
NORMA CUBANA

NC

695: 2015

**HORMIGÓN ARMADO — DETERMINACIÓN DE LA
CORROSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO POR MÉTODOS
ELECTROQUÍMICOS GALVANOSTÁTICOS A PROBETAS**

Reinforced concrete — Determination of the corrosion of the reinforcement steel
for electrochemical galvanostatics methods over probes

ICS: 91.100.30

1. Edición Junio 2015
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261, El Vedado, La Habana. Cuba.
Teléfono: 7830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico: nc@ncnorma.cu; Sitio
Web: www.nc.cubaindustria.cu



Cuban National Bureau of Standards

NC 695: 2015

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC) es el Órgano 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)
 - Grupo Empresarial Industrial de la Construcción (GEICON)
 - Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA)
 - Centro de Investigación y Desarrollo de la Construcción (CIDC)
 - Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias (MINFAR)
 - Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE)
 - Oficina Nacional de Normalización (ONN)

- Es una revisión y actualización de la NC 695: 2009 *Hormigón armado. Determinación de la corrosión del acero de refuerzo por métodos electroquímicos galvanostáticos a probetas previamente elaboradas* a la cual sustituye. Se realizó una corrección en el título.

- No existen referencias de normas internacionales similares. Esta norma tiene como objetivo normalizar un método de ensayo para la determinación de la corrosión del acero de refuerzo por métodos electroquímicos galvanostáticos en el hormigón armado.

© NC, 2015

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, El Vedado, La Habana, Habana 4, Cuba.

Impreso en Cuba.

HORMIGÓN ARMADO — DETERMINACIÓN DE LA CORROSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO POR MÉTODOS ELECTROQUÍMICOS GALVANOSTÁTICOS A PROBETAS

1 Objeto

Esta Norma Cubana tiene por objeto describir un método de ensayo para determinar la corrosión del acero de refuerzo a través de mediciones electroquímicas galvanostáticas en el hormigón armado.

2 Método de ensayo

2.1 Generalidades

Uno de los métodos utilizados para el estudio de la corrosión de los hormigones armados que serán expuestos a ambiente marino son las mediciones electroquímicas galvanostáticas. Se realiza a probetas de hormigón que contengan en su interior dos electrodos de acero (como muestra la Figura del Anexo) y que hayan estado expuestas en ambiente marino natural, que hayan sido tratadas con spray salino o que hayan sido sometidas a ensayos acelerados en cámara de niebla salina, con los cuales se determinan las dosificaciones de hormigones más adecuadas para proteger a los aceros de refuerzo. En esta norma se describe el método utilizando probetas que han sido sometidas a ensayos acelerados en cámara de niebla salina.

3 Aparatos

Multímetro con precisión de 0,1 μA

Fuente de corriente con precisión de 0,1 μA

Electrodo de cobre - sulfato

Probeta de hormigón con dos electrodos insertados, con una separación entre ellos de 10 mm

Cables para las conexiones

Hojas de papel semilogarítmico o cualquier otro sistema con escala semilogarítmica

Cámara de Niebla Salina con escala de presión desde 0,5 atmósferas hasta 2 atmósferas y temperatura de 0 °C a 50 °C

Báscula de plato superior con capacidad suficiente para pesar las probetas de ensayo y con una exactitud como mínimo de $\pm 0,01$ gramos.

4 Procedimiento

4.1 Preparación de las muestras

Se toman barras de acero lisas, se cortan a tamaños de 100 mm de longitud y se pulen hasta la eliminación completa de manchas, óxidos, aceites, etc. Se colocan en el centro del molde de 100 mm x 100 mm x 200 mm, previamente limpio y engrasado, con una separación entre ellos de

10 mm y se vierte el hormigón que se quiere estudiar (Ver Anexo A Figura 1), o sea, el que va a proteger al acero de refuerzo y se cubre con un paño húmedo o nylon hasta el momento del desmolde (entre 18 horas y 24 horas), colocándose posteriormente las probetas en la cámara húmeda durante 28 días.

Posteriormente se cortan cuidadosamente las probetas procurando no dañar el acero dejando fuera aproximadamente 20 mm (electrodos) para poder hacer las conexiones necesarias para realizar las mediciones electroquímicas y se parafinan teniendo cuidado de no dejar poros (preferiblemente parafinar en dos capas) dejándole solamente las dos caras paralelas a los electrodos sin recubrir. También se recubren con parafina los electrodos.

Las probetas así preparadas se colocan en la cámara de niebla salina para los ensayos acelerados de penetración de iones cloruros, recibiendo 30 ciclos donde cada ciclo es de 8 horas en la cámara de niebla salina y 16 horas en ambiente de laboratorio. El régimen de trabajo de la cámara de niebla salina será: solución de cloruro de sodio al 5 %, temperatura de 25 °C y presión de 0,5 atm.

Las probetas deben ser colocadas en la cámara en todos los ciclos de ensayos en la misma posición, y también deben ser pesadas en una balanza con una exactitud como mínimo de ± 0,01 gramos, antes de cada ciclo de ensayo en la cámara para poder recopilar datos de la cantidad de aerosol de cloruro de sodio que absorbieron.

