. Es el procedimiento para evitar que el agua de los especímenes de concreto se evapore en forma rápida o para reintegrar al mismo la pérdida de humedad.

EQUIPO.-

Cuarto húmedo



PROCEDIMIENTO.-

1.- Protección después del acabado.-

Debe de cubrirse inmediatamente después de terminados de preferencia con una placa o tapa absorbente y no reactiva o con una tela de plástico resistente, durable o impermeable. Hasta que los especímenes sean extraídos de los moldes.

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

Durante las primeras 24 horas los especímenes de prueba deben de estar bajo las condiciones que mantengan la temperatura adyacente a los especímenes en el intervalo de 16 a 27 °C, para prevenir pérdidas de humedad de los especímenes.

Existen muchas formas de curar piezas de concreto tanto como por medios normales, como por procedimientos acelerados. El procedimiento más común es manteniendo la superficie del concreto continuamente húmeda, mediante el riego la inundación cubriéndolos totalmente con tierra, arena, costales, etc. Para que mantenga la humedad.

Otro procedimiento es evitando la evaporación del agua de mezclado, para lo cual se cubre la pieza de concreto con una capa impermeable empleando algún aditivo, colocando una película de asfalto o de plástico.

Hay que recordar que los especímenes deben de curarse durante los primeros 7 días de edad, después de retirarlos del molde, en el caso de cilindros fabricados en el laboratorio, se colocan en el cuarto húmedo, con una temperatura y humedad constante, semejante al procedimiento que se les debe de dar al concreto en la obra.



METODOS DE CURADO ACELERADO

Calor de hidratación, tratamiento con aire caliente, elevación de la temperatura del concreto fresco, tratamiento con vapor a presión normal, baños calientes y calentando de cimbras.

Recomendaciones.- Los cilindros no deben de estar expuestos a corrientes de agua o a goteos continuos de la misma ni a vibraciones.

3.5 CABECEADO DE CILINDROS

OBJETIVO.- Definir el procedimiento, materiales y equipo necesario para el cabeceo de cilindros para obtener una superficie uniforme y lograr de esta forma una distribución uniforme de la carga.



EQUIPO.-

Material de cabeceo

Cemento puro (cuando el cilindro está muy fresco a edad temprana).

Yeso de lata resistencia (Cuando el concreto está un poco endurecido).

Azufre (Cuando el concreto está muy endurecido, se puede emplear en los tres casos).

OBSERVACION.-

Lo que se requiere es lograr una capa de superficie uniforme que sea más o menos de igual resistencia del concreto. De manera que primero falle el concreto.

EQUIPO.-

Moldes de cabeceo con guías para asegurar la verticalidad.

Aceite

Estopa

Sistema condente

PROCEDIMINETO.-

1.- Se saca los cilindros a probar del cuarto húmedo, se anotan los datos de registro.

2.- Se pone a calentar el azufre en una olla hasta lograr que se convierta de estado sólido a estado líquido.



CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

3.- Se enaceita el molde de cabeceo cuyo diámetro es mayor que le dé cilindro, hacemos lo mismo con la cara del cilindro a cabecear, esto para que no se pegue el azufre al molde ni al cilindro.

4.- Una vez liquido el azufre se vierte en el molde de cabeceo a un nivel adecuado inmediatamente, se toma el cilindro y se desliza por las guías hasta sumergir su cara en el molde, se golpea suavemente en la otra cara para eliminar cualquier burbuja de aire que pueda quedar atrapado, se ajusta con las manos hacia las guías, para mantener la verticalidad y nivelar el cilindro.



5.- Se espera un momento a que se solidifique el azufre, se retira del molde, se limpia y se repite la operación para cabecear la otra cara del cilindro.



6.- Una vez terminado el cabeceo se lleva al cuarto húmedo por lo menos dos horas para que el azufre fragüe, después se probaran a compresión.

3.6 RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE EN CILINDROS DE CONCRETO

COMPRESION SIMPLE.- Significa que se le aplicara una carga axial concéntrica al cilindro de concreto.

OBJETIVO.- Descripción del procedimiento para determinar la resistencia que presenta el concreto al ser sujeto a una carga de compresión simple.

UTILIDAD PRÁCTICA.- Control de calidad del concreto es decir, verificar la resistencia real del concreto con la resistencia de proyecto.

EQUIPO.-

Regla para medir el diámetro de cilindro.

Maquinas hidráulicas (Maquina Universal, Forney o prensas).



PROCEDIMIENTO.-

1.- Teniendo ya el diámetro del espécimen se coloca en la maquina limpiando perfectamente las placas de apoyo en la máquina y centrando el eje vertical del espécimen en el centro de la placa de apoyo.



CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

2.- Se ajusta la platina superior a la cara del espécimen de manera que no se aplique carga de impacto si no que apenas quiera rozar el espécimen.



3.- Se nivela y se pone en ceros la máquina. Se aplica la carga a una velocidad constante (continua y sin impactos), de 1.4 a 3.1 Kg/cm²/seg. Esta velocidad puede ser un poco mayor a la primera mitad de la carga total del espécimen, respecto a este punto se pueden hacer las siguientes recomendaciones.

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

- Que no se suspenda la aplicación de la carga por ningún contratiempo y luego se vuelve a poner a funcionar cuando el espécimen ya se aproxime a la carga de falla.
- Esta carga falla la podemos prefijar conociendo el porcentaje de resistencia según su edad, que debe de observar, esta carga se prefija multiplicando el área de la sección transversal del cilindro por la resistencia del proyecto ($F'c$).

4.- Se continúa la carga del espécimen hasta la falla registrándola y observando su tipo de falla y la apariencia del material.

CALCULO.-

Para calcular el esfuerzo real que resiste el concreto, se divide la carga resistente entre el área de la sección transversal.

$$\sigma = P/A$$

Donde:

P= es la carga de ruptura en Kg

A= es la área de la sección transversal del espécimen en cm^2 .

σ = esfuerzo que resiste el espécimen en Kg/cm^2 .

Conociendo y registrando su edad se determina su porcentaje de resistencia respecto a la resistencia de proyecto de la forma siguiente:

$$\%Resistencia = \frac{\sigma}{\sigma_p} 100$$

Donde:

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

σ = resistencia real a cierta edad en días y en Kg/cm²

σ_p =resistencia de proyecto en Kg/cm².

Este porcentaje de resistencia calculado se compara con la cura de resistencia del concreto respecto a la edad en días y se verificara si está dentro de las especificaciones.

Por ejemplo si se analiza el resultado de la siguiente prueba, se tiene % resistencia del ensaye es de 88% y la resistencia de proyecto a los 7 dias es del 71% se acepta y está dentro de las especificaciones.

El informe debe incluir los siguientes conceptos:

- 1.- Número de identificación del cilindro.
- 2.- Diámetro del cilindro en cm
- 3.- área de la sección transversal en cm²
- 4.- Carga máxima en Kg.
- 5.- Resistencia a la compresión Kg/cm²
- 6.- Tipo de fractura si es diferente al cono usual.
- 7.- Edad en días.
- 8.- Tipo de mezclado.
- 9.- Tipo de cemento.
- 10.- Ubicación del cemento.

Capítulo 4

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD

CALIDAD

Grado en el que un conjunto de características (rasgos diferenciadores) inherentes (existen en algo, especialmente como características permanentes) cumple con los requisitos (necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria).

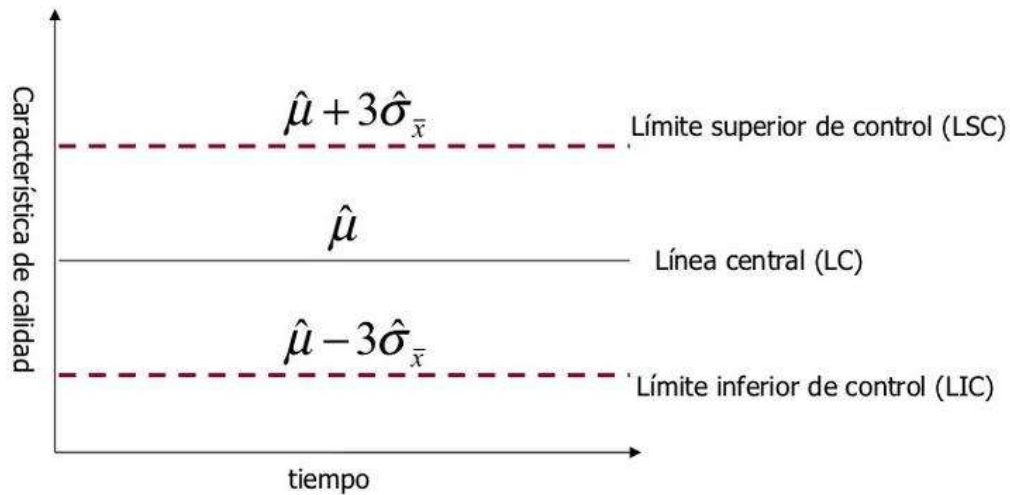
CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD (BESTERFIELD, 1995)

Consiste en el acopio, análisis e interpretación de datos para su uso en el control de calidad. Dos elementos importantes del CEC son el Control Estadístico de Procesos (CEP) y el Muestreo de Aceptación.

GRAFICAS DE CONTROL

Es un diagrama especialmente preparado donde se van anotando los valores sucesivos de la característica de calidad que se está controlando. Los datos se registran durante el funcionamiento del proceso de fabricación y a medida que se obtienen. Las gráficas de control se utilizan en la industria como técnica de diagnósticos para supervisar procesos de producción e identificar inestabilidad y circunstancias anormales.

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO



Las gráficas de control nos muestran cómo se compara una característica a través del tiempo. Si todos los puntos están dentro de los límites y no siguen un patrón específico, se dice que el proceso está bajo control o bajo control estadístico. Los límites de control dependen del comportamiento de los datos.

El gráfico de control tiene:

- ✓ Línea Central que representa el promedio histórico de la característica que se está controlando.
- ✓ Límites Superior e Inferior que calculado con datos históricos presentan los rangos máximos y mínimos de variabilidad.
- ✓ Subgrupos: son grupos de mediciones con algún criterio similar obtenidas de un proceso. Se realizan agrupando los datos de manera que haya máxima variabilidad entre subgrupo y mínima variabilidad dentro de cada subgrupo.
- ✓ Media: es la sumatoria de todos los subgrupos divididos entre el número de muestras.
- ✓ Rango: es el valor máximo menos el valor mínimo.

CONCEPTO DE CONTROL ESTADÍSTICO DE SHEWHART:

Se dice que un fenómeno está controlado cuando, a través del uso de la experiencia pasada, se puede predecir al menos dentro de ciertos límites como se espera que varíe el fenómeno en el futuro.

Si un proceso no está en estado controlado, la productividad o el éxito económico no se garantiza.

4.1 CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

Objetivo.- Verificar cuantitativamente si el concreto cumple con las especificaciones.

La calidad del proceso constructivo y la calidad de materiales, deben estar sujetos a un control; esta actividad se realizará bajo el cargo del constructor quien deberá hacer que se cumpla.

La calidad es un conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le dan la aptitud de satisfacer los requisitos expresados o tácitos, por lo tanto, el control de la calidad estará basado en las normas, reglamentos y documentos aplicables al contrato así como a las especificaciones propias del mismo.

Conjunto de procedimientos técnicos planeados cuya práctica permite que el concreto cumpla con los requisitos especificados.

4.2 NORMA: M-CAL-1-03/03

CAL. CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

LIBRO: CAL. CONTROL Y ASEGURAMIENTO
DE CALIDAD

PARTE: 1. CONTROL DE CALIDAD

TÍTULO: 03. Análisis Estadísticos de Control de Calidad

CONTENIDO

Este Manual contiene los procedimientos para analizar, mediante cartas de control u otros métodos estadísticos, los resultados de las mediciones, pruebas de campo o pruebas de laboratorio que se realicen a muestras seleccionadas al azar con un procedimiento basado en tablas de números aleatorios, conforme a lo indicado en el Manual M-CAL-1-02, Criterios Estadísticos de Muestreo, para examinar sus propiedades, verificar la conformidad con los requisitos de calidad establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría, detectar las deficiencias y desviaciones significativas en los procesos de construcción, y aplicar, en forma oportuna y económica, las medidas correctivas que sean necesarias.

CONSIDERACIONES

CARACTERÍSTICAS POR CONTROLAR

Los requisitos de calidad se establecen en el proyecto, principalmente en sus especificaciones, mediante los siguientes tipos de características:

Características medibles

Cuando es posible comparar los requisitos especificados con patrones de medida, utilizando los instrumentos y procedimientos de medición apropiados, para

determinar el valor de una magnitud, como longitud, superficie, volumen, masa, elevación, resistencia y temperatura, o de otros parámetros susceptibles de ser cuantificados, como granulometría, contenido de agua, contenido de cemento asfáltico, grado de compactación y estabilidad Marshall, entre otros.

Características contables

Cuando es posible contar los requisitos especificados, como el número de elementos defectuosos de un lote producido o el número de defectos por unidad producida, que pueden ser aceptados como máximo.

CAUSAS DE VARIACIÓN EN LAS CARACTERÍSTICAS POR CONTROLAR

Los valores de características medibles que resultan como consecuencia de un proceso de producción que se ejecute normalmente, siempre estarán sujetos a variaciones, y los resultados que se midan al examinar los productos tenderán, generalmente, a una distribución de datos del tipo *Normal*, como la mostrada en la Figura 1 de este Manual, en la que se aprecia que la mitad de los resultados estarán por debajo de un valor medio y la otra mitad por arriba; ello obliga a que, siempre que se especifique el valor de un requisito en el proyecto, se defina el nivel de calidad requerido mediante el establecimiento de las tolerancias aceptables, según la importancia del requisito especificado y de acuerdo con la factibilidad real de cumplirlas.

