
NORMA CUBANA

NC

780: 2010

**PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA
EFICIENCIA DE MEZCLADO DE LAS HORMIGONERAS**

Procedure for examination of mixing efficiency of concrete mixers

ICS: 91.100.30

1. Edición Abril 2010
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de La Habana. Cuba. Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico: nc@ncnorma.cu; Sitio Web: www.nc.cubaindustria.cu



Cuban National Bureau of Standards

NC 780: 2010

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos normativos relacionados se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

Esta Norma Cubana:

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 37 de Hormigón Reforzado y Morteros, en el cual están representadas las siguientes entidades:
 - Ministerio de la Construcción (MICONS)
 - Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA)
 - Empresa Productora de Prefabricados de Ciudad Habana
 - Empresa de Tecnologías Industriales de la Construcción (TICONS)
 - Grupo Empresarial Industrial de la Construcción (GEICON)
 - Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción (CTDMC)
 - Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias (MINFAR)
 - Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría (ISPJAE)
 - Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción (UNAICC)
 - Oficina Nacional de Normalización (ONN)
- Es una adopción por el método de la traducción de la versión en inglés de la Norma Internacional ISO 18650-2: 2006 *Building construction machinery and equipment – Concrete mixers – Part 2: Procedure for examination of mixing efficiency*
- Sustituye a la Norma Cubana NC 239: 2005 *Hormigón fresco – Determinación del coeficiente de uniformidad de mezclado*
- Se realizó cambio en el título para que el mismo se corresponda con las series regionales y nacionales existentes.

© NC, 2010

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:

Oficina Nacional de Normalización (NC)

Calle E No. 261, Vedado, Ciudad de La Habana, Habana 4, Cuba.

Impreso en Cuba.

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MEZCLADO DE LAS HORMIGONERAS

1 Objeto

Esta Norma Cubana describe el procedimiento de ensayo de determinación de la capacidad de las hormigoneras, que se caracteriza por el tiempo recomendado para el mezclado.

El ensayo consiste en la determinación de la variabilidad del mortero, del árido grueso, del contenido de aire y de la consistencia de las muestras de mezcla de hormigón, extraídas después que ha transcurrido el tiempo de mezclado asumido.

La resistencia a compresión del hormigón también es ensayada.

La medida de la eficiencia de la mezcladora es el valor de la variabilidad de los parámetros antes mencionados, después de transcurrido el tiempo de mezclado asumido.

Esta norma aporta los criterios de la evaluación de los resultados de los ensayos y el reporte de ensayos para la preparación de la mezcla de hormigón, el muestreo y la ejecución de los ensayos específicos.

Es aplicable a las hormigoneras que posean una relación de capacidad mayor o igual a 70/50 donde el numerador corresponde a la capacidad en Litros (dm^3) para recibir los componentes secos de la mezcla y el denominador será la capacidad en Litros (dm^3) para entregar el hormigón ya mezclado.

2 Referencias normativas

Los documentos que se mencionan seguidamente son indispensables para la aplicación de esta Norma Cubana. Para las referencias fechadas, solo se toman en consideración la edición citada. Para las no fechadas, se toma en cuenta la última edición del documento de referencia (incluyendo todas las enmiendas).

NC 167: 2002 Hormigón fresco. Toma de muestras

NC 221: 2002 Hormigón. Elaboración de probetas para ensayos

NC 724: 2009 Ensayos al hormigón. Resistencia del hormigón endurecido

NC 174: 2002 Hormigón fresco. Determinación del asentamiento por el cono

NC 178: 2002 Áridos. Análisis granulométrico

NC 187:2002 Árido grueso. Peso específico y absorción de agua. Método de ensayo

NC 186:2002 Arena. Peso específico y absorción de agua. Método de ensayo

NC ASTM C 231:2005 Hormigón fresco – Determinación del contenido de aire del hormigón por el método de presión (ASTM C 231:1997, IDT)

ISO 11375: 1998 Building construction machinery and equipment. Terms and definition

ISO 18650-1: 2004 Building construction machinery and equipment. Concrete mixers. Part 1: Vocabulary and general specifications

3 Términos y definiciones

A los efectos de este documento, se aplican los términos y definiciones dados en la ISO 18650-1 y la ISO 11375

4 Requisitos para la verificación de la hormigonera

El diseño y la ejecución de toda la estructura de la hormigonera y sus componentes, tales como la cámara de mezclado (tambora), el rotor con cuchillas o las paletas agitadoras, su dirección de rotación, dispositivos de carga y descarga (si existen), deben ser verificados de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

Se verificará que el número de revoluciones por minuto de una tambora o de los aditamentos de mezclado está conforme con las especificaciones del fabricante.

El sistema de mando debe ser capaz de arrancar 5 minutos después de haber sido detenido cuando se haya completado el mezclado de la amasada de ensayo tal como se especifica en 5.2.

La hormigonera se descargará de acuerdo con su diseño o tal como se especifique por el fabricante. El cierre de la cámara de mezclado estará diseñado de manera que la pérdida de mezcla antes de la descarga, por ejemplo durante la carga y el mezclado, permanezca por debajo del 0,5%.

5 Ensayos de desempeño del mezclado

5.1 Generalidades

La eficiencia del mezclado se determina por la uniformidad de la mezcla de hormigón y de la resistencia a compresión de las probetas cilíndricas que son muestreadas después de transcurrido el tiempo de mezclado. La determinación de la uniformidad de la mezcla de hormigón incluye la variabilidad de los siguientes ensayos sobre las muestras:

- a) Contenido de aire;
- b) Contenido de mortero por unidad de volumen
- c) Contenido de árido grueso por unidad de volumen
- d) Consistencia (Asentamiento por el cono)

Los valores de los componentes de la mezcla de hormigón (aire, mortero, árido grueso), determinados como resultado de los ensayos, así como la consistencia y la resistencia a compresión, son subsecuentemente utilizados para calcular sus variabilidades.