Concluidos estos ensayos se procede a limpiar bien la punta de los electrodos eliminando toda la parafina y se procede a las mediciones electroquímicas.

4.2 Resultados del ensayo acelerado en cámara de niebla salina

Éstos deben tener al menos los siguientes datos:

- Identificación de la muestra
- Fecha
- Tabla de reportes de cada ciclo como se muestra

Código probeta	Peso inicial (gr.)	Ciclo (Pesos en gramos) de los ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Código probeta	Peso inicial (gr.)	Ciclo (Pesos en gramos) de los ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

- Observaciones

4.3 Mediciones electroquímicas

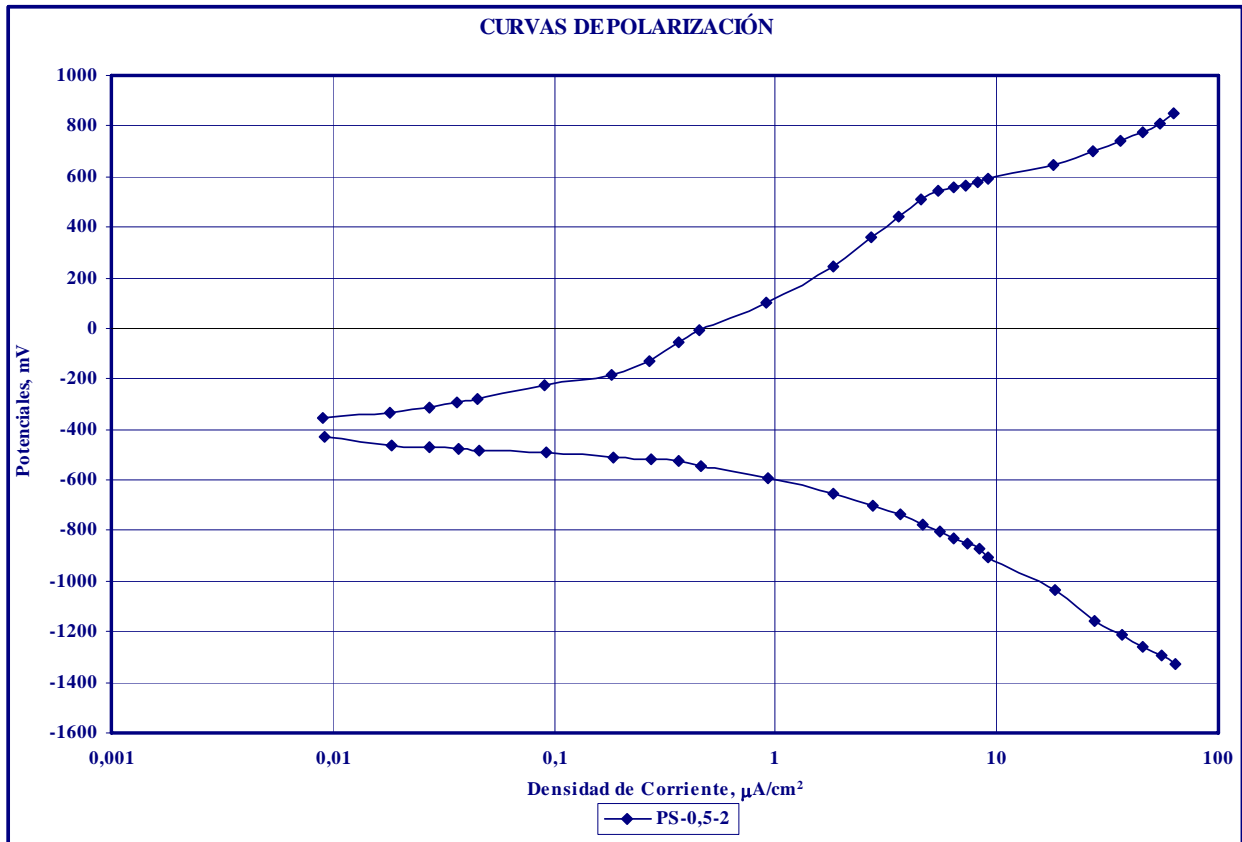
Se prepara todo el circuito y se enciende solo el Multímetro hasta alcanzar el potencial estacionario de los electrodos tanto del cátodo como del ánodo, valor que se toma cuando éste no varía al menos en 1 minuto, después se polarizan los electros haciéndole pasar distintos valores de corriente eléctrica, leyéndose el valor correspondiente de potencial E al cabo de 5 minutos de impuesto cada valor de corriente eléctrica.

Los valores de corriente eléctrica que deben imponerse son:

Corriente, μA .	Corriente, μA .	Corriente, μA .	Corriente, μA .	Corriente, μA .	Corriente, μA .
0,1	1	10	60	200	700
0,2	2	20	70	300	800
0,3	3	30	80	400	
0,4	4	40	90	500	
0,5	5	50	100	600	

Al final de la polarización se apaga la fuente de corriente y se mide la caída de potencial anódica a 60 segundos.