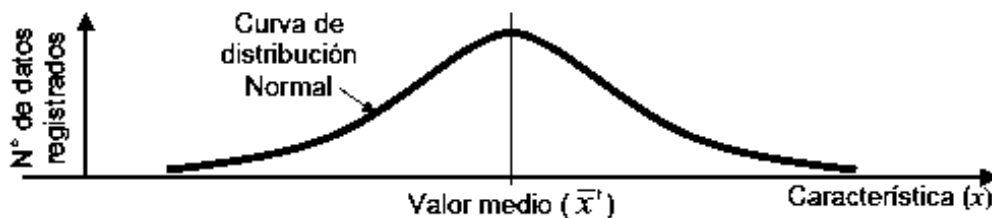


FIGURA 1.- Distribución normal de datos

Las causas que producen variaciones se denominan:

Causas Aleatorias

Son propias de un proceso de producción específico, debidas al azar, que se ignoran o son inevitables y que normalmente producen variaciones relativamente pequeñas, como los efectos en la gravedad terrestre que pueden producir los astros según su posición, los cambios en la temperatura ambiente durante la ejecución de un proceso a temperatura controlada o las variaciones propias de los insumos utilizados, entre otras variables.

Causas Asignables

Son ajenas a los procesos de producción mismos y debidos a sucesos que no se presentan normalmente durante su ejecución; son identificables, susceptibles de ser eliminadas y generalmente producen variaciones importantes, como el desajuste del equipo utilizado, errores en su operación y la utilización de insumos inapropiados, entre otros.

PROCESO BAJO CONTROL ESTADÍSTICO

Cuando en un proceso de producción específico sólo actúan las causas aleatorias a que se refiere el Inciso B.2.1. de este Manual, se dice que el proceso está *bajo control estadístico*, en cuyo caso, como se muestra en la Figura 2, la variación de los resultados que inevitablemente se presentará por efectos debidos al azar, estará en el intervalo dado por:

$$\bar{X}' \pm E_m \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

\bar{X}' = Media de la población, representada por el promedio aritmético de los valores de la característica por controlar en todos los elementos que se produzcan con el mismo proceso (valor medio).

E_m = Error inherente del proceso de producción, definido por la ecuación:

$$E_m = \frac{t\sigma'}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots(2)$$

En la que:

t = Factor que depende del nivel de confianza con el que se desea saber si el proceso está bajo control y por lo tanto define la probabilidad de que la variación de los valores medidos se deba a causas aleatorias.

σ' = Desviación estándar de la población. Desviación estándar determinada considerando todos los elementos que se produzcan con el mismo proceso.

n = Tamaño de la muestra. Número de elementos que integran cada muestra.

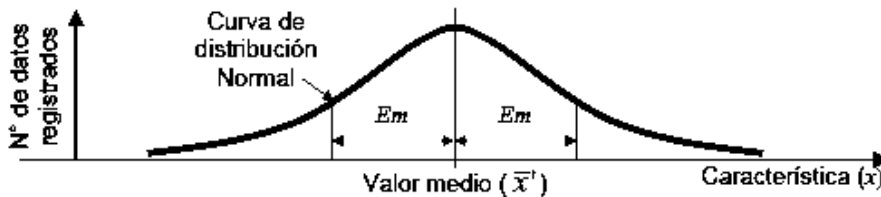


FIGURA 2.- Rango de variación de los resultados del proceso por causas aleatorias

PROCESO FUERA DE CONTROL ESTADÍSTICO

Cuando en un proceso de producción específico actúan una o más de las causas asignables a que se refiere el Inciso B.2.2., se dice que el proceso está *fuera de control estadístico*, en cuyo caso existirá una gran probabilidad de que las variaciones estén fuera del intervalo que se indica en la Fracción B.3. de este Manual, siendo entonces necesario identificar las causas que produjeron la salida de control, con el propósito de eliminarlas oportunamente para evitar la no conformidad con los requisitos establecidos. Esto hace necesario realizar el examen de los resultados obtenidos en todas las etapas del proceso, efectuando diariamente los análisis estadísticos que se requieran para controlarlo y detectar las deficiencias y desviaciones significativas que deban corregirse, tan pronto como ocurran, obteniendo así un proceso bajo control con el que se logra la conformidad de todos los requisitos, en el menor tiempo y al menor costo posible.

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Los análisis estadísticos de los resultados que se obtengan de las mediciones y pruebas en todas las etapas de un proceso de producción específico, que permiten inferir si el proceso está bajo control estadístico o detectar oportunamente la ocurrencia de causas asignables que lo pongan fuera de control estadístico, se pueden realizar a través de cartas de control o mediante pruebas de hipótesis.

CARTAS DE CONTROL

Las cartas de control a que se refieren las Fracciones D.4. y G.3. de la Norma N-LEG-3, Ejecución de Obras; D.2. de la Norma N-LEG-4, Ejecución de Supervisión de Obras; E.6. y E.7. de la Norma N-CAL-1-01, Ejecución del Control de Calidad Durante la Construcción y/o Conservación, son gráficas como la mostrada en la Figura 3 de este Manual, en las que en uno de sus ejes se indica el número de muestra y en el otro los valores del parámetro estadístico según el tipo de carta que se utilice, asociado a la característica medible o contable bajo control. En ella se grafican los valores de dicho parámetro obtenidos de cada muestra; uniendo con líneas los puntos dibujados se obtiene una poligonal abierta denominada gráfica de tendencias; en el valor correspondiente al promedio de las magnitudes del parámetro estadístico, se traza una paralela al eje de los números de las muestras, denominada calidad promedio, de la que depende la posición de los límites estadísticos entre los que se considera que las variaciones se deben a causas aleatorias, definiéndose así la zona de aceptación.

Esos límites estadísticos, que corresponden exclusivamente al proceso de producción que se controla, se proyectan hacia delante, de forma que, si los valores del parámetro estadístico de las siguientes muestras que se obtengan están en la zona de aceptación, existe una gran probabilidad de que sus

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

variaciones se deban a causas aleatorias, pero si algún valor se ubica fuera de los límites estadísticos, existe la misma probabilidad de que se deba a una o varias causas asignables, momento en que se han de identificar esas causas para eliminarlas y mantener el proceso bajo control estadístico.

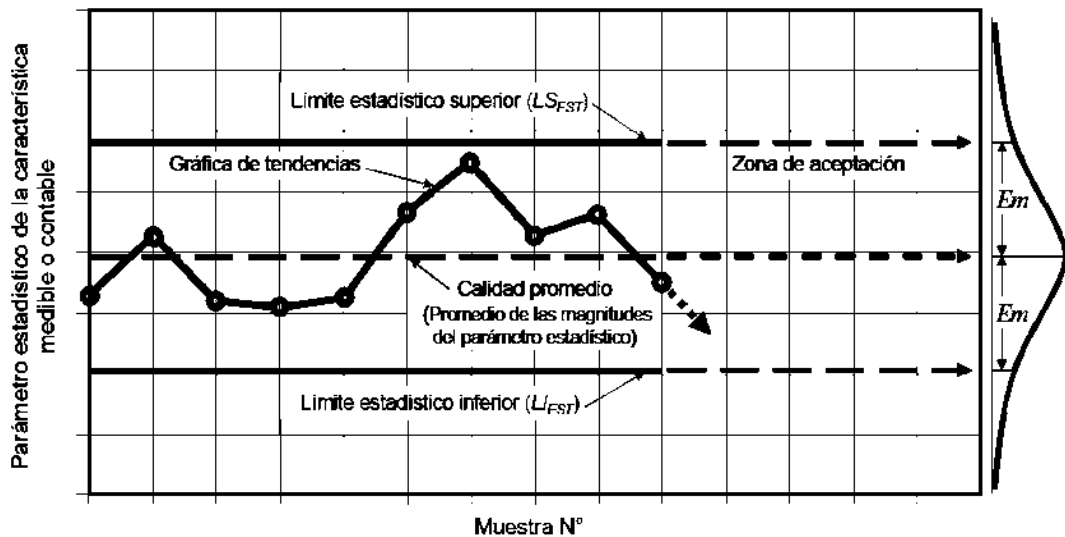


FIGURA 3.- Carta de control típica

Si a la carta de control de la Figura 3 se le agregan los *límites de especificación* que corresponden a las tolerancias especificadas y éstos resultan más amplios que los límites estadísticos, como se muestra en la Figura 4 de este Manual, entonces se generan *zonas de corrección* y *zonas de rechazo*, de manera que si los valores obtenidos de las muestras están dentro de los límites estadísticos significa que el proceso está bajo control, es decir, que sólo están actuando causas aleatorias, pero si algún valor se ubica en una zona de corrección, es muy probable que estén actuando una o varias causas asignables, sin que exista una no conformidad con el requisito establecido, pues aún se estará dentro de tolerancias, por lo que es momento de corregir el proceso; de lo contrario, se corre el riesgo de caer en zona de rechazo y generarse una no conformidad, teniendo que parar el proceso hasta que sea corregido.

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

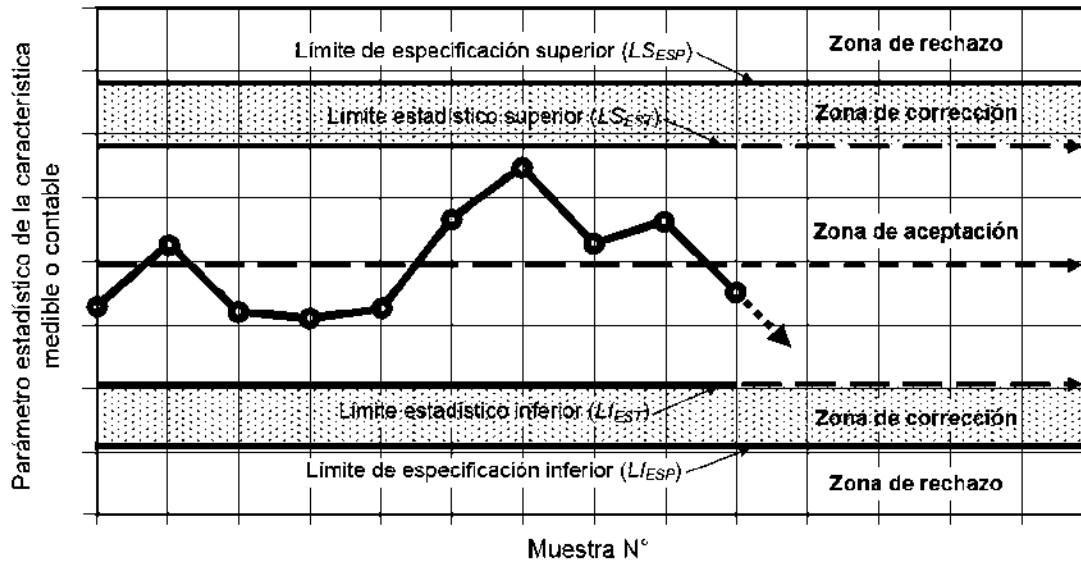


FIGURA 4.- Carta de control típica con límites de especificación

Si los límites de especificación forman una franja más estrecha que la de los límites estadísticos, significa que, o es necesario mejorar el proceso hasta lograr el angostamiento de la zona de aceptación, o bien, que las tolerancias especificadas no son realistas, lo que ha de demostrarse técnicamente, en cuyo caso deberá revisarse la especificación correspondiente. Generalmente, cuando la zona de aceptación no está razonablemente centrada respecto a los límites de especificación, es necesario ajustar el proceso hasta lograr que la calidad promedio se aproxime al requisito establecido.

Como los límites estadísticos de una carta de control corresponden exclusivamente al proceso de producción que se controla, ellos se determinan analizando estadísticamente las características de los productos obtenidos a través del proceso, una vez que éste se ha establecido normalmente, pero al inicio de la producción no se cuenta con datos que permitan determinar esos límites, de forma que el control se puede iniciar utilizando límites estadísticos dados por la experiencia en otros procesos de producción similares, como se muestra en la Figura 5 de este Manual. Una vez que el proceso ha generado información

suficiente, se obtienen los límites estadísticos correspondientes, pero ha de considerarse que, durante la etapa inicial de producción, es posible que los límites determinen una zona de aceptación más amplia que la del proceso establecido normalmente, pues esa etapa se puede considerar como de entrenamiento y aprendizaje, en cuyo caso, para calcular los límites del proceso normal, han de desecharse los datos de la etapa inicial que muestren una desviación importante respecto a los datos del proceso normal.

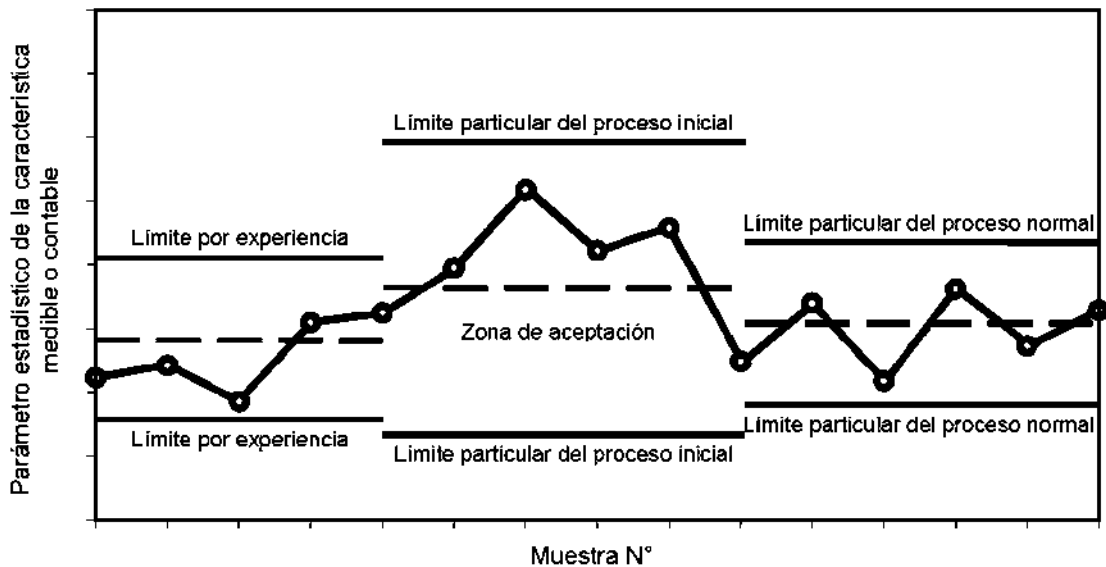


FIGURA 5.- Límites estadísticos para diferentes etapas del proceso

En teoría, los límites estadísticos calculados se mantienen constantes para un proceso establecido normalmente, lo que permite proyectarlos hacia el futuro, mientras el proceso no se altere, pues cualquier cambio en el procedimiento, en los insumos o en el equipo, lo convierte en un proceso diferente, con límites distintos.