Para calcular la variabilidad, ΔX , del contenido de los componentes considerados y otras características, expresadas como un porcentaje, se aplica la siguiente fórmula:

$$\Delta X = \frac{X_1 - X_2}{X_1 + X_2} \times 100$$

Donde:

X_1 : Valor de cantidad del componente, del asentamiento y de la resistencia a compresión recibida de una porción 1 ó 2 – El valor mayor de X_1 y X_2

X_2 : Valor de cantidad del componente, del asentamiento y de la resistencia a compresión recibida de una porción 1 ó 2 – El valor menor de X_1 y X_2

Para explicar el sentido físico de esta fórmula, se puede transformar de la siguiente forma:

$$\Delta X = \frac{X_1 - X_2}{X_1 + X_2} = \frac{\frac{X_1 + X_2}{2} - X_2}{\frac{X_1 + X_2}{2}}$$

De esta forma ella representa la variabilidad de un parámetro dado contra su valor promedio

Para la evaluación de los resultados de los ensayos, los valores de la variabilidad particular son comparados con los resultados que se consideran aceptables de acuerdo con el capítulo 6.

5.2 Preparación de la mezcla de hormigón

El hormigón a ser utilizado en el ensayo de desempeño del mezclado, debe ser especificado por el fabricante del hormigón con las siguientes condiciones: áridos gruesos hasta 20 mm, asentamiento por el cono (80 ± 30) mm, contenido de aire ($4,5 \pm 1,5$)% y resistencia a compresión nominal de (25 ± 5) MPa. En caso de confrontar dificultades en la obtención del contenido de aire asumido, se puede utilizar una mezcla apropiada.

La cantidad de materiales corresponde usualmente con la capacidad estimada declarada por el fabricante de la hormigonera.

Los materiales constituyentes serán pesados dentro de los límites de exactitud de $\pm 3\%$.

La secuencia de carga de la hormigonera con los componentes particulares empleados debe ser la especificada en las instrucciones del fabricante. De no existir tales instrucciones el método de carga empleado debe ser anotado en el reporte del ensayo.

La carga de la hormigonera con los materiales constituyentes deberá llevarse a cabo con una mínima pérdida de materiales.

El tiempo de mezclado será el especificado por el fabricante. Si esta especificación no está disponible se tomarán los valores recomendados siguientes (en dependencia del tipo de hormigonera)

a) Para hormigoneras cíclicas de acción gravitacional:

- Con capacidad nominal de $1,0 \text{ m}^3$ y menor, 60 s;
- Con capacidad nominal mayor de $1,0 \text{ m}^3$, se le adicionan 5 s a los 60 s por cada incremento de $0,5 \text{ m}^3$

b) Para hormigoneras cíclicas de acción forzada:

- Con capacidad nominal de $3,0 \text{ m}^3$ y menor, 30 s;
- Con capacidad nominal mayor de $3,0 \text{ m}^3$, se le adicionan 15 s a los 30 s por cada incremento de $1,5 \text{ m}^3$

c) Para hormigoneras continuas: Un tiempo de mezclado, corresponde a la duración de la mezcla de hormigón en la cámara de mezclado, que será como mínimo de 10 s.

5.3 Muestreo

5.3.1 Generalidades

Se muestrean dos porciones de la mezcla de hormigón directamente de la cámara de mezclado, inmediatamente después de concluido el tiempo de mezclado (ver las figuras 1, 2, 3, 4 y 5). Donde sea difícil extraer la muestra del interior de la cámara de mezclado, el muestreo puede hacerse en la mezcla de hormigón descargada en una tolva (Ver las figuras 6 y 7). El volumen o porción de la muestra, será como mínimo de 20 L para las mezcladoras cíclicas y de 100 L para las mezcladoras continuas (ver el apartado 5.3.4). Más tarde son preparadas las probetas para los ensayos de variabilidad.

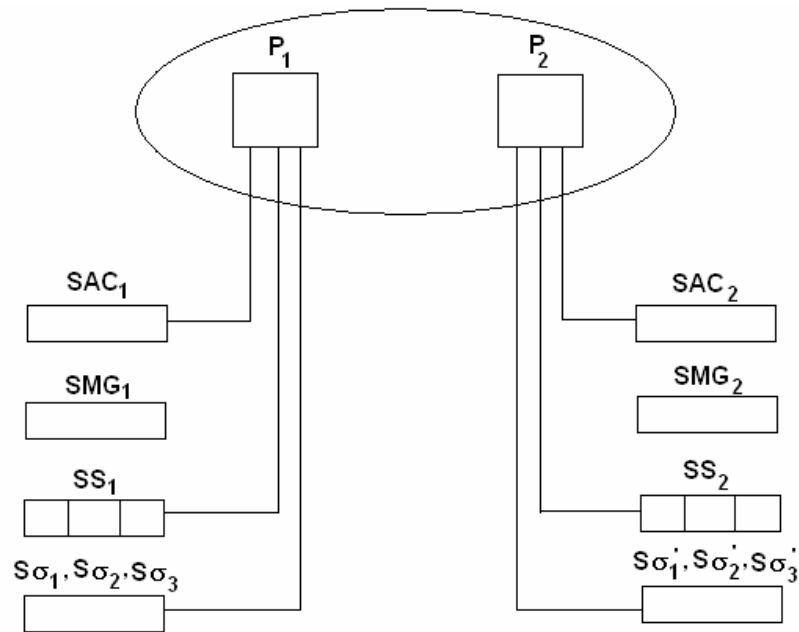


Figura 1 – Esquema general del muestreo

En la Figura 1:

P_1, P_2 : Porciones de la mezcla de hormigón muestreada en la hormigonera

SAC_1, SAC_2 : Especímenes para el ensayo de contenido de aire de la mezcla fresca

SMG_1, SMG_2 : Especímenes para el ensayo de contenido de aire de la mezcla fresca utilizados para el ensayo del contenido de árido grueso y el contenido de mortero en secuencia posterior

$S\sigma_1, S\sigma_2, S\sigma_3$: Especímenes para los ensayos de resistencia a compresión (tres cilindros de cada porción)

$S\sigma'_1, S\sigma'_2, S\sigma'_3, SS_1, SS_2$: Especímenes para los ensayos de consistencia (asentamiento por el cono)

5.3.2 Hormigoneras cíclicas de acción forzada

5.3.2.1 Hormigoneras de eje vertical

En las hormigoneras de eje vertical las muestras (porciones) son tomadas de círculos concéntricos. La Figura 2 muestra un ejemplo de muestreo en una hormigonera tipo turbo, de eje vertical.