Posteriormente se hace la gráfica en una escala semilogarítmica del potencial contra la densidad de corriente para cada punto que se midió, la densidad de corriente en $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ que sería el cociente de la corriente eléctrica impuesta entre el área del electrodo embebida dentro del hormigón.



5 Expresión y cálculo de los resultados

Obtenidas las dos curvas, la anódica y la catódica se procede al cálculo de la corriente de corrosión utilizando la siguiente fórmula:

$$I_{corr} = \frac{\Delta i (\beta_a - \beta_c)}{2,3 \Delta E (\beta_a + \beta_c)}$$

Donde:

I_{corr} : Corriente de corrosión ($\mu A/cm^2$)

Δi : Diferencia de corriente correspondiente a los potenciales ΔE ($\mu A \times cm^2$)

ΔE : Diferencia entre el potencial estacionario y el primer valor del potencial de la curva anódica. (No debe ser mayor de 10 mV) (mV).

β_a y β_c : Coeficientes de Tafel para las curvas anódicas y catódicas (mV)

Las β_a y β_c se determinan trazando una línea recta sobre el primer tramo recto de ambas curvas, en el caso de la catódica se traza en la zona comprendida entre -600 y -800 mV y para la anódica

en el primer tramo más recto de la curva comprendida entre +200 y +600 mV, y sus valores serán las pendientes de esas rectas que se trazaron.

También con el gráfico de la curva anódica se calcula la densidad de corriente que posee el acero a $E = +300$ mV.

Los criterios a tener en cuenta para que los aceros estén en estado pasivo son los siguientes:

- a) Que el potencial estacionario sea mayor de -250 mV
- b) Que la i_{corr} sea menor que $0,1 \mu\text{A} / \text{cm}^2$
- c) Que la densidad de corriente correspondiente al $E=+300$ mV sea menor que $10 \mu\text{A}/\text{cm}^2$
- d) Que la caída de potencial anódica a corriente 0 segundos a los 60 segundos sea positiva.

Expresión final de los resultados. Ejemplo:

Identificación	$E_{\text{an Est}}$ mv	i_{corr} mA/cm ²	Caída de Potencial Anódico a 60 s	Densidad de Corriente a + 300 mv
PS-0,5-2	-388	0,070735	426	2,252102

6 Informe del ensayo

El informe debe incluir la siguiente información:

- a) Referencia a esta norma.
- b) Lugar, fecha del ensayo.
- c) Identificación de la muestra.
- d) Condiciones de almacenamiento.
- e) Edad del hormigón cuando se ensayó.
- f) Resultados de los ensayos.
- g) Observaciones.

Anexo A
(Informativo)

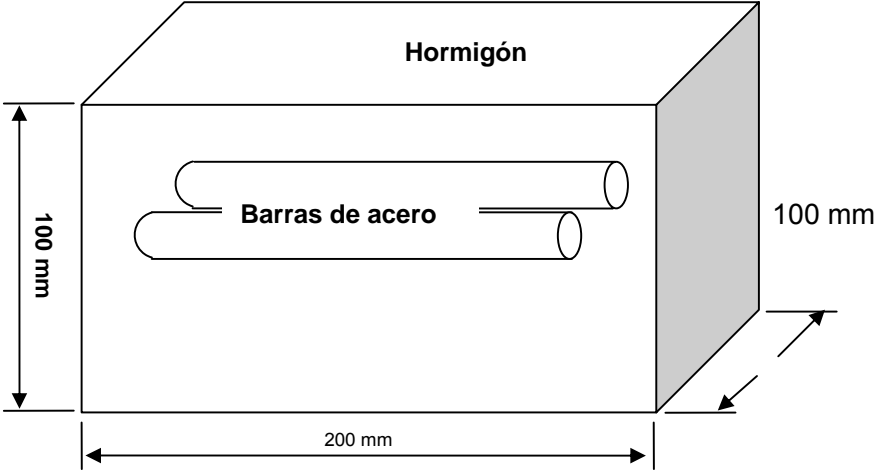


Figura 1

Bibliografía

- [1] Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción, 1988, Rossental N., Zuaznabar J., Corrosión por cloruros de la armadura de acero de los hormigones. Monografía.
- [2] Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción, 1987, Zuaznabar J., Martín A. R. Corrosión del acero de refuerzo en hormigones hidrotécnicos marinos. Informe.
- [3] Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción, 2000, Martín A. R., Gener M., Complemento al estudio de los cementos mezclados. Estudio de durabilidad en hormigones. Informe.
- [4] Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción, 2000, Martín A. R., Prada J. C., Estudio de la durabilidad de los hormigones premezclados. Etapa 02: Coordinación con las distintas entidades productoras de hormigón. Definición de las obras, plan de muestreo y ensayo. Obtención de las muestras de hormigones. Ensayos acelerados de la durabilidad de los mismos. Informe.
- [5] UNI 5890.66 Corrosione dei metallici. Corrosione accelerata in Nebbia Salino.