Sin embargo, aunque dichos cambios no se presenten, es conveniente recalcular los límites periódicamente, por ejemplo, al término de cada semana de trabajo, ya que generalmente en los procesos de construcción existen muchas causas aleatorias, como las debidas a condiciones meteorológicas, que cambian con la época del año.

CARTAS DE CONTROL PARA CARACTERÍSTICAS MEDIBLES

Carta de Medias

La Carta de Medias se basa en la media de la población (\bar{X}), es decir, el promedio aritmético de la característica por controlar en todos los elementos que se produzcan con el mismo proceso, que es un parámetro estadístico de centralización.

Gráfica de Tendencias en la Carta de Medias

La gráfica de tendencias en la Carta de Medias se obtiene dibujando las medias de cada muestra, que se determinan con la siguiente expresión:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n} \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

\bar{X} = Media de la muestra. Promedio aritmético de la característica por controlar en todos los elementos de la muestra.

X_j = Característica por controlar del elemento j de la muestra.

n = Tamaño de la muestra. Número de elementos que integran cada muestra.

Calidad promedio en la Carta de Medias

La calidad promedio en la Carta de Medias, corresponde al valor del promedio de las medias de las muestras, es decir:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{k=1}^N \bar{X}_k}{N} \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

$\bar{\bar{X}}$ = Promedio aritmético de las medias de la característica por controlar de todas las muestras.

\bar{X}_k = Media de la característica por controlar de la muestra k .

N = Número de muestras analizadas.

Límites estadísticos de la Carta de Medias

a) Los límites estadísticos de la Carta de Medias limitan el intervalo definido por la ecuación (1), pero para obtener realmente la media de la población (\bar{X}), así como la desviación estándar de la población (σ'), necesaria para determinar el error inherente conforme a la ecuación (2) de este Manual, se tendría que determinar la característica por controlar de todas y cada una de las unidades que se obtengan con el proceso, lo que sería muy costoso y resulta imposible, pues el examen no se realiza hasta el final del proceso sino durante su ejecución. Sin embargo, se ha visto que el promedio de las medias de las muestras es similar a la media de la población:

$$\bar{\bar{X}} \approx \bar{X}' \dots\dots\dots(5)$$

y la desviación estándar de la población se puede estimar con la siguiente ecuación:

$$\sigma' = \frac{\bar{\sigma}}{C_2} \dots\dots\dots(6)$$

Donde:

σ' = Desviación estándar de la población. Desviación estándar determinada considerando todos los elementos producidos con el mismo proceso.

$\bar{\sigma}$ = Promedio aritmético de la desviación estándar de la característica por controlar en todas las muestras analizadas.

C_2 = Parámetro determinado experimentalmente, que relaciona la desviación estándar de la población (σ') y el promedio de las desviaciones estándar de las muestras ($\bar{\sigma}$), obtenido de la Tabla 1 de este Manual, en función del tamaño de las muestras (n).

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

TABLA 1.- Factores para el cálculo de los límites estadísticos para cartas de características medibles

| Tamaño de las muestras (n) | C ₂ | 1/C ₂ | Cartas de Medias | Cartas de Desviaciones Estándar | |
|----------------------------|----------------|------------------|------------------|---------------------------------|----------------|
| | | | A ₁ | B ₃ | B ₄ |
| 2 | 0,5642 | 1,7725 | 3,760 | 0 | 3,267 |
| 3 | 0,7236 | 1,3620 | 2,394 | 0 | 2,568 |
| 4 | 0,7979 | 1,2533 | 1,880 | 0 | 2,266 |
| 5 | 0,8407 | 1,1894 | 1,596 | 0 | 2,089 |
| 6 | 0,8686 | 1,1513 | 1,41 | 0,03 | 1,97 |
| 7 | 0,8882 | 1,1259 | 1,28 | 0,12 | 1,88 |
| 8 | 0,9027 | 1,1078 | 1,17 | 0,19 | 1,81 |
| 9 | 0,9139 | 1,0942 | 1,09 | 0,24 | 1,76 |
| 10 | 0,9227 | 1,0838 | 1,03 | 0,28 | 1,72 |
| 11 | 0,9300 | 1,0753 | 0,97 | 0,32 | 1,68 |
| 12 | 0,9359 | 1,0685 | 0,93 | 0,35 | 1,65 |
| 13 | 0,9410 | 1,0627 | 0,88 | 0,38 | 1,62 |
| 14 | 0,9453 | 1,0579 | 0,85 | 0,41 | 1,59 |
| 15 | 0,9490 | 1,0537 | 0,82 | 0,43 | 1,57 |
| 16 | 0,9523 | 1,0501 | 0,79 | 0,45 | 1,55 |
| 17 | 0,9551 | 1,0470 | 0,76 | 0,47 | 1,53 |
| 18 | 0,9576 | 1,0443 | 0,74 | 0,48 | 1,52 |
| 19 | 0,9599 | 1,0418 | 0,72 | 0,50 | 1,50 |
| 20 | 0,9619 | 1,0396 | 0,70 | 0,51 | 1,49 |

b) El promedio de las desviaciones estándar de las muestras se determina con la ecuación:

$$\bar{\sigma} = \frac{\sum_{k=1}^N \sigma_k}{N} \dots\dots\dots(7)$$

Donde:

$\bar{\sigma}$ = Promedio de las desviaciones estándar de las muestras.

σ_k = Desviación estándar de la característica por controlar de la muestra k.

N = Número de muestras analizadas.

c) La desviación estándar de cada muestra se calcula con la ecuación:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(8)$$

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

Donde:

σ = Desviación estándar de la muestra.

\bar{X} = Media de la muestra obtenida con la ecuación (3) de este Manual.

X_j = Característica por controlar del elemento j de la muestra.

n = Tamaño de la muestra. Número de elementos que integran cada muestra.

d) Si se sustituye la ecuación (6) en la (2) y ésta junto con la (5) en la (1) de este Manual, los límites estadísticos, superior e inferior, para la Carta de Medias, serán respectivamente:

$$LS_{EST} = \bar{X} + \frac{t\bar{\sigma}}{C_2\sqrt{n}} \dots\dots\dots(9)$$

$$LI_{EST} = \bar{X} - \frac{t\bar{\sigma}}{C_2\sqrt{n}} \dots\dots\dots(10)$$

El factor t , que depende del nivel de confianza con el que se desea saber si el proceso está bajo control y por lo tanto define la probabilidad de que la variación de los valores medidos se deba a causas aleatorias, se obtiene de la Tabla 2 de este Manual.

TABLA 2.- Valores del factor t

| Nivel de confianza (%) | t |
|------------------------|------|
| 99,7 | 3,00 |
| 98,0 | 2,33 |
| 95,5 | 2,00 |
| 95,0 | 1,96 |
| 90,0 | 1,64 |
| 80,0 | 1,28 |
| 68,2 | 1,00 |
| 50,0 | 0,67 |

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

e) En general, el nivel de confianza que se ha de utilizar para las cartas de control será de 99,7%, es decir, $t = 3$, con lo que se tendrá una probabilidad de que las variaciones dentro de la zona de aceptación se deba a causas aleatorias, del 99,7% y la misma probabilidad de que las desviaciones fuera de esa zona se deban a causas asignables. Si en las ecuaciones (9) y (10) se considera $t = 3$ y se define el factor A_1 como:

$$A_1 = \frac{3}{C_2\sqrt{n}} \dots\dots\dots(11)$$

Entonces los límites estadísticos, superior e inferior, serán respectivamente:

$$LSE_{EST} = \bar{X} + A_1\bar{\sigma} \dots\dots\dots(12)$$

$$LIE_{EST} = \bar{X} - A_1\bar{\sigma} \dots\dots\dots(13)$$

Los valores del factor A_1 , para $t = 3$, pueden obtenerse de la Tabla 1 de este Manual, según el tamaño de las muestras (n).

f) Como los límites estadísticos de la Carta de Medias dependen del tamaño de las muestras, para que puedan ser proyectados al futuro se requiere que sean líneas rectas, siendo entonces indispensable que todas las muestras tengan el mismo tamaño, lo que no siempre es posible en los procesos de construcción, en cuyo caso se pueden utilizar las Cartas de Medias Móviles a que se refiere el Inciso D.1.3. de este Manual.

Carta de Desviaciones Estándar

La Carta de Desviaciones Estándar se basa en la desviación estándar de la población (σ'), es decir, la desviación estándar de la característica por controlar en todos los elementos producidos con el mismo proceso, que es un parámetro estadístico de dispersión.

Carta de Medias Móviles

Como ya se mencionó anteriormente, para que los límites estadísticos de las cartas de control puedan proyectarse hacia el futuro, deben ser rectos, para lo que es necesario que todas las muestras tengan el mismo tamaño. Sin embargo, en la construcción es frecuente tomar muestras de diferente tamaño, según el volumen ejecutado durante el día, en cuyo caso, se puede utilizar la Carta de Medias Móviles, mediante la que se analizan muestras virtuales de tamaño uniforme, que se constituyen utilizando todas las muestras realmente obtenidas.

Muestras virtuales

Cuando las muestras son de diferentes tamaños, con la ecuación (3) de este Manual se determina la media (\bar{X}) de cada una; se define el tamaño de las muestras virtuales que se desea (n_m) y ellas se integran con las medias de las n_m últimas muestras reales, como se indica en la Tabla 4, para $n_m = 5$.

TABLA 4.- Integración de muestras virtuales de 5 elementos
($n_m = 5$)

| Muestras reales | | Muestras virtuales | |
|------------------------|--------------------------|---------------------------------|---|
| Muestra real N° {N} | Media { \bar{X}_k } | Muestra virtual N° { N_m } | Integración de la muestra |
| 1 | \bar{X}_1 | -- | -- |
| 2 | \bar{X}_2 | -- | -- |
| 3 | \bar{X}_3 | -- | -- |
| 4 | \bar{X}_4 | -- | -- |
| 5 | \bar{X}_5 | 1 | $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3, \bar{X}_4$ y \bar{X}_5 |
| 6 | \bar{X}_6 | 2 | $\bar{X}_2, \bar{X}_3, \bar{X}_4, \bar{X}_5$ y \bar{X}_6 |
| 7 | \bar{X}_7 | 3 | $\bar{X}_3, \bar{X}_4, \bar{X}_5, \bar{X}_6$ y \bar{X}_7 |
| 8 | \bar{X}_8 | 4 | $\bar{X}_4, \bar{X}_5, \bar{X}_6, \bar{X}_7$ y \bar{X}_8 |
| 9 | \bar{X}_9 | 5 | $\bar{X}_5, \bar{X}_6, \bar{X}_7, \bar{X}_8$ y \bar{X}_9 |
| 10 | \bar{X}_{10} | 6 | $\bar{X}_6, \bar{X}_7, \bar{X}_8, \bar{X}_9$ y \bar{X}_{10} |

Gráfica de tendencias en la Carta de Medias Móviles

La gráfica de tendencias en la Carta de Medias Móviles se obtiene dibujando las medias móviles de cada muestra virtual, que se determinan con la siguiente expresión:

$$\bar{X}_m = \frac{\sum_{k=1}^{n_m} X_k}{n_m} \dots\dots\dots(20)$$

Donde:

- \bar{X}_m = Media móvil de la muestra virtual. Promedio aritmético de las medias de las muestras reales que integran la muestra virtual.
- \bar{X}_k = Media de la muestra real k que integra la muestra virtual.
- n_m = Tamaño de la muestra virtual. Número de elementos que integran cada muestra virtual.

Calidad promedio en la Carta de Medias Móviles

La calidad promedio en la Carta de Medias Móviles, corresponde al valor del promedio de las medias móviles de las muestras virtuales, es decir:

$$\bar{\bar{X}}_m = \frac{\sum_{l=1}^{N_m} \bar{X}_{ml}}{N_m} \dots\dots\dots(21)$$

Donde:

- $\bar{\bar{X}}_m$ = Promedio aritmético de las medias móviles de las muestras virtuales.
- \bar{X}_{ml} = Media móvil de la muestra virtual l .
- N_m = Número de muestras virtuales analizadas.

Límites estadísticos de la Carta de Medias

a) Para determinar los límites estadísticos de la Carta de Medias Móviles, se considera que el promedio de las medias móviles de las muestras virtuales es similar a la media de la población:

$$\bar{X}_m \approx \bar{X}' \dots\dots\dots(22)$$

y que la desviación estándar de la población se puede estimar con la siguiente ecuación:

$$\sigma' = \frac{\bar{\sigma}_m}{C_2} \dots\dots\dots(23)$$

Donde:

- σ' = Desviación estándar de la población. Desviación estándar determinada considerando todos los elementos producidos con el mismo proceso.
- $\bar{\sigma}_m$ = Promedio aritmético de las desviaciones estándar móviles de todas las muestras virtuales.
- C_2 = Parámetro determinado experimentalmente, que relaciona la desviación estándar de la población (σ') y el promedio de las desviaciones estándar móviles de las muestras virtuales ($\bar{\sigma}_m$), obtenido de la Tabla 1 de este Manual, en función del tamaño de las muestras móviles (donde $n = n_m$).

b) El promedio de las desviaciones estándar móviles de las muestras virtuales se determina con la ecuación:

$$\bar{\sigma}_m = \frac{\sum_{l=1}^{N_m} \sigma_{ml}}{N_m} \dots\dots\dots(24)$$

Donde:

- $\bar{\sigma}_m$ = Promedio aritmético de las desviaciones estándar móviles de las muestras virtuales.
- σ_{ml} = Desviación estándar móvil de la muestra virtual l .
- N_m = Número de muestras virtuales analizadas.

c) La desviación estándar móvil de cada muestra virtual se calcula con la ecuación:

$$\sigma_{ml} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{n_m} (\bar{X}_k - \bar{X}_{ml})^2}{n_m - 1}} \dots\dots\dots(25)$$

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

Donde:

σ_{mi} = Desviación estándar móvil de la muestra virtual i .

\bar{X}_{mi} = Media móvil de la muestra virtual, obtenida con la ecuación (20) de este Manual i .