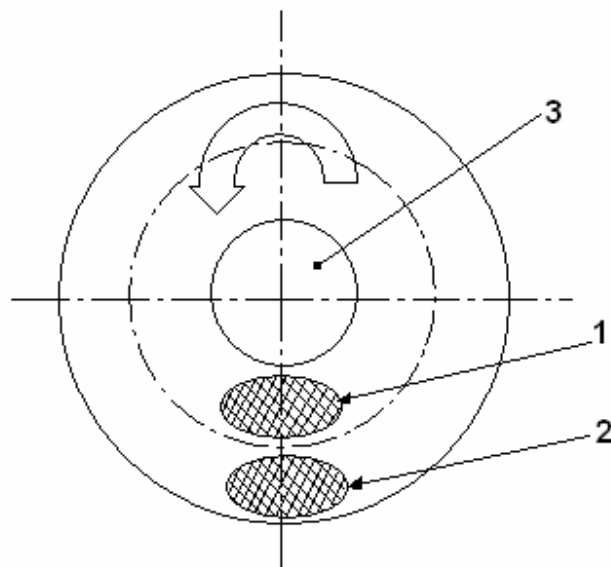
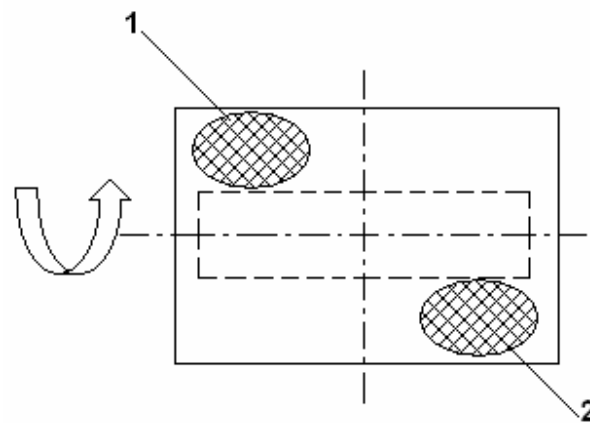


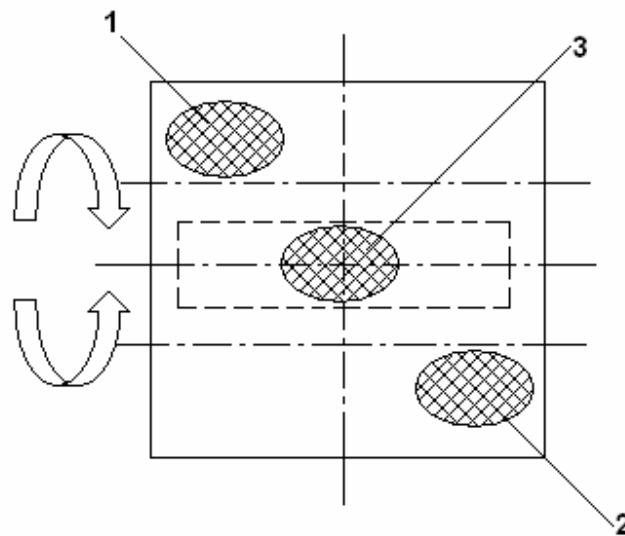
Figura 2 – Muestreo en una hormigonera tipo turbo de eje vertical; 1. Porción del centro; 2. Porción del borde; 3. Cilindro central que cubre el área muerta de mezclado

5.3.2.2 Hormigonera de eje horizontal con paletas

En la Figura 3 se muestran ejemplos del muestreo en hormigoneras de eje horizontal con uno o dos ejes de paletas.



a) Hormigonera de 1 eje de paletas



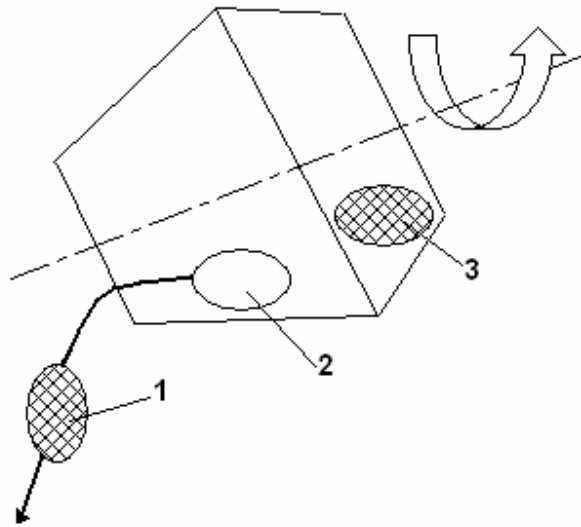
b) Hormigonera de 2 ejes de paletas

Figura 3 – Muestreo en una hormigonera de 1 o dos ejes horizontales de paletas. 1. Porción frontal; 2. Porción trasera; 3. Porción central