\bar{X}_k = Media de la muestra real k que integra la muestra virtual i .

n_m = Tamaño de la muestra virtual. Número de elementos que integran cada muestra virtual.

d) Si se sustituye la ecuación (23) en la (2) y ésta junto con la (22) en la (1) de este Manual, los límites estadísticos, superior e inferior, para la Carta de Medias Móviles, serán respectivamente:

$$LS_{EST} = \bar{X}_m + \frac{t\bar{\sigma}_m}{C_2\sqrt{n_m}} \dots\dots\dots(26)$$

$$LI_{EST} = \bar{X}_m - \frac{t\bar{\sigma}_m}{C_2\sqrt{n_m}} \dots\dots\dots(27)$$

El factor t que depende del nivel de confianza con el que se desea trabajar, mismo que define la probabilidad de que la variación se deba a causas aleatorias, se obtiene de la Tabla 2 de este Manual.

e) Si se considera $t = 3$ (nivel de confianza de 99,7%, según se indica en el Punto e) del Párrafo D.1.1.3.), el factor A_1 de la Tabla 1 de este Manual, será:

$$A_1 = \frac{3}{C_2\sqrt{n_m}} \dots\dots\dots(28)$$

y los límites estadísticos, superior e inferior, serán respectivamente:

$$LS_{EST} = \bar{X}_m + A_1\bar{\sigma}_m \dots\dots\dots(29)$$

$$LI_{EST} = \bar{X}_m - A_1\bar{\sigma}_m \dots\dots\dots(30)$$

f) Debido a que las muestras virtuales se integran con los datos de las muestras reales, existe un desfaseamiento entre esos datos y las medias móviles que definen la gráfica de tendencias, de manera que si alguna de ellas se aloja fuera de la zona de aceptación, indica en forma diferida, que actúan o actuaron una o varias causas asignables, pero no señala el momento en que ello ocurrió, por lo que, para ayudar a ubicar esas causas también es conveniente graficar en la Carta de Medias Móviles, las medias de las muestras reales.

Capítulo 5

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CONCRETO

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

La presente tesis muestra el análisis estadístico que se elaboró para el LABORATORIO LABINGCO (Laboratorio e ingeniería en materiales para la Construcción), esto para llevar un control estadístico de calidad mostrando los resultados (generales-estadísticos), dependiendo de la resistencia del concreto a cada 28 días, según con sus diferentes $f'c$, de cada pruebas que realiza el laboratorio, con el fin de conocer la calidad de los materiales empleados y garantizar que cumplan con las Normas correspondientes.

El laboratorio realizo diferentes muestreos en el mes de Julio, Agosto y Septiembre, en la obra del LIBRAMIENTO PONIENTE DE MORELIA, ya que gracias a estas pruebas realice el análisis estadístico de calidad del concreto.

Se muestreo en varios tramos y dependiendo de estos se hizo el control estadístico de calidad del concreto.

- TRAMO I 546+100 al 555+100
- TRAMO III 29+000 al 37+000
- TRAMO IV 537+000 al 546+000
- ENTRONQUE PATZCUARO KM 555+100, CONSTRUCARR
- ENTRONQUE CAPULA KM 528+886 , CUMHISA

CONCRETO



MES:
JULIO

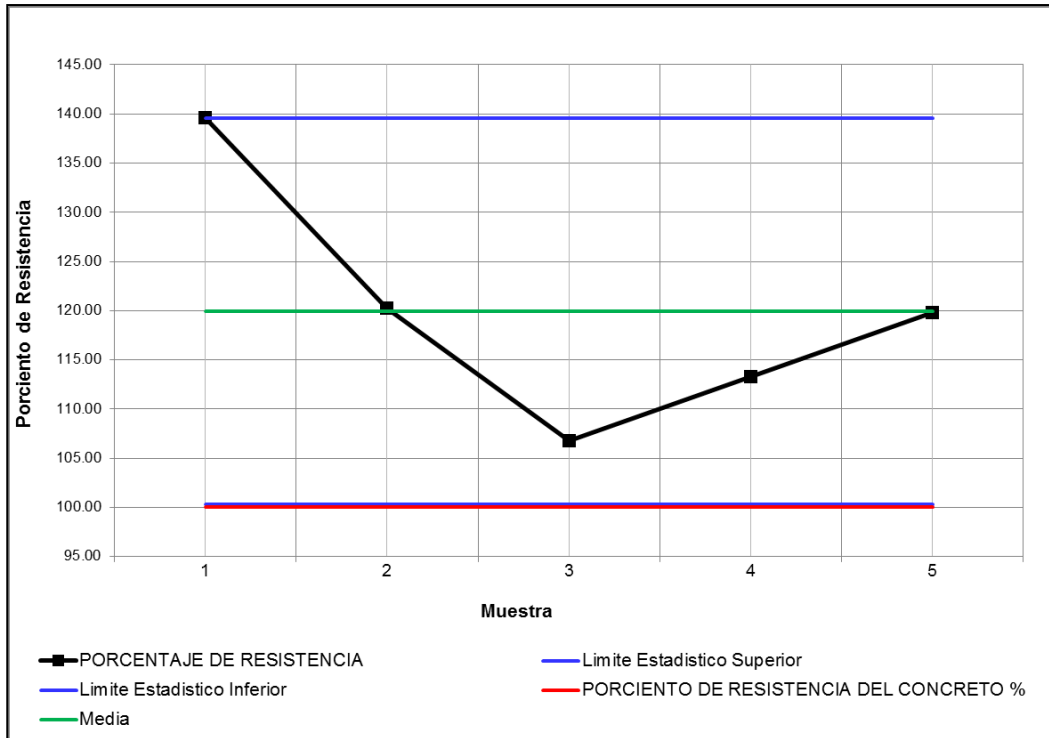
CONCRETO HIDRAULICO

$F'c=150 \text{ Kg/cm}^2$

| BASE DE DATOS (CONCRETO) | | |
|--------------------------|--------|-----------------------|
| MES: JULIO | | RESISTENCIA $F_c=150$ |
| FECHA | ENSAYE | RESISTENCIA |
| 03/07/2014 | 6553 | 139.58 |
| 09/07/2014 | 6657 | 120.23 |
| 14/07/2014 | 6720 | 106.99 |
| 14/07/2014 | 6721 | 106.54 |
| | | 106.76 |
| 15/07/2014 | 6732 | 111.59 |
| 15/07/2014 | 6733 | 115.03 |
| | | 113.31 |
| 22/07/2014 | 6809 | 139.85 |
| 22/07/2014 | 6810 | 137.99 |
| 22/07/2014 | 6805 | 81.54 |
| | | 119.79 |

GRAFICA PORCIENTO DE RESISTENCIA

Concreto Hidráulico F'c=150 kg/cm²



NORMAS DE REFERENCIA:

NMX-C-083-ONNCCE-2014, NMX-C-109-ONNCCE-2013, NMX-C-148-ONNCCE-2010, NMX-C-156-ONNCCE-2010,
NMX-C-160-ONNCCE-2004, NMX-C-161-ONNCCE-2013.

CONCRETO HIDRAULICO**F'c=200 Kg/cm²**

| BASE DE DATOS (CONCRETO) | | |
|--------------------------|--------|---------------------------------|
| MES: JULIO | | RESISTENCIA F _c =200 |
| FECHA | ENSAYE | RESISTENCIA |
| 03/07/2014 | 6541 | 110.32 |
| 03/07/2014 | 6545 | 132.98 |
| | | 121.65 |
| 08/07/2014 | 6623 | 134.91 |
| 08/07/2014 | 6669 | 118.84 |
| | | 126.87 |
| 09/07/2014 | 6661 | 134.79 |
| 09/07/2014 | 6665 | 111.73 |
| | | 123.26 |

| | | |
|------------|------|--------|
| 22/07/2014 | 6794 | 100.27 |
| 22/07/2014 | 6795 | 100.57 |
| | | 100.42 |
| 24/07/2014 | 6827 | 106.62 |
| 24/07/2014 | 6828 | 102.65 |
| 24/07/2014 | 6831 | 128.10 |
| 24/07/2014 | 6833 | 121.45 |
| | | 114.71 |
| 25/07/2014 | 6853 | 125.00 |
| 25/07/2014 | 6854 | 127.69 |
| | | 126.35 |
| 26/07/2014 | 6845 | 100.00 |
| 26/07/2014 | 6846 | 100.00 |
| | | 100.00 |

NORMA DE REFERENCIA: M-CAL-1-03/03

Concreto Hidráulico $F'c=200 \text{ kg/cm}^2$

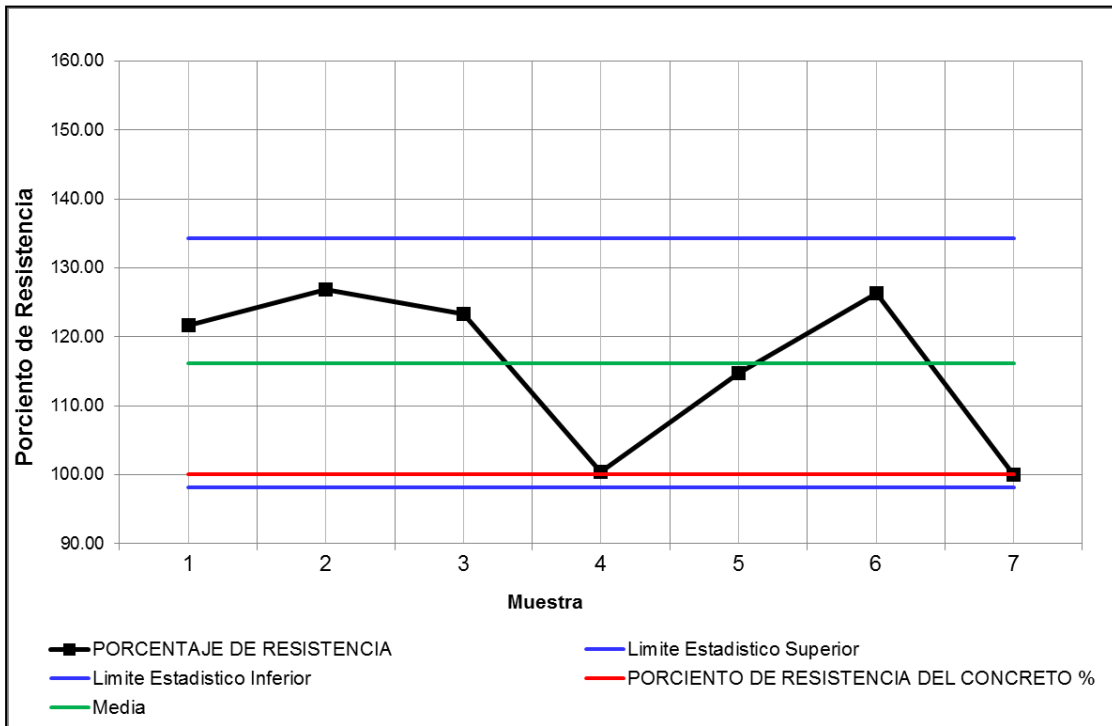
Resultados con forme a la base de datos obtenidos en las pruebas para Concreto Hidráulico de Resistencia $F'c=200 \text{ kg/cm}^2$.

| RESISTENCIA $F'c= 200 \text{ kg/cm}^2$ | | | | | | | | |
|--|------------|------------------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|--------|
| MUESTRA | FECHA | PORCENTAJE DE RESISTENCIA | MUESTRAS VIRTUALES | | Limite Estadístico Superior | Limite Estadístico Inferior | PORCIENTO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO % | Media |
| | | | Media Movil | Desviacion Estandar Movil | | | | |
| 1 | 03/07/2014 | 121.65 | - | - | 134.29 | 98.15 | 100 | 116.22 |
| 2 | 08/07/2014 | 126.87 | - | - | 134.29 | 98.15 | 100 | 116.22 |
| 3 | 09/07/2014 | 123.26 | - | - | 134.29 | 98.15 | 100 | 116.22 |
| 4 | 22/07/2014 | 100.42 | - | - | 134.29 | 98.15 | 100 | 116.22 |
| 5 | 24/07/2014 | 114.71 | 117.38 | 10.46 | 134.29 | 98.15 | 100 | 116.22 |
| 6 | 25/07/2014 | 126.35 | 118.32 | 11.13 | 134.29 | 98.15 | 100 | 116.22 |
| 7 | 26/07/2014 | 100.00 | 112.95 | 12.38 | 134.29 | 98.15 | 100 | 116.22 |
| | PROMEDIOS= | 116.18 | 116.22 | 11.32 | | | | |
| | | LIMITE ESTADISTICO SUPERIOR= | | 134.29 | | | | |
| | | LIMITE ESTADISTICO INFERIOR= | | 98.15 | | | | |

El promedio general de porcentaje de resistencia es de 116.18% según la prueba de resistencia a la compresión, el porciento de la resistencia del concreto normal debe ser del 100 % a los 28 días, por lo tanto la resistencia es aceptable con respecto a la de proyecto.

GRAFICA PORCIENTO DE RESISTENCIA

Concreto Hidráulico F'c=200 kg/cm²



NORMAS DE REFERENCIA:

NMX-C-083-ONNCCE-2014, NMX-C-109-ONNCCE-2013,
NMX-C-160-ONNCCE-2004, NMX-C-161-ONNCCE-2013.

NMX-C-148-ONNCCE-2010,

NMX-C-156-ONNCCE-2010,

CONCRETO HIDRAULICO

$F'c=250 \text{ Kg/cm}^2$

| BASE DE DATOS (CONCRETO) | | |
|--------------------------|--------|-----------------------|
| MES: JULIO | | RESISTENCIA $F_c=250$ |
| FECHA | ENSAYE | RESISTENCIA |
| 01/07/2014 | 6509 | 106.84 |
| 01/07/2014 | 6510 | 102.31 |
| 01/07/2014 | 6513 | 114.99 |
| 01/07/2014 | 6514 | 118.16 |
| | | 110.57 |
| 02/07/2014 | 6519 | 109.10 |
| 03/07/2014 | 6549 | 100.80 |
| 04/07/2014 | 6583 | 104.90 |
| 04/07/2014 | 6584 | 109.10 |
| | | 107.00 |
| 07/07/2014 | 6594 | 100.27 |
| 07/07/2014 | 6595 | 100.16 |
| 07/07/2014 | 6599 | 115.44 |
| 07/07/2014 | 6603 | 101.16 |
| 07/07/2014 | 6607 | 109.50 |
| 07/07/2014 | 6611 | 115.70 |
| 07/07/2014 | 6615 | 116.10 |
| 07/07/2014 | 6619 | 102.20 |
| | | 107.57 |

| | | |
|------------|------|--------|
| 09/07/2014 | 6641 | 110.46 |
| 09/07/2014 | 6642 | 105.93 |
| 09/07/2014 | 6648 | 111.55 |
| 09/07/2014 | 6649 | 110.44 |
| | | 109.59 |
| 10/07/2014 | 6675 | 102.79 |
| 10/07/2014 | 6676 | 100.14 |
| 10/07/2014 | 6682 | 100.05 |
| | | 100.99 |
| 11/07/2014 | 6698 | 106.39 |
| 11/07/2014 | 6699 | 101.84 |
| 11/07/2014 | 6704 | 104.10 |
| | | 104.11 |
| 12/07/2014 | 6686 | 112.20 |
| 14/07/2014 | 6710 | 102.54 |
| 14/07/2014 | 6711 | 109.17 |
| 14/07/2014 | 6716 | 106.07 |
| 14/07/2014 | 6717 | 100.68 |
| | | 104.62 |

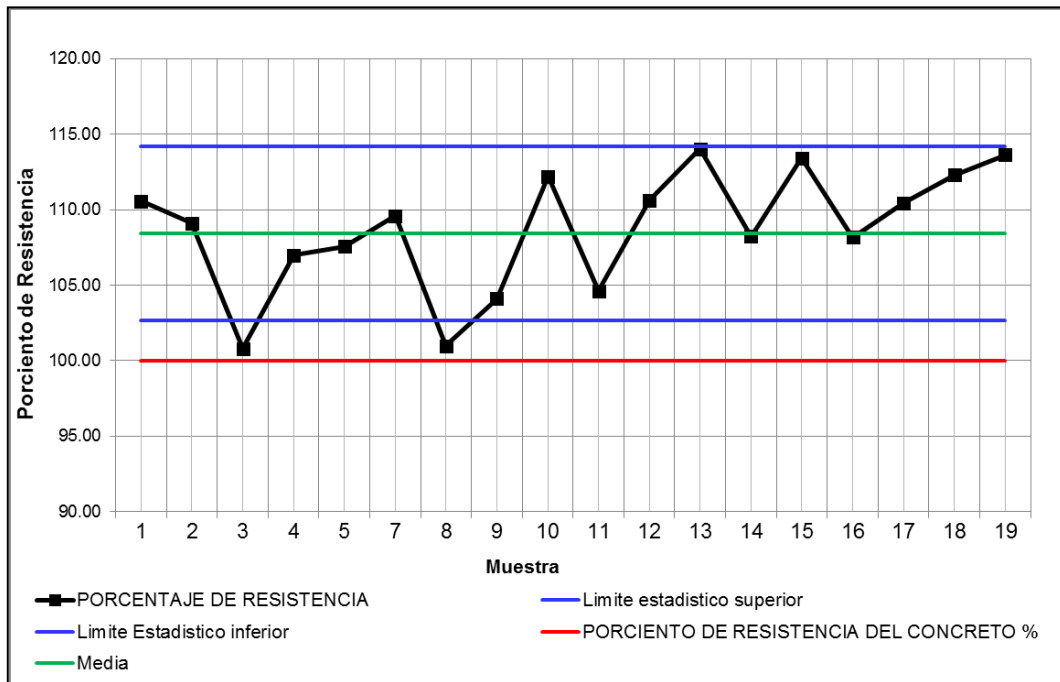
CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

| | | |
|------------|------|--------|
| 15/07/2014 | 6724 | 108.29 |
| 15/07/2014 | 6725 | 111.09 |
| 15/07/2014 | 6728 | 115.10 |
| 15/07/2014 | 6729 | 113.40 |
| 15/07/2014 | 6761 | 111.86 |
| 15/07/2014 | 6762 | 109.15 |
| 15/07/2014 | 6766 | 106.21 |
| 15/07/2014 | 6767 | 109.96 |
| | | 110.63 |
| | | |
| 16/07/2014 | 6737 | 113.00 |
| 16/07/2014 | 6738 | 114.47 |
| 16/07/2014 | 6742 | 115.21 |
| 16/07/2014 | 6743 | 113.45 |
| | | 114.03 |
| | | |
| 18/07/2014 | 6751 | 114.52 |
| 18/07/2014 | 6752 | 111.30 |
| 18/07/2014 | 6756 | 110.17 |
| 18/07/2014 | 6757 | 110.89 |
| 18/07/2014 | 6746 | 101.54 |
| 18/07/2014 | 6747 | 100.89 |
| | | 108.22 |
| | | |
| 21/07/2014 | 6776 | 113.03 |
| 21/07/2014 | 6781 | 113.83 |
| | | 113.43 |
| | | |
| 23/07/2014 | 6785 | 100.79 |
| 23/07/2014 | 6786 | 100.34 |
| 23/07/2014 | 6790 | 117.98 |
| 23/07/2014 | 6791 | 116.57 |
| 23/07/2014 | 6813 | 107.10 |
| 23/07/2014 | 6814 | 106.27 |
| | | 108.18 |

| | | |
|------------|------|--------|
| 24/07/2014 | 6818 | 118.54 |
| 24/07/2014 | 6819 | 119.54 |
| 24/07/2014 | 6823 | 102.93 |
| 24/07/2014 | 6824 | 100.82 |
| | | 110.46 |
| | | |
| 25/07/2014 | 6836 | 110.69 |
| 25/07/2014 | 6837 | 111.03 |
| 25/07/2014 | 6841 | 111.58 |
| 25/07/2014 | 6842 | 115.92 |
| | | 112.30 |
| | | |
| 26/07/2014 | 6858 | 110.67 |
| 26/07/2014 | 6859 | 114.60 |
| 26/07/2014 | 6863 | 112.33 |
| 26/07/2014 | 6864 | 116.93 |
| | | 113.63 |

GRAFICA PORCIENTO DE RESISTENCIA

Concreto Hidráulico F'c=250 kg/cm²



NORMAS DE REFERENCIA:

NMX-C-083-ONNCCE-2014, NMX-C-109-ONNCCE-2013,
NMX-C-160-ONNCCE-2004, NMX-C-161-ONNCCE-2013.

NMX-C-148-ONNCCE-2010,

NMX-C-156-ONNCCE-2010,

MES:
AGOSTO

CONCRETO HIDRAULICO

$F'c=150 \text{ Kg/cm}^2$

| BASE DE DATOS (CONCRETO) | | |
|--------------------------|-----------------------|-------------|
| MES: AGOSTO | RESISTENCIA $F'c=150$ | |
| A 28 DIAS | | |
| FECHA | ENSAYE | RESISTENCIA |
| 04/08/2014 | 6941 | 125.99 |
| 05/08/2014 | 6982 | 137.48 |
| 07/08/2014 | 6986 | 121.48 |
| | 6999 | 124.62 |
| | | 123.05 |
| 09/08/2014 | 7022 | 112.26 |
| 12/08/2014 | 7050 | 136.33 |
| 13/08/2014 | 7062 | 119.73 |
| 14/08/2014 | 7110 | 137.18 |
| 15/08/2014 | 7114 | 117.76 |
| 16/08/2014 | 7118 | 115.06 |

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

| | | |
|------------|------|--------|
| 18/08/2014 | 7160 | 128.78 |
| | 7137 | 102.95 |
| | | 115.87 |
| 19/08/2014 | 7201 | 121.48 |
| | 7148 | 101.57 |
| | | 111.52 |
| 20/08/2014 | 7225 | 132.79 |
| 25/08/2014 | 7265 | 121.64 |
| | 7310 | 136.02 |
| | | 128.83 |
| 26/08/2014 | 7306 | 126.26 |
| | 7328 | 130.41 |
| | 7295 | 101.16 |
| | | 119.27 |

NORMA DE REFERENCIA: M-CAL-1-03/03

Concreto Hidráulico $F'c=150 \text{ kg/cm}^2$

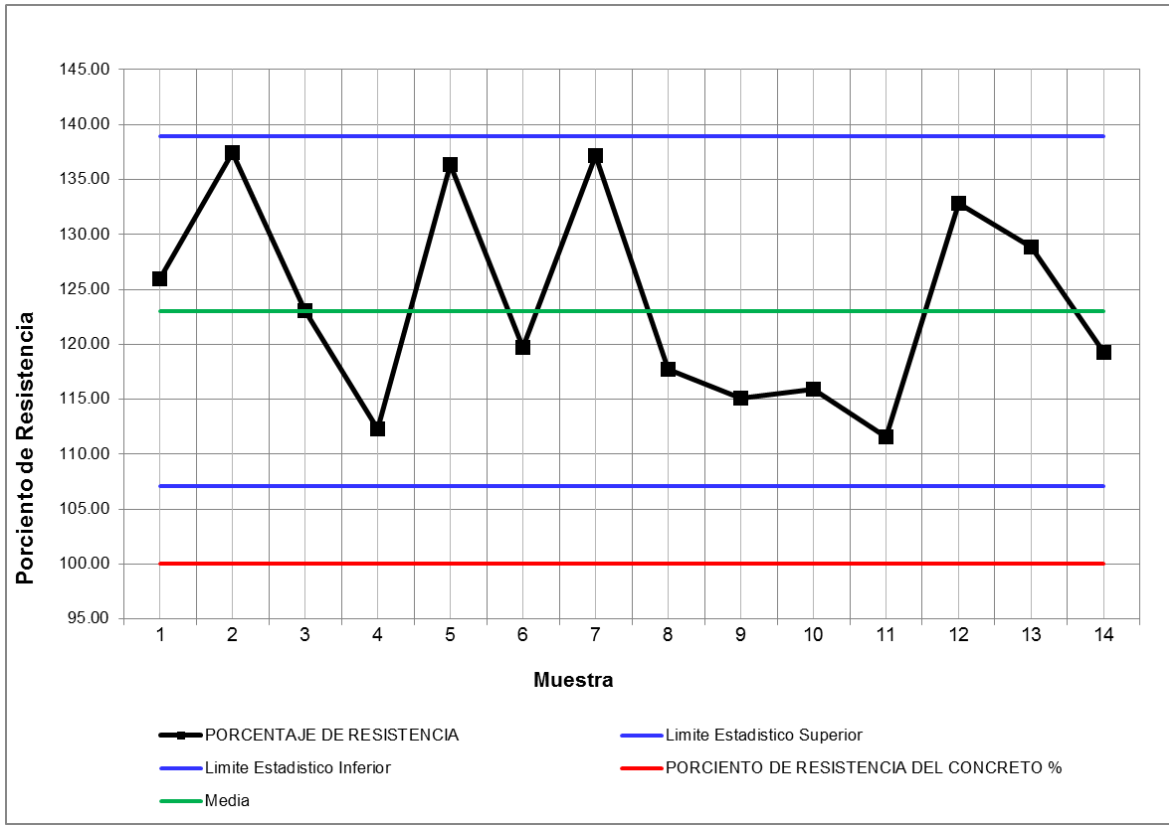
Resultados con forme a la base de datos obtenidos en las pruebas para Concreto Hidráulico de Resistencia $F'c=150 \text{ kg/cm}^2$.

| RESISTENCIA $F'c=150 \text{ kg/cm}^2$ | | | | | | | | |
|---------------------------------------|------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|---|--------|
| MUESTRA | FECHA | PORCENTAJE DE RESISTENCIA | MUESTRAS VIRTUALES | | Limite Estadístico Superior | Limite Estadístico Inferior | PORCIENTO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO % | Media |
| | | | Media Movil | Desviacion Estandar Movil | | | | |
| 1 | 04/08/2014 | 125.99 | - | - | 138.96 | 107.04 | 100 | 123.00 |
| 2 | 05/08/2014 | 137.48 | - | - | 138.96 | 107.04 | 100 | 123.00 |
| 3 | 07/08/2014 | 123.05 | - | - | 138.96 | 107.04 | 100 | 123.00 |
| 4 | 09/08/2014 | 112.26 | - | - | 138.96 | 107.04 | 100 | 123.00 |
| 5 | 12/08/2014 | 136.33 | 127.02 | 10.38 | 138.96 | 107.04 | 100 | 123.00 |
| 6 | 13/08/2014 | 119.73 | 125.77 | 10.90 | 138.96 | 107.04 | 100 | 123.00 |
| 7 | 14/08/2014 | 137.18 | 125.71 | 10.82 | 138.96 | 107.04 | 100 | 123.00 |
| 8 | 15/08/2014 | 117.76 | 124.65 | 11.39 | 138.96 | 107.04 | 100 | 123.00 |
| 9 | 16/08/2014 | 115.06 | 125.21 | 10.67 | 138.96 | 107.04 | 100 | 123.00 |
| 10 | 18/08/2014 | 115.87 | 121.12 | 9.16 | 138.96 | 107.04 | 100 | 123.00 |
| 11 | 19/08/2014 | 111.52 | 119.48 | 10.15 | 138.96 | 107.04 | 100 | 123.00 |
| 12 | 20/08/2014 | 132.79 | 118.60 | 8.25 | 138.96 | 107.04 | 100 | 123.00 |
| 13 | 25/08/2014 | 128.83 | 120.81 | 9.38 | 138.96 | 107.04 | 100 | 123.00 |
| 14 | 26/08/2014 | 119.27 | 121.66 | 8.91 | 138.96 | 107.04 | 100 | 123.00 |
| | PROMEDIOS= | 123.79 | 123.00 | 10.00 | | | | |
| | | | | | LIMITE ESTADISTICO SUPERIOR= | 138.96 | | |
| | | | | | LIMITE ESTADISTICO INFERIOR= | 107.04 | | |

El promedio general de porcentaje de resistencia es de 123.79 % según la prueba de resistencia a la compresión, el por ciento de la resistencia del concreto normal debe ser del 100 % a los 28 días, por lo tanto la resistencia es aceptable con respecto a la de proyecto.

GRAFICA PORCIENTO DE RESISTENCIA

Concreto Hidráulico F'c=150 kg/cm²



NORMAS DE REFERENCIA:

NMX-C-083-ONNCCE-2014, NMX-C-109-ONNCCE-2013, NMX-C-148-ONNCCE-2010, NMX-C-156-ONNCCE-2010,
NMX-C-160-ONNCCE-2004, NMX-C-161-ONNCCE-2013.