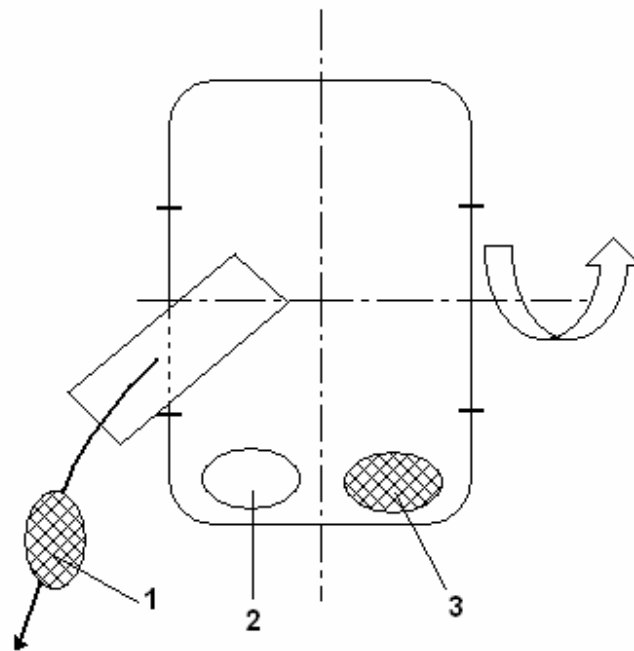
5.3.3 Hormigoneras de acción gravitacional

Las porciones de mezcla de hormigón se toman de las tolvas o contenedores de recepción al comienzo y al final de la corriente de descarga, tal como se muestra en la Figura 4.

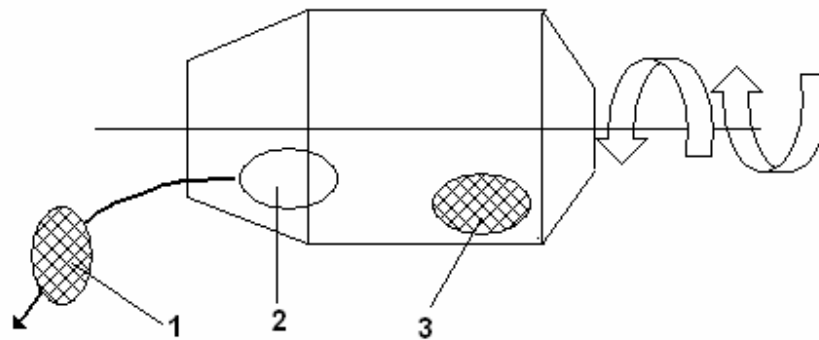
La amasada durante la descarga se divide por conveniencia en tres partes (al comienzo, al intermedio y al final), de las cuales se toman las correspondientes porciones.



a) Hormigonera de tambor basculante



b) Hormigonera con canal de descarga de la tambora



c) Hormigonera con tambora de acción reversible

Figura 4 – Muestreo en hormigoneras de acción gravitacional. 1 – Porción inicial; 2 – Porción intermedia y 3 – Porción final

5.3.4 Hormigoneras continuas

La primera porción de mezcla debe ser tomada bajo un flujo estable, justo en el momento en que la descarga del hormigón alcanza el rendimiento de salida. La otra muestra se toma 4 minutos después de la primera. El volumen de cada porción debe ser como mínimo de 100 Litros.

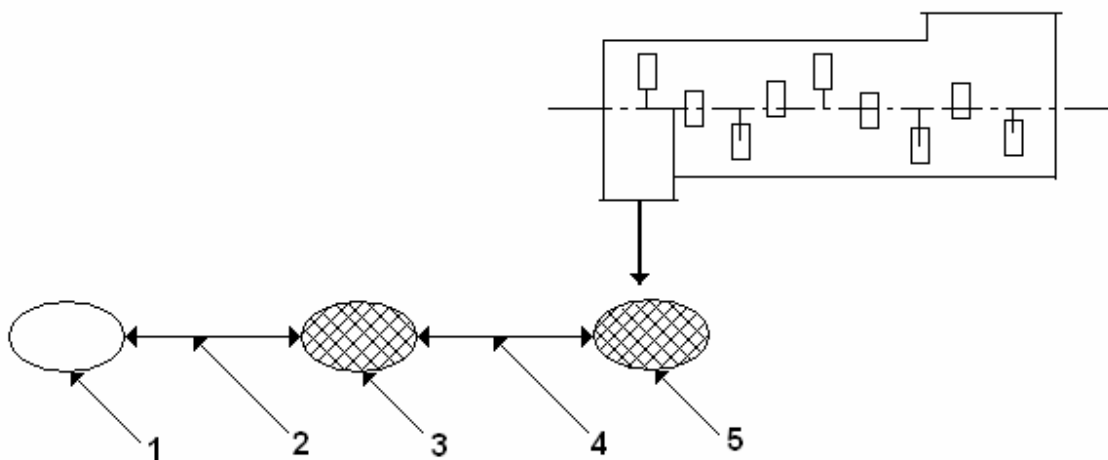


Figura 5 – Muestreo en las hormigoneras continuas. 1 – Se pierde cierta cantidad de hormigón inicial hasta que se alcance una entrega estable; 2 – Se espera un mínimo de 0,5 min; 3 – Primera porción; 4 – Se espera un mínimo de 4 minutos; 5- Segunda porción

5.3.5 Muestreo en las tolvas de hormigón

Si no hay un método de muestreo directamente desde la tambora de la hormigonera, las porciones se pueden tomar desde la tolva de mezcla de hormigón. En la Figura 6 se indica el esquema de muestreo.

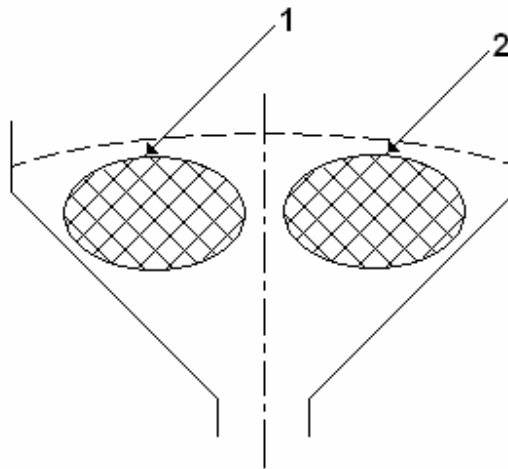


Figura 6 – Muestreo del hormigón en una tolva de mezcla. 1 – Porción de la izquierda; 2 – Porción de la derecha