CONCRETO HIDRAULICO**F'c=200 Kg/cm²**

| BASE DE DATOS (CONCRETO) | | |
|--------------------------|---------------------------------|-------------|
| MES: AGOSTO | RESISTENCIA F _c =200 | |
| A 28 DIAS | | |
| FECHA | ENSAYE | RESISTENCIA |
| 02/08/2014 | 6908 | 124.49 |
| 09/08/2014 | 7034 | 108.08 |
| 12/08/2014 | 7042 | 114.26 |
| 18/08/2014 | 7141 | 108.97 |
| | 7156 | 111.40 |
| | | 110.18 |
| 19/08/2014 | 7186 | 125.60 |
| 22/08/2014 | 7229 | 116.99 |
| 25/08/2014 | 7278 | 116.81 |
| 26/08/2014 | 7299 | 118.90 |

NORMA DE REFERENCIA: M-CAL-1-03/03

Concreto Hidráulico F'c=200 kg/cm²

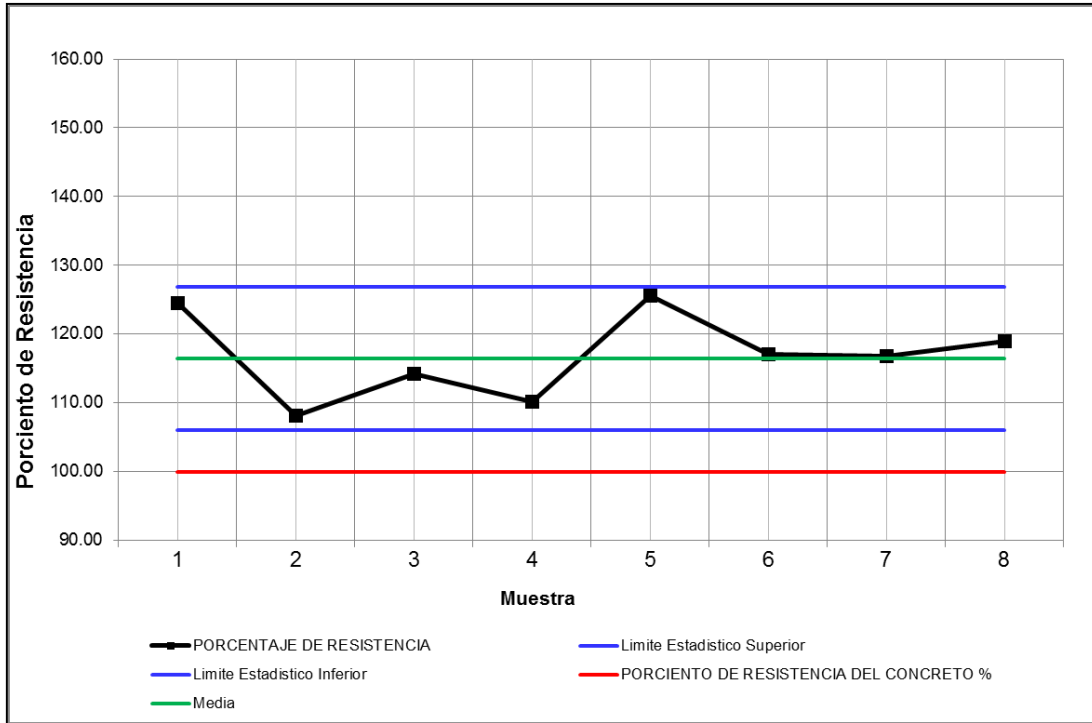
Resultados con forme a la base de datos obtenidos en las pruebas para Concreto Hidráulico de Resistencia F'c=200 kg/cm².

| RESISTENCIA F'c= 200 kg/cm2 | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------|------------------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|--------|
| MUESTRA | FECHA | PORCENTAJE DE RESISTENCIA | MUESTRAS VIRTUALES | | Limite Estadistico Superior | Limite Estadistico Inferior | PORCIENTO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO % | Media |
| | | | Media Movil | Desviacion Estandar Movil | | | | |
| 1 | 02/08/2014 | 124.49 | - | - | 126.92 | 106.08 | 100 | 116.50 |
| 2 | 09/08/2014 | 108.08 | - | - | 126.92 | 106.08 | 100 | 116.50 |
| 3 | 12/08/2014 | 114.26 | - | - | 126.92 | 106.08 | 100 | 116.50 |
| 4 | 18/08/2014 | 110.18 | - | - | 126.92 | 106.08 | 100 | 116.50 |
| 5 | 19/08/2014 | 125.60 | 116.52 | 8.10 | 126.92 | 106.08 | 100 | 116.50 |
| 6 | 22/08/2014 | 116.99 | 115.02 | 6.85 | 126.92 | 106.08 | 100 | 116.50 |
| 7 | 25/08/2014 | 116.81 | 116.77 | 5.65 | 126.92 | 106.08 | 100 | 116.50 |
| 8 | 26/08/2014 | 118.90 | 117.70 | 5.52 | 126.92 | 106.08 | 100 | 116.50 |
| | PROMEDIOS= | 116.91 | 116.50 | 6.53 | | | | |
| | | LIMITE ESTADISTICO SUPERIOR= | | 126.92 | | | | |
| | | LIMITE ESTADISTICO INFERIOR= | | 106.08 | | | | |

El promedio general de porcentaje de resistencia es de 116.91 % según la prueba de resistencia a la compresión, el porciento de la resistencia del concreto normal debe ser del 100 % a los 28 días, por lo tanto la resistencia es aceptable con respecto a la de proyecto.

GRAFICA PORCIENTO DE RESISTENCIA

Concreto Hidráulico F'c=200 kg/cm²



NORMAS DE REFERENCIA:

NMX-C-083-ONNCCE-2014, NMX-C-109-ONNCCE-2013,
NMX-C-160-ONNCCE-2004, NMX-C-161-ONNCCE-2013.

NMX-C-148-ONNCCE-2010,

NMX-C-156-ONNCCE-2010,

CONCRETO HIDRAULICO

$F'_c=250 \text{ Kg/cm}^2$

| BASE DE DATOS (CONCRETO) | | |
|--------------------------|--------|------------------------|
| MES: AGOSTO | | RESISTENCIA $F'_c=250$ |
| A 28 DIAS | | |
| FECHA | ENSAYE | RESISTENCIA |
| 01/08/2014 | 6933 | 106.90 |
| | 6923 | 107.58 |
| | 6933 | 106.90 |
| | | 107.13 |
| 04/08/2014 | 6946 | 100.21 |
| | 6951 | 100.85 |
| | | 100.53 |
| 05/08/2014 | 6937 | 104.58 |
| 06/08/2014 | 6963 | 103.16 |
| 07/08/2014 | 6991 | 100.00 |
| | 6995 | 105.98 |
| | | 102.99 |
| 08/08/2014 | 7026 | 101.00 |
| | 7030 | 100.58 |
| | 7004 | 122.81 |
| | 7009 | 113.93 |
| | 7014 | 112.27 |
| | 7018 | 113.08 |
| | | 110.61 |

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

| | | |
|------------|------|--------|
| 09/08/2014 | 7054 | 100.07 |
| | 7058 | 102.95 |
| | | 101.51 |
| 11/08/2014 | 7046 | 100.69 |
| 12/08/2014 | 7038 | 114.84 |
| 13/08/2014 | 7072 | 111.03 |
| | 7077 | 103.27 |
| | | 107.15 |
| 14/08/2014 | 7091 | 114.70 |
| | 7081 | 108.45 |
| | | 111.57 |
| 15/08/2014 | 7096 | 103.23 |
| | 7101 | 100.48 |
| | 7106 | 102.77 |
| | | 102.16 |
| 18/08/2014 | 7133 | 100.48 |
| | 7178 | 100.34 |
| | | 100.41 |
| 19/08/2014 | 7165 | 108.45 |
| | 7152 | 100.48 |
| | | 104.46 |
| 20/08/2014 | 7214 | 100.04 |
| 22/08/2014 | 7247 | 100.04 |
| 23/08/2014 | 7255 | 104.77 |

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

| | | |
|------------|------|--------|
| 25/08/2014 | 7302 | 100.17 |
| | 7269 | 100.05 |
| | | 100.11 |
| 26/08/2014 | 7333 | 101.49 |
| | 7291 | 97.85 |
| | | 99.67 |
| 27/08/2014 | 7319 | 112.11 |
| | 7324 | 105.34 |
| | 7314 | 105.84 |
| | 7342 | 102.63 |
| | | 106.48 |
| 28/08/2014 | 7404 | 110.73 |

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

NORMA DE REFERENCIA: M-CAL-1-03/03

Concreto Hidráulico F'c=250 kg/cm²

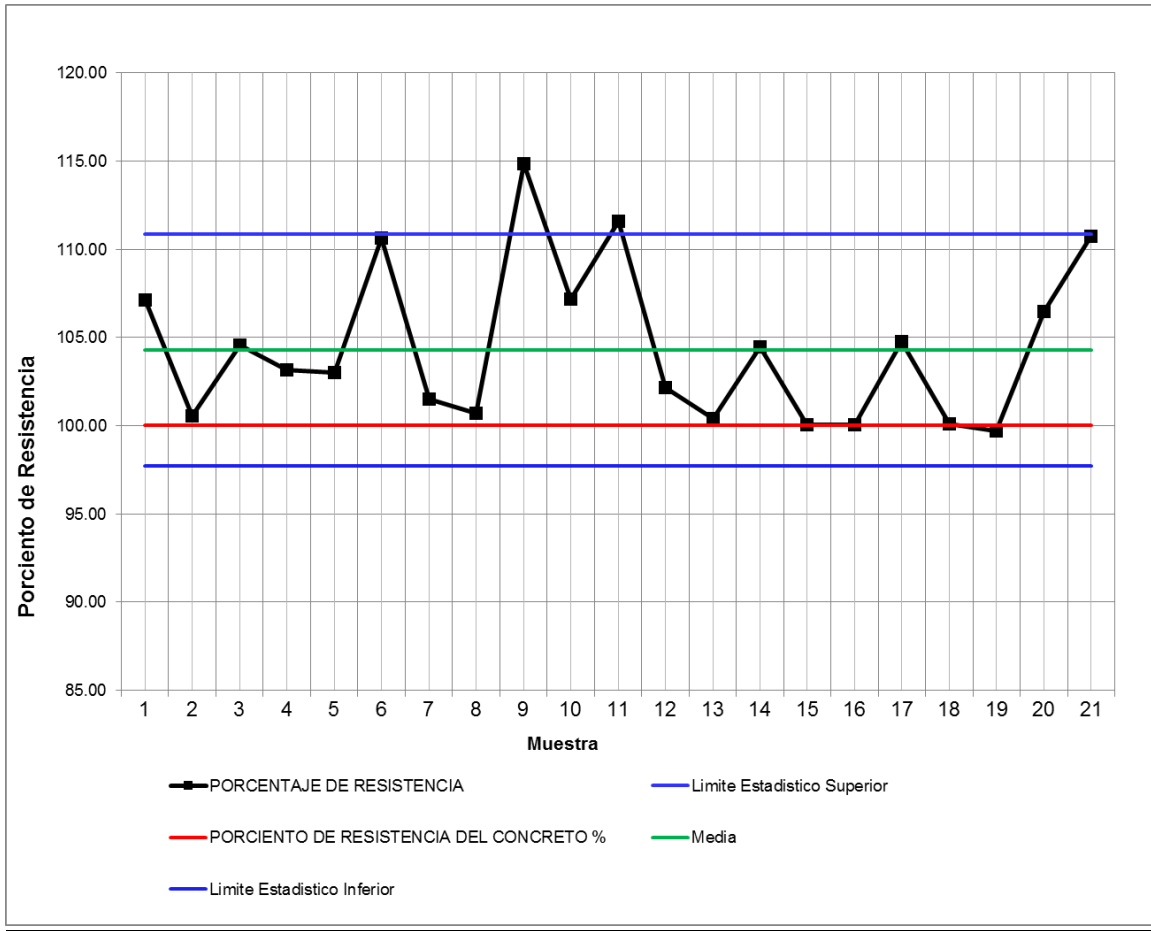
Resultados con forme a la base de datos obtenidos en las pruebas para Concreto Hidráulico de Resistencia F'c=250 kg/cm².

| RESISTENCIA F'c= 250 kg/cm ² | | | | | | | | |
|---|------------|---------------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|--------|
| MUESTRA | FECHA | PORCENTAJE DE RESISTENCIA | MUESTRAS VIRTUALES | | Limite Estadístico Superior | Limite Estadístico Inferior | PORCIENTO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO % | Media |
| | | | Media Móvil | Desviación Estandar | | | | |
| 1 | 01/08/2014 | 107.13 | - | - | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| 2 | 04/08/2014 | 100.53 | - | - | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| 3 | 05/08/2014 | 104.58 | - | - | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| 4 | 06/08/2014 | 103.16 | - | - | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| 5 | 07/08/2014 | 102.99 | 103.68 | 2.42 | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| 6 | 08/08/2014 | 110.61 | 104.37 | 3.78 | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| 7 | 09/08/2014 | 101.51 | 104.57 | 3.55 | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| 8 | 11/08/2014 | 100.69 | 103.79 | 3.95 | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| 9 | 12/08/2014 | 114.84 | 106.13 | 6.26 | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| 10 | 13/08/2014 | 107.15 | 106.96 | 6.01 | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| 11 | 14/08/2014 | 111.57 | 107.15 | 6.17 | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| 12 | 15/08/2014 | 102.16 | 107.28 | 6.03 | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| 13 | 18/08/2014 | 100.41 | 107.23 | 6.10 | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| 14 | 19/08/2014 | 104.46 | 105.15 | 4.39 | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| 15 | 20/08/2014 | 100.04 | 103.73 | 4.72 | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| 16 | 22/08/2014 | 100.04 | 101.42 | 1.91 | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| 17 | 23/08/2014 | 104.77 | 101.94 | 2.44 | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| 18 | 25/08/2014 | 100.11 | 101.88 | 2.49 | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| 19 | 26/08/2014 | 99.67 | 100.93 | 2.15 | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| 20 | 27/08/2014 | 106.48 | 102.21 | 3.18 | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| 21 | 28/08/2014 | 110.73 | 104.35 | 4.62 | 110.87 | 97.69 | 100 | 104.28 |
| | PROMEDIOS= | 104.46 | 104.28 | 4.13 | | | | |
| | | | LIMITE ESTADISTICO SUPERIOR= | 110.87 | | | | |
| | | | LIMITE ESTADISTICO INFERIOR= | 97.69 | | | | |

El promedio general de porcentaje de resistencia es de 104.46 % según la prueba de resistencia a la compresión, el porciento de la resistencia del concreto normal debe ser del 100 % a los 28 días, por lo tanto la resistencia es aceptable con respecto a la de proyecto.