5.4 Ensayos de la variación

5.4.1 Variación del contenido de aire, mortero y árido grueso en la mezcla de hormigón

5.4.1.1 Procedimiento de ensayo

Se lleva a cabo el procedimiento de ensayos tal como se muestra en las figuras de la 1 a la 7

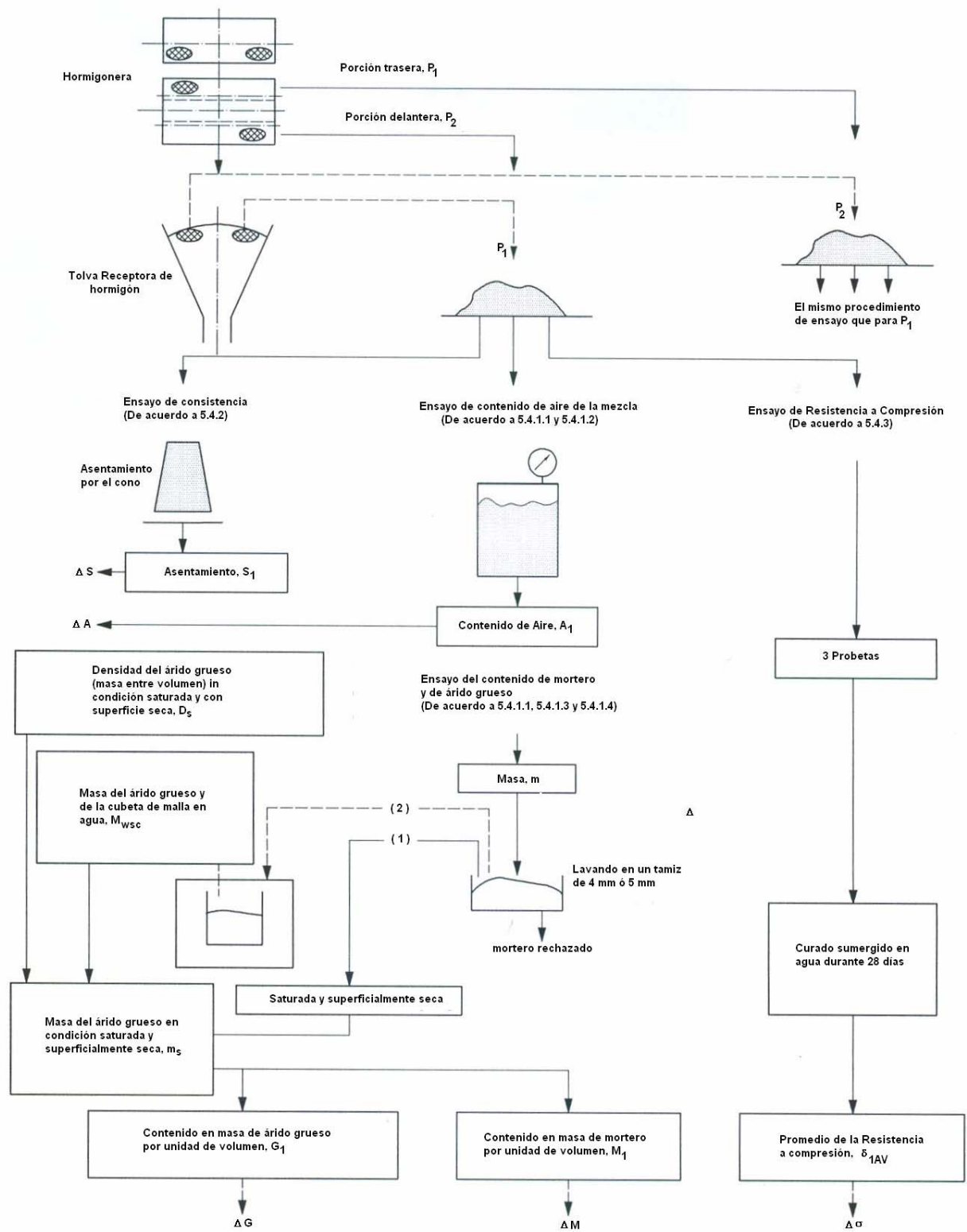
- Se toma un espécimen de ensayo de cada porción de mezcla de hormigón
- Se determina el contenido de aire, A_1 y A_2 de los especímenes, utilizando el método de la presión de acuerdo con la Norma Cubana NC ASTM C 231:2005 (ver el apartado 5.4.1.2)

Con los mismos especímenes de ensayo, a continuación de la determinación del contenido de aire, se determinan el contenido de mortero y el de árido grueso tal como se indica a continuación:

- Se mide la masa, m , de los especímenes
- Se eliminan todas las partículas finas de los especímenes por lavado en un tamiz de abertura 4 ó 5 mm
- Se determina la masa de árido grueso

Se calculan las masas de los áridos tal como se indica a continuación:

- La masa del árido grueso dentro de la cubeta de malla en condición saturada y superficialmente seca (m_s).
- La densidad del árido grueso en condición saturada y superficialmente seca (D_s), de acuerdo con el método de ensayo para la masa de las partículas por unidad de volumen y la absorción de agua según las Normas Cubanas NC 187:2002 .
- La masa virtual del árido grueso dentro de la cubeta de malla sumergida en el agua (m_w)



NOTA: Hay dos métodos alternativos para medir el volumen del árido grueso
 - El método saturado y superficialmente seco (m_s), (1) en la figura, o
 - El cálculo de la masa de árido grueso en el agua (m_{ws}), (2) en la figura

Figura 7 - Ejemplo del procedimiento de ensayo para una mezcladora de acción forzada de dos ejes de paletas horizontales y una tolva receptora

Para el ensayo del contenido de aire de la mezcla de hormigón se toman dos especímenes de acuerdo al apartado 5.3.1 y se ensayan de acuerdo a lo establecido en la Norma Cubana NC ASTM C231:2005; su variación, ΔA , del valor promedio, se calcula como un porcentaje empleando la siguiente fórmula:

$$\Delta A = \frac{A_1 - A_2}{A_1 + A_2} \times 100$$

Donde:

A_1 : Valor del contenido de aire del espécimen SAC₁ (ver Figura 1);

A_2 : Valor del contenido de aire del espécimen SAC₂ (ver Figura 1).