GRAFICA PORCIENTO DE RESISTENCIA

Concreto Hidráulico F'c=250 kg/cm²



NORMAS DE REFERENCIA:

NMX-C-083-ONNCCE-2014, NMX-C-109-ONNCCE-2013, NMX-C-148-ONNCCE-2010, NMX-C-156-ONNCCE-2010,
 NMX-C-160-ONNCCE-2004, NMX-C-161-ONNCCE-2013.

MES:
SEPTIEMBRE

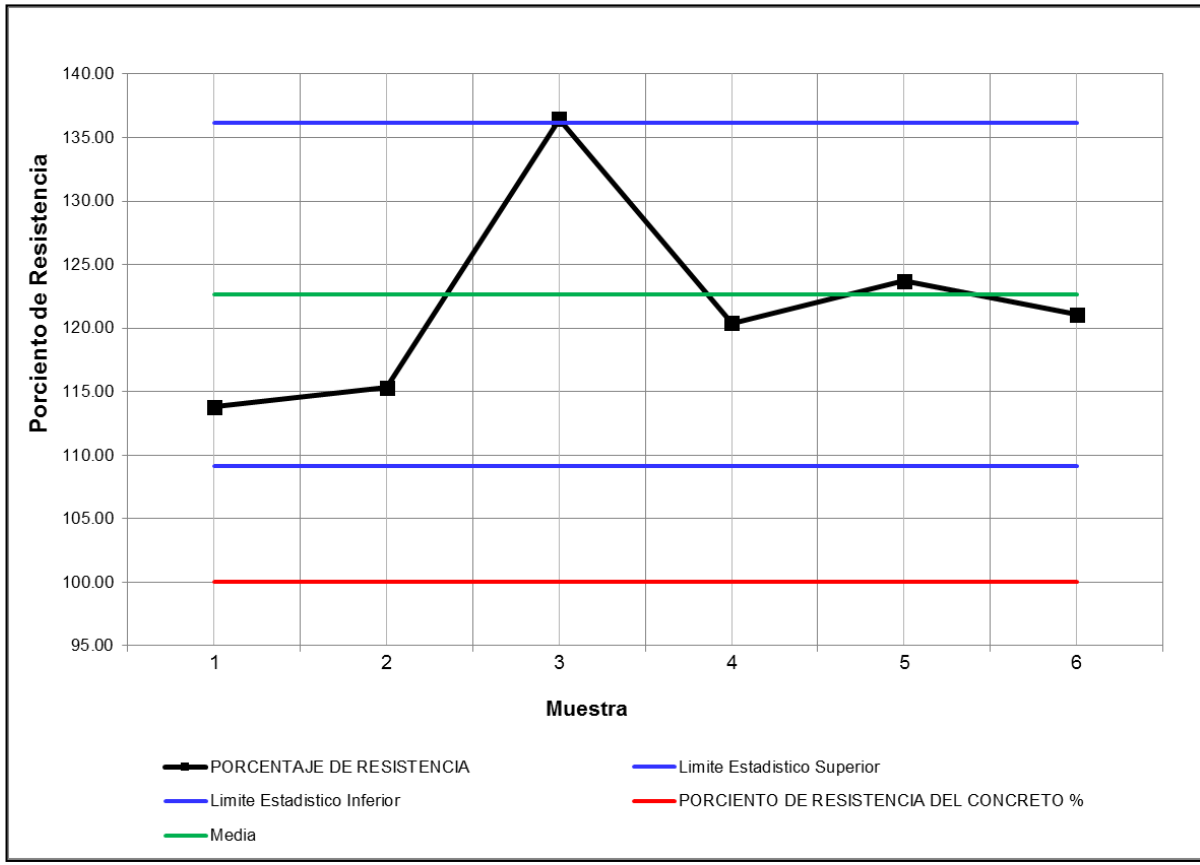
CONCRETO HIDRAULICO

$F'_c=150 \text{ Kg/cm}^2$

| BASE DE DATOS (CONCRETO) | | |
|--------------------------|------------------------|-------------|
| MES: SEPTIEMBRE | RESISTENCIA $F'_c=150$ | |
| A 28 DIAS | | |
| FECHA | ENSAYE | RESISTENCIA |
| 01/09/2014 | 7400 | 113.80 |
| 05/09/2014 | 7507 | 115.30 |
| 08/09/2014 | 7560 | 117.58 |
| | 7564 | 137.67 |
| | 7568 | 154.08 |
| | | 136.44 |
| 15/09/2014 | 7723 | 117.10 |
| | 7727 | 121.4 |
| | 7731 | 122.70 |
| | | 120.40 |
| 23/09/2014 | 7926 | 123.7 |
| 25/09/2014 | 7930 | 122.60 |
| | 7934 | 122.7 |
| | 7938 | 117.90 |
| | | 121.07 |

GRAFICA PORCIENTO DE RESISTENCIA

Concreto Hidráulico F'c=150 kg/cm²



NORMAS DE REFERENCIA:

NMX-C-083-ONNCCE-2014, NMX-C-109-ONNCCE-2013,
NMX-C-160-ONNCCE-2004, NMX-C-161-ONNCCE-2013.

NMX-C-148-ONNCCE-2010,

NMX-C-156-ONNCCE-2010,

CONCRETO HIDRAULICO

$F'_c=200 \text{ Kg/cm}^2$

| BASE DE DATOS (CONCRETO) | | |
|--------------------------|-----------------------|-------------|
| MES: SEPTIEMBRE | RESISTENCIA $F_c=200$ | |
| A 28 DIAS | | |
| FECHA | ENSAYE | RESISTENCIA |
| 12/09/2014 | 7608 | 115.1 |
| 15/09/2014 | 7735 | 120.4 |
| 19/09/2014 | 7782 | 114.00 |
| 21/09/2014 | 7874 | 109.8 |
| 22/09/2014 | 7905 | 106.2 |

NORMA DE REFERENCIA: M-CAL-1-03/03

Concreto Hidráulico F'c=200 kg/cm²

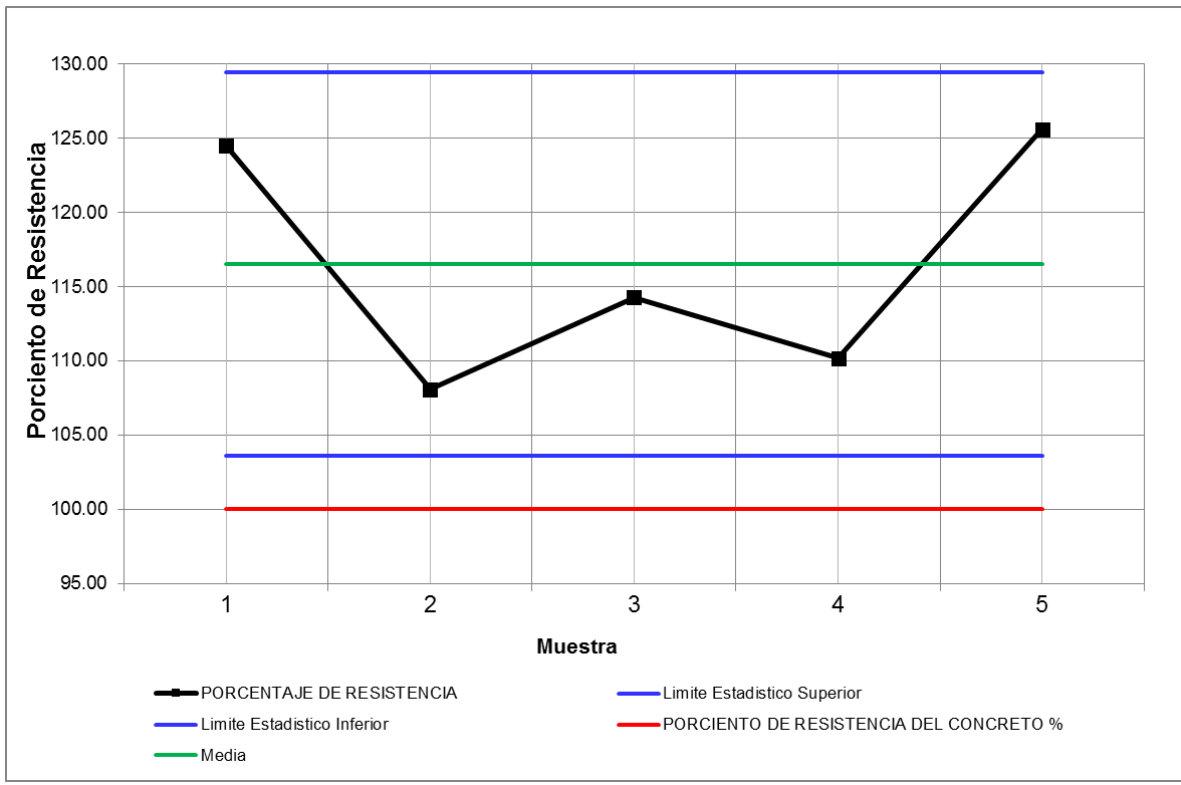
Resultados con forme a la base de datos obtenidos en las pruebas para Concreto Hidráulico de Resistencia F'c=200 kg/cm².

| RESISTENCIA F'c= 200 kg/cm ² | | | | | | | | |
|---|------------|------------------------------|----------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|--------|
| MUESTRA | FECHA | PORCENTAJE DE RESISTENCIA | MUESTRA S VIRTUA LES | | Limite Estadistico Superior | Limite Estadistico Inferior | PORCIENTO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO % | Media |
| | | | Media Movil | Desviacion Estandar Movil | | | | |
| 1 | 12/09/2014 | 124.49 | - | - | 129.45 | 103.59 | 100 | 116.52 |
| 2 | 15/09/2014 | 108.08 | - | - | 129.45 | 103.59 | 100 | 116.52 |
| 3 | 19/09/2014 | 114.26 | - | - | 129.45 | 103.59 | 100 | 116.52 |
| 4 | 21/09/2014 | 110.18 | - | - | 129.45 | 103.59 | 100 | 116.52 |
| 5 | 22/09/2014 | 125.60 | 116.52 | 8.10 | 129.45 | 103.59 | 100 | 116.52 |
| | PROMEDIOS= | 116.52 | 116.52 | 8.10 | | | | |
| | | LIMITE ESTADISTICO SUPERIOR= | | 129.45 | | | | |
| | | LIMITE ESTADISTICO INFERIOR= | | 103.59 | | | | |

El promedio general de porcentaje de resistencia es de 116.52 % según la prueba de resistencia a la compresión, el porciento de la resistencia del concreto normal debe ser del 100 % a los 28 días, por lo tanto la resistencia es aceptable con respecto a la de proyecto.

GRAFICA PORCIENTO DE RESISTENCIA

Concreto Hidráulico F'c=200 kg/cm²



NORMAS DE REFERENCIA:

NMX-C-083-ONNCCE-2014, NMX-C-109-ONNCCE-2013,
NMX-C-160-ONNCCE-2004, NMX-C-161-ONNCCE-2013.

NMX-C-148-ONNCCE-2010,

NMX-C-156-ONNCCE-2010,

CONCRETO HIDRAULICO

$F'c=250 \text{ Kg/cm}^2$

| BASE DE DATOS (CONCRETO) | | |
|--------------------------|-----------------------|-------------|
| MES: SEPTIEMBRE | RESISTENCIA $F_c=250$ | |
| A 28 DIAS | | |
| FECHA | ENSAYE | RESISTENCIA |
| 01/09/2014 | 7409 | 106.8 |
| 01/09/2014 | 7354 | 119.00 |
| 01/09/2014 | 7358 | 102.80 |
| 01/09/2014 | 7362 | 117.9 |
| 01/09/2014 | 7366 | 113.6 |
| | | 112.02 |
| 02/09/2014 | 7419 | 106.9 |
| 02/09/2014 | 7423 | 114.70 |
| 02/09/2014 | 7427 | 105.4 |
| 02/09/2014 | 7431 | 106.60 |
| 02/09/2014 | 7445 | 100.50 |
| | | 106.82 |
| 03/09/2014 | 7440 | 121.60 |
| 03/09/2014 | 7483 | 102.10 |
| 03/09/2014 | 7449 | 109.3 |
| 03/09/2014 | 7453 | 119.00 |
| | | 113.00 |
| 04/09/2014 | 7487 | 100.21 |
| 04/09/2014 | 7520 | 103.5 |
| | | 101.85 |

| | | |
|------------|------|---------|
| 05/09/2014 | 7503 | 101 |
| 05/09/2014 | 7538 | 105.5 |
| | | 103.25 |
| 06/09/2014 | 7511 | 108.40 |
| 08/09/2014 | 7579 | 112.63 |
| 09/09/2014 | 7552 | 104.90 |
| 09/09/2014 | 7556 | 113.10 |
| 09/09/2014 | 7572 | 104.60 |
| 09/09/2014 | 7546 | 125.80 |
| | | 112.10 |
| 10/09/2014 | 7588 | 107.70 |
| 10/09/2014 | 7596 | 107.30 |
| 10/09/2014 | 7600 | 107.00 |
| 10/09/2014 | 7604 | 115.20 |
| | | 109.30 |
| 11/09/2014 | 7637 | 110.600 |
| 11/09/2014 | 7645 | 109.800 |
| 11/09/2014 | 7617 | 109.400 |
| 11/09/2014 | 7622 | 114.800 |
| | | 111.150 |