En el caso donde $A_2 > A_1$, se tomará el valor absoluto de ΔA .

5.4.1.3 Cálculo de la variación del contenido de mortero

La masa de mortero por unidad de volumen sin aire, M , por unidad de volumen de mezcla de hormigón, se calcula en Kilogramos por metro cúbico (kg/m^3) empleando la siguiente fórmula:

$$M = \frac{m - m_s}{V - \left(V_A + \frac{m_s}{D_s} \right)} \times 1000$$

Donde:

m : Masa de la mezcla de hormigón (kg) (ver el apartado 5.4.1.1,c);

m_s : Masa de árido grueso retenida en el tamiz de 4mm o 5 mm de abertura, en condición saturada y superficialmente seca (kg) (ver el apartado 5.4.1.1, e);

V : Volumen del recipiente, en litros (L), utilizado en el ensayo de determinación del contenido de aire de acuerdo a la Norma Cubana NC ASTM C231:2005 (ver el apartado 5.4.1.1, b)

V_A : Volumen de aire en litros (L) calculado a partir del volumen del recipiente (V), multiplicado por el porcentaje de contenido de aire (%) dividido entre 100;

D_s : Densidad del árido grueso (masa de la partícula por unidad de volumen) en condición saturada y superficialmente seca, en kilogramos por litro (kg/L)

La masa del árido grueso, m_s , retenida en el tamiz de 4mm o 5 mm de abertura, después de que se ha medido la masa virtual del árido grueso, se calcula mediante:

$$m_s = m_w \times \frac{D_s}{D_s - 1}$$

Donde:

m_w : Masa del árido grueso en el agua (kg);

D_s : Densidad del árido grueso (masa de la partícula por unidad de volumen) en condición saturada y superficialmente seca, en kilogramos por litro (kg/L)

La masa unitaria, ΔM , de mortero en la mezcla de hormigón se calcula como un porcentaje, empleando la siguiente expresión:

$$\Delta M = \frac{M_1 - M_2}{M_1 + M_2} \times 100$$

Donde:

M_1 : Contenido de mortero del espécimen SMG_1 (ver Figura 1);
 M_2 : Contenido de mortero del espécimen SMG_2 (ver Figura 1).

En el caso donde $M_2 > M_1$, se toma el valor absoluto ΔM .

5.4.1.4 Cálculo de la variación de la masa de árido grueso

La masa de árido grueso, G , en condición saturada y superficialmente seca por unidad de volumen, se calcula en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3) empleando la fórmula:

$$G = \frac{m_s}{V} \times 1000$$

Donde m_s y V se toman como se indica en 5.4.1.3

La variación de la masa del árido grueso, ΔG , en la mezcla de hormigón, expresada como porcentaje, se calcula entonces por la expresión:

$$\Delta G = \frac{G_1 - G_2}{G_1 + G_2} \times 100$$

Donde:

G_1 Contenido de árido grueso en el espécimen SMG_1 (ver la Figura 1);
 G_2 Contenido de árido grueso en el espécimen SMG_2 (ver la Figura 1).

En el caso en que $G_2 > G_1$, se toma el volumen absoluto de ΔG .

5.4.2 Ensayo de consistencia

Se verifica la consistencia de los dos especímenes tomados de acuerdo a 5.3.1 mediante el ensayo de asentamiento por el cono, de acuerdo a la Norma Cubana NC 174:2002; su variación ΔS , a partir del valor promedio se calcula entonces como un porcentaje empleando la fórmula:

$$\Delta S = \frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2} \times 100$$

Donde:

S_1 : Valor del asentamiento del espécimen SS_1 (ver la Figura 1);
 S_2 : Valor del asentamiento del espécimen SS_2 (ver la Figura 1).

En el caso donde $S_2 > S_1$, se toma el valor absoluto de ΔS .

5.4.3 Ensayo de resistencia a compresión

Para el ensayo de resistencia a compresión se toman tres probetas de cada porción (ver las figuras 1 a la 7) y se preparan de acuerdo con los requerimientos de las Normas Cubanas NC 221 y NC 724. El método de curado de estas probetas se hará de acuerdo a los requerimientos de la Norma Cubana NC 221 con un período de curado de 28 días.

Las resistencias promedios a compresión, σ_{1AV} y σ_{2AV} , para las porciones particulares son entonces calculadas empleando las siguientes fórmulas:

$$\sigma_{1AV} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} \quad \text{y} \quad \sigma_{2AV} = \frac{\sigma'_1 + \sigma'_2 + \sigma'_3}{3}$$

Donde:

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$: Resistencia a compresión de las probetas $S\sigma_1, S\sigma_2, S\sigma_3$, tomadas de la porción 1.

$\sigma'_1, \sigma'_2, \sigma'_3$: Resistencia a compresión de las probetas $S\sigma'_1, S\sigma'_2, S\sigma'_3$, tomadas de la porción 2

La variación de la resistencia a compresión $\Delta\sigma$ se calcula por la expresión:

$$\Delta\sigma = \frac{\sigma_{1AV} - \sigma_{2AV}}{\sigma_{1AV} + \sigma_{2AV}} \times 100$$

En este caso cuando $\sigma_{2AV} > \sigma_{1AV}$, se tomará el valor absoluto de $\Delta\sigma$

6 Evaluación de los resultados de los ensayos

Para aceptar el tiempo de mezclado, la variación de las proporciones de los componentes de la mezcla, la consistencia y la resistencia a compresión de las probetas cilíndricas tiene que estar de acuerdo con la tabla 1.

Tabla 1 — Requisitos de uniformidad

No	Tipo de ensayo	Valor de aceptación de la variación en %
1	Variación en el contenido de aire ΔA en la mezcla de hormigón (ver apartado 5.4.1.2)	≤ 10
2	Variación del contenido de mortero ΔM (≤ 5 mm) en la mezcla de hormigón (ver el apartado 5.4.1.3)	$\leq 0,8$
3	Variación en el contenido de árido grueso ΔG (> 5 mm) en la mezcla de hormigón (ver el apartado 5.4.1.4)	≤ 5
4	Variación en la consistencia de la mezcla (Asentamiento) ΔS (ver el apartado 5.4.2)	≤ 15
5	Variación en la resistencia a compresión del hormigón $\Delta\sigma$ (ver el apartado 5.4.3)	$\leq 7,5$

7 Reporte del ensayo

Después de concluidos los ensayos se prepara un reporte. El formato del reporte estará acorde con las tablas 2, 3 y 4. Las tablas 2 y 3 presentan los datos de la hormigonera que se ensaya y de la preparación de la mezcla de hormigón, mientras que la tabla 4 presenta los valores numéricos de los ensayos en particular.

Tabla 2 — Hormigonera de acción cíclica. Datos de la hormigonera y de la preparación de la mezcla

Solicitado por:				
Tipo de hormigonera:				
Información de la placa del equipo:				
Fabricante del equipo:				
Capacidad de hormigón preparado (componentes secos) (dm ³)	Tipo	Número de serie	Año de fabricación	Potencia de la fuente (kW)
Comentario de las condiciones de mezclado (ver 5.2)				
Procedimiento de mezclado				
Condiciones del mezclado	Ensayo del hormigón			
	Muestra de mezcla 1	Muestra de mezcla 2		
Volumen de hormigón ya mezclado (dm ³)				
Relación de llenado (Volumen mezclado entre capacidad nominal) (%)				
Número de revoluciones de la tambora (min ⁻¹)				
Número de revoluciones de las paletas (min ⁻¹)				
Tiempo de carga t ₁ (s)				
Tiempo de mezclado t ₂ (s)				
Tiempo de descarga t ₃ (s)				
Tiempo para reiniciar t ₄ (s)				
Tiempo del ciclo t = t ₁ +t ₂ +t ₃ +t ₄ (s)				
Comentarios				
Lugar del ensayo:	Fecha del ensayo:		Reporte del ensayo:	
Nombre y dirección de la entidad que ensaya:				
Fecha del reporte del ensayo:				
Firma del que realizó el ensayo:				

Tabla 3 — Hormigonera de acción continua. Datos de la hormigonera y de la preparación de la mezcla

Solicitado por:				
Tipo de hormigonera:				
Información de la placa del equipo:				
Fabricante del equipo:				
Rendimiento en m ³ /h	Tipo	Número de serie	Año de fabricación	Potencia de la fuente (kW)
Comentario de las condiciones de mezclado				
Procedimiento de mezclado				
Condiciones del mezclado	Ensayo del hormigón			
	Muestra de mezcla 1	Muestra de mezcla 2		
Capacidad de mezclado de hormigón ya preparado (m ³ /h)				
Tiempo de muestreo (s)				
Número de revoluciones de la tambora (min ⁻¹)				
Número de revoluciones de las paletas (min ⁻¹)				
Inclinación del eje de la cámara de mezclado (°)				
Comentarios				
Lugar del ensayo:	Fecha del ensayo:	Reporte del ensayo:		
Nombre y dirección de la entidad que ensaya:				
Fecha del reporte del ensayo:				
Firma del que realizó el ensayo:				

Tabla 4 — Reporte de los resultados de la hormigonera y de los ensayos al hormigón

Fecha del ensayo									
Tipo de mezcladora						Tiempo de mezclado		s	
Capacidad de mezclado (en seco)		m ³		Volumen de hormigón ya mezclado		m ³			
Ensayo del hormigón									
Resistencia especific. (N/mm ²)	Asentamiento (cm)	Tamaño máximo Árido(mm)	Contenido De aire (%)	Relación A/C	Relación Arido fino (%)	Contenido de materiales (kg/m ³)			
						Ag	Cem	Ar	Pied
Procedimiento del ensayo						Muestra 1		Muestra 2	
1	Ensayo de asentamiento del espécimen				S	(cm)			
2	Ensayo de contenido de aire del espécimen				A	(%)			
3	Masa del espécimen con su contenedor				M _{SC}	(kg)			
4	Masa del contenedor				M _C	(kg)			
5	Masa del espécimen				m = M _{SC} - M _C		(kg)		
6	Volumen del contenedor				V	(L)			
7	Volumen de aire				V _A = A x V / 100		(L)		
8	Volumen del espécimen sin aire				V _{SS} = V - V _A		(L)		
9	Masa del árido grueso con el recipiente de malla de 4 – 5 mm en agua				M _{WSC}	(kg)			
10	Masa del recipiente de malla en agua				M _{WC}	(kg)			
11	Masa del árido grueso en agua				m _W = M _{WSC} - M _{WC}		(kg)		
12	Densidad del árido grueso en condición saturado con superficie seca				D _S	(kg/L)			
13	Masa del árido grueso en condición saturado con superficie seca				m _S = m _W x D _S / (D _S - 1)		(kg)		
14	Volumen absoluto de un espécimen tamizado por malla de 4 o 5 mm				V _{as} = m _W / (D _S - 1) = m _S / D _S		(L)		
15	Contenido en masa de mortero en el espécimen				M _m = m - m _S		(kg)		
16	Volumen de mortero del espécimen				V _m = V _{SS} - V _{as}		(L)		
	Contenido en masa de mortero por unidad de volumen				M = 1000 x M _m / V _m		(kg/L)		
18	Contenido en masa de árido grueso por unidad de volumen				G = 1000 x m _S / V		(kg/L)		
19	Capacidad de variación de la masa de mortero en la mezcla de hormigón				ΔM	(%)			
20	Variación del árido grueso en la mezcla de hormigón				ΔG	(%)			
21	Variación del asentamiento del promedio				ΔS	(%)			
22	Variación del contenido de aire Del promedio				ΔA	(%)			
23	Resistencia a compresión de los especímenes				σ ₁ , σ ₂ , σ ₃ σ' ₁ , σ' ₂ , σ' ₃		(N/mm ²) (N/mm ²)		
24	Resistencia promedio a compresión				σ _{1AV} , σ _{2AV}				
25	Variación de la resistencia promedio				Δσ _n				
Ubicación del ensayo:			Fecha del ensayo:						
Reporte del ensayo:			Nombre y dirección de la entidad que ensaya:						
Ensayado por (Firma):			Fecha del reporte de ensayo:						