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

| | | |
|------------|------|--------|
| 12/09/2014 | 7665 | 109.4 |
| | | |
| 15/09/2014 | 7656 | 97.40 |
| 15/09/2014 | 7660 | 111.70 |
| | | 104.55 |
| | | |
| 16/09/2014 | 7681 | 109.70 |
| 16/09/2014 | 7685 | 109.20 |
| 16/09/2014 | 7689 | 103.90 |
| 16/09/2014 | 7693 | 106.70 |
| 16/09/2014 | 7697 | 104.40 |
| | | 106.78 |
| | | |
| 17/09/2014 | 7706 | 113.20 |
| 17/09/2014 | 7710 | 117.30 |
| | | 115.25 |
| | | |
| 18/09/2014 | 7767 | 97.30 |
| 18/09/2014 | 7762 | 108.60 |
| | | 102.95 |
| | | |
| 19/09/2014 | 7791 | 109.70 |
| 19/09/2014 | 7795 | 117.10 |
| 19/09/2014 | 7746 | 119.10 |
| 19/09/2014 | 7754 | 116.70 |
| | | 115.65 |

| | | |
|------------|------|--------|
| 20/09/2014 | 7787 | 101.60 |
| 20/09/2014 | 7799 | 114.20 |
| 20/09/2014 | 7803 | 106.70 |
| 20/09/2014 | 7807 | 115.70 |
| 20/09/2014 | 7811 | 111.40 |
| 20/09/2014 | 7815 | 109.40 |
| 20/09/2014 | 7819 | 113.60 |
| 20/09/2014 | 7823 | 110.90 |
| 20/09/2014 | 7827 | 113.50 |
| 20/09/2014 | 7831 | 110.70 |
| 20/09/2014 | 7835 | 104.10 |
| 20/09/2014 | 7839 | 115.40 |
| 20/09/2014 | 7843 | 115.40 |
| 20/09/2014 | 7847 | 114.10 |
| 20/09/2014 | 7851 | 117.70 |
| | | 111.63 |
| | | |
| 24/09/2014 | 7909 | 109.30 |
| 24/09/2014 | 7913 | 113.70 |
| 24/09/2014 | 7917 | 101.40 |
| | | 108.13 |
| | | |
| 25/09/2014 | 7962 | 105.00 |
| 25/09/2014 | 7967 | 102.30 |
| | | 103.65 |
| | | |
| 26/09/2014 | 8009 | 105.30 |
| 26/09/2014 | 8013 | 103.80 |
| 26/09/2014 | 7988 | 116.40 |
| 26/09/2014 | 7993 | 95.30 |
| | | 105.20 |

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

NORMA DE REFERENCIA: M-CAL-1-03/03

Concreto Hidráulico F'c=250 kg/cm²

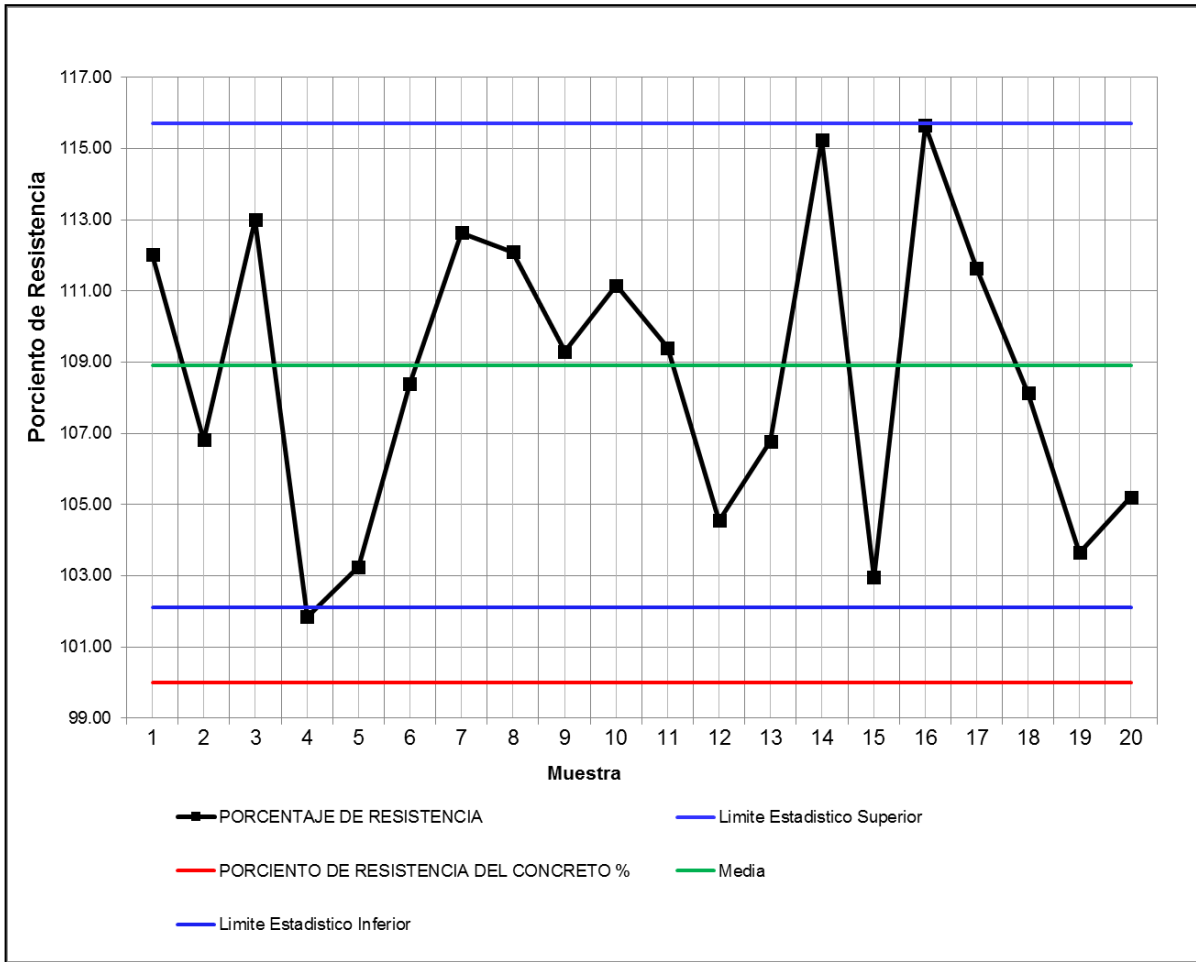
Resultados con forme a la base de datos obtenidos en las pruebas para Concreto Hidráulico de Resistencia F'c=250 kg/cm².

| RESISTENCIA F'c= 250 kg/cm ² | | | | | | | | |
|---|------------|---------------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|--------|
| MUESTRA | FECHA | PORCENTAJE DE RESISTENCIA | MUESTRAS VIRTUALES | | Limite Estadístico Superior | Limite Estadístico Inferior | PORCIENTO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO % | Media |
| | | | Media Movil | Desviacion Estandar | | | | |
| 1 | 01/09/2014 | 112.02 | - | - | 115.70 | 102.11 | 100 | 108.91 |
| 2 | 02/09/2014 | 106.82 | - | - | 115.70 | 102.11 | 100 | 108.91 |
| 3 | 03/09/2014 | 113.00 | - | - | 115.70 | 102.11 | 100 | 108.91 |
| 4 | 04/09/2014 | 101.85 | - | - | 115.70 | 102.11 | 100 | 108.91 |
| 5 | 05/09/2014 | 103.25 | 107.39 | 5.03 | 115.70 | 102.11 | 100 | 108.91 |
| 6 | 06/09/2014 | 108.40 | 106.66 | 4.42 | 115.70 | 102.11 | 100 | 108.91 |
| 7 | 08/09/2014 | 112.63 | 107.83 | 5.17 | 115.70 | 102.11 | 100 | 108.91 |
| 8 | 09/09/2014 | 112.10 | 107.65 | 4.95 | 115.70 | 102.11 | 100 | 108.91 |
| 9 | 10/09/2014 | 109.30 | 109.14 | 3.75 | 115.70 | 102.11 | 100 | 108.91 |
| 10 | 11/09/2014 | 111.15 | 110.72 | 1.81 | 115.70 | 102.11 | 100 | 108.91 |
| 11 | 12/09/2014 | 109.40 | 110.92 | 1.53 | 115.70 | 102.11 | 100 | 108.91 |
| 12 | 15/09/2014 | 104.55 | 109.30 | 2.91 | 115.70 | 102.11 | 100 | 108.91 |
| 13 | 16/09/2014 | 106.78 | 108.24 | 2.58 | 115.70 | 102.11 | 100 | 108.91 |
| 14 | 17/09/2014 | 115.25 | 109.43 | 4.11 | 115.70 | 102.11 | 100 | 108.91 |
| 15 | 18/09/2014 | 102.95 | 107.79 | 4.83 | 115.70 | 102.11 | 100 | 108.91 |
| 16 | 19/09/2014 | 115.65 | 109.04 | 6.01 | 115.70 | 102.11 | 100 | 108.91 |
| 17 | 20/09/2014 | 111.63 | 110.45 | 5.50 | 115.70 | 102.11 | 100 | 108.91 |
| 18 | 24/09/2014 | 108.13 | 110.72 | 5.31 | 115.70 | 102.11 | 100 | 108.91 |
| 19 | 25/09/2014 | 103.65 | 108.40 | 5.37 | 115.70 | 102.11 | 100 | 108.91 |
| 20 | 26/09/2014 | 105.20 | 108.85 | 4.87 | 115.70 | 102.11 | 100 | 108.91 |
| | PROMEDIOS= | 108.69 | 108.91 | 4.26 | | | | |
| | | | LIMITE ESTADISTICO SUPERIOR= | 115.70 | | | | |
| | | | LIMITE ESTADISTICO INFERIOR= | 102.11 | | | | |

El promedio general de porcentaje de resistencia es de 108.69 % según la prueba de resistencia a la compresión, el por ciento de la resistencia del concreto normal debe ser del 100 % a los 28 días, por lo tanto la resistencia es aceptable con respecto a la de proyecto.

GRAFICA PORCIENTO DE RESISTENCIA

Concreto Hidráulico F'c=250 kg/cm²



NORMAS DE REFERENCIA:

NMX-C-083-ONNCCE-2014, NMX-C-109-ONNCCE-2013,
 NMX-C-160-ONNCCE-2004, NMX-C-161-ONNCCE-2013.

NMX-C-148-ONNCCE-2010,

NMX-C-156-ONNCCE-2010,

Capítulo 6

CONCLUSIONES

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

Las gráficas de control nos muestran cómo se compara una característica a través del tiempo.

Si todos los puntos están dentro de los límites y no siguen un patrón específico, se dice que el proceso está bajo control o bajo control estadístico.

Los límites de control dependen del comportamiento de los datos.

Del desarrollo de los conceptos y ejemplos se puede observar el enorme potencial que posee la utilización del Control Estadístico de la calidad como instrumento y herramienta destinada a un mejor control en la evolución de la empresa, una forma más eficaz de tomar decisiones en cuanto a ajustes, un método muy eficiente de fijar metas y un excepcional medio de verificar el comportamiento del sistema.

Como puede observarse, los análisis estadísticos para el control de calidad constituyen una excelente herramienta, que permite detectar las deficiencias y desviaciones significativas en los procesos de producción durante su ejecución, tan pronto como se produzcan, siendo posible aplicar medidas correctivas oportunas y económicas.

Sin embargo, cuando un proceso de producción se ve afectado por causas asignables, que deban ser identificadas y eliminadas para mantenerlo bajo control, estos análisis sólo indican, con una alta probabilidad de acertar, que algo ajeno al proceso está ocurriendo, pero no señalan que, por lo que es necesario que la persona responsable de ejecutar los análisis tenga una amplia experiencia y conozca el proceso, para poder identificarlas y eliminarlas, antes de que los resultados del proceso salgan de las especificaciones, lo que implicaría detenerlo mientras se corrige, con el consecuente retraso en el programa de ejecución.

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL CONCRETO

Cuando un proceso de producción es controlado mediante los análisis estadísticos, puede ser optimizado, obteniendo un proceso que logre el cumplimiento de todos los requisitos de calidad establecidos en las especificaciones, en el menor tiempo y con el menor costo que sean posibles. Para aprovechar las virtudes de los análisis estadísticos, que permiten mantener el proceso bajo control, evitando cualquier salida fuera de especificaciones y lograr su optimización, es indispensable que las cartas de control y, en su caso, las pruebas de hipótesis se mantengan permanentemente actualizadas, ejecutando los análisis diariamente, tan pronto como se obtengan los resultados de las mediciones, pruebas de campo y pruebas de laboratorio que se realicen conforme a lo que establezcan las especificaciones e informando a los responsables de los procesos de producción, sobre cualquier posible salida fuera de control, tan pronto como se detecte.

Capítulo 7

REFERENCIAS

NMX-C-083-ONNCCE-2014

Industria de la construcción – Concreto – Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes- Método de Ensayo.

NMX-C-109-ONNCCE-2013

Industria de la construcción – Concreto hidráulico - Cabeceo de especímenes.

NMX-C-148-ONNCCE-2010

Industria de la construcción - Cementos y concretos hidráulicos – Gabinetes, cuartos húmedos y tanques de almacenamiento – Condiciones de diseño y operación.

NMX-C-156-ONNCCE-2010

Industria de la construcción - Concreto hidráulico - Determinación del revenimiento en el concreto fresco.

NMX-C-160-ONNCCE-2004

Industria de la construcción – Concreto - Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto.

NMX-C-161-ONNCCE-2013

Industria de la Construcción – Concreto Fresco- Muestreo.

Navarro Sánchez, Luis M., Martínez Molina Wilfrido, Espinoza Mandujano Antonio. (2007). Análisis de materiales (segunda edición), Morelia, Michoacán, México.

Web

<http://es.scribd.com/doc/87071150/Control-Estadistico-Concreto#scribd>

http://es.slideshare.net/freddyramirofloresvega/control-de-calidad-del-concreto?qid=98bd47a2-b69a-4859-8944-fffd3ac4469a&v=default&b=&from_search=8

<http://es.slideshare.net/CarlosPajuelo/control-de-calidadobra?related=1>

<http://www.biblioteca.udep.edu.pe/>

<http://es.scribd.com/doc/230735786/3-Generalidades-Del-Concreto#scribd>

<http://www.bdigital.unal.edu.co/>

<http://www.onncce.org.mx/>