8 Comentarios finales

8.1 Capacidad de llenado de la hormigonera ensayada

La cantidad de los componentes de la mezcla utilizados para el ensayo corresponde usualmente con la capacidad nominal establecida para la hormigonera de acción cíclica y para el rendimiento de entrega de la hormigonera de acción continua, valores que son los establecidos por los fabricantes. El procedimiento presentado en esta norma hace posible además examinar la eficiencia del mezclado de hormigoneras con bajas capacidades nominales y rendimientos de entrega.

8.2 Optimización del tiempo de mezclado

Para los fabricantes y usuarios de las hormigoneras es de la mayor importancia obtener el tiempo de mezclado más corto (óptimo) que garantiza la obtención de un hormigón de calidad y el máximo rendimiento del equipo. Para obtener esto es necesario ejecutar el mismo ensayo para diferentes tiempos de mezclado encontrados sobre los resultados de la variación de la resistencia a compresión ($\Delta\sigma$) obtenida en los ensayos previos. Los resultados de los ensayos se plotean en un gráfico como una función del tiempo de mezclado y la curva dibujada por interpolación. Un ejemplo de la determinación del tiempo óptimo de mezclado basada en los ensayos de resistencia a compresión se muestra en la Figura 8.

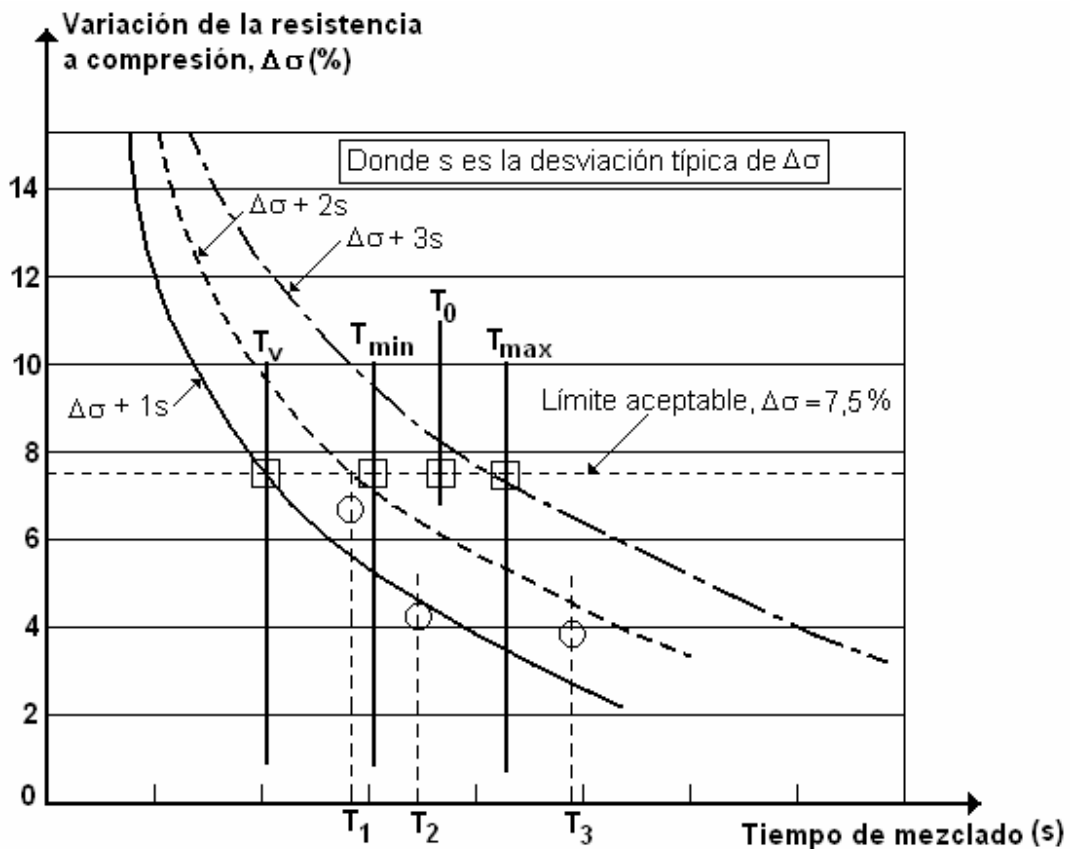


Figura 8 – Determinación del tiempo óptimo de mezclado de una hormigonera

T_1 : Tiempo de ensayo 1 para encontrar un tiempo óptimo de mezclado en el punto (O)

T_2 : Tiempo de ensayo 2 para encontrar un tiempo óptimo de mezclado en el punto (O)

T_3 : Tiempo de ensayo 3 para encontrar un tiempo óptimo de mezclado en el punto (O)

T_v : Tiempo a la intersección virtual (\square) entre la curva de regresión ($\Delta\sigma+1s$) y la línea límite de la calidad: valor de la variación sobre un valor aceptable, con un 68,26% de probabilidad y a este tiempo es entonces inaceptable

T_{min} : Tiempo de mezclado mínimo permitido en el punto (\square) correspondiente a la intersección entre la curva de regresión ($\Delta\sigma+2s$) y la línea límite de calidad: valor de la variación aceptable con 95,44% de probabilidad

T_{max} : Tiempo máximo de mezclado en el punto (\square) correspondiente a la intersección entre la curva de regresión ($\Delta\sigma+3s$) y la línea límite de calidad: valor de la variación adecuada con 99,74% de probabilidad

NOTA: El tiempo óptimo de mezclado, T_0 (\square) será: $T_{min} \leq T_0 < T_{max}$