



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES

**USO DEL MARTILLO DIGITAL PARA
CONCRETO (marca CONTROLS – Modelo 58-
C0181/DGT)**

**PROCEDIMIENTO DE
OPERACIÓN NORMADO
ESPECIFICO**

P-DCF-ECE-ING-21

VERSIÓN: 02

Rige desde: 07/11/2023

PAGINA: 1 de **12**

Elaborado o modificado por:

Revisado por Líder Técnico:

**Ing. Marco Vinicio Rodríguez Aragón
Perito Judicial 2
Sección de Ingeniería Forense**

**Ing. Adolfo Rodríguez Loría
Jefatura, Sección de Ingeniería Forense**

Visto Bueno Encargado de Calidad:

Aprobado por:

**Ing. Harley Chacón Núñez
Encargada de Calidad de la Sección de
Ingeniería Forense**

**Ing. Adolfo Rodríguez Loría
Jefatura, Sección de Ingeniería Forense**

CONTROL DE CAMBIOS A LA DOCUMENTACIÓN

Versión	Fecha de Aprobación	Fecha de Revisión	Descripción del Cambio	SCD	Solicitado por
01	22/02/2021	07/11/2023	Versión inicial del procedimiento	002-SCD-ING-2021	ARL
02	07/11/2023		Mejora en criterio de toma de lecturas producto de verificación de calidad	015-SCD-ING-2023	ARL

**ESTE PROCEDIMIENTO ES UN DOCUMENTO CONFIDENCIAL
PARA USO INTERNO DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES
SE PROHÍBE CUALQUIER REPRODUCCIÓN QUE NO SEA PARA ESTE FIN**

La versión oficial digital es la que se mantiene en la ubicación que la Unidad de Gestión de Calidad defina. La versión oficial impresa es la que se encuentra en la Unidad de Gestión de Calidad. Cualquier otro documento impreso o digital será considerado como copia no controlada .

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 02	PAGINA: 2 de 12
Uso del martillo digital para concreto (marca Controls - modelo 58-C0181/DGT)	P-DCF-ECE-ING-21	

1 Objetivo:

Establecer el uso correcto del martillo digital para concreto, marca CONTROLS, modelo 58-C0181/DGT; utilizado en las pericias que ofrece la Sección de Ingeniería Forense (ING), del Departamento de Ciencias Forenses (DCF), del Organismo de Investigación Judicial (OIJ).

2 Alcance:

Este procedimiento de operación normado será utilizado para la medición de la resistencia del concreto y del mortero de una forma no destructiva, en estructuras de concreto y/o concreto armado. Es de acatamiento obligatorio para todo el personal competente y autorizado para realizar análisis de índole de ingeniería civil.

3 Referencias:

Manual del instrucción del martillo digital para la resistencia del concreto, marca CONTROLS, modelo 58-C0181/DGT.

4 Equipos y Materiales:

Anteojos de protección personal
Cable para fuente de alimentación y conexión a USB a PC
Cargador de batería de voltaje múltiple / frecuencia
Formulario de chequeo
Formulario pericial tipo
Guantes de cuero de protección personal
Hoja de cálculo
Martillo digital para concreto marca CONTROLS, modelo 58-C0181/DGT
Piedra abrasiva o de moler

5 Reactivos y Materiales de Referencia:

N/A

6 Condiciones Ambientales:

N/A

7 Procedimiento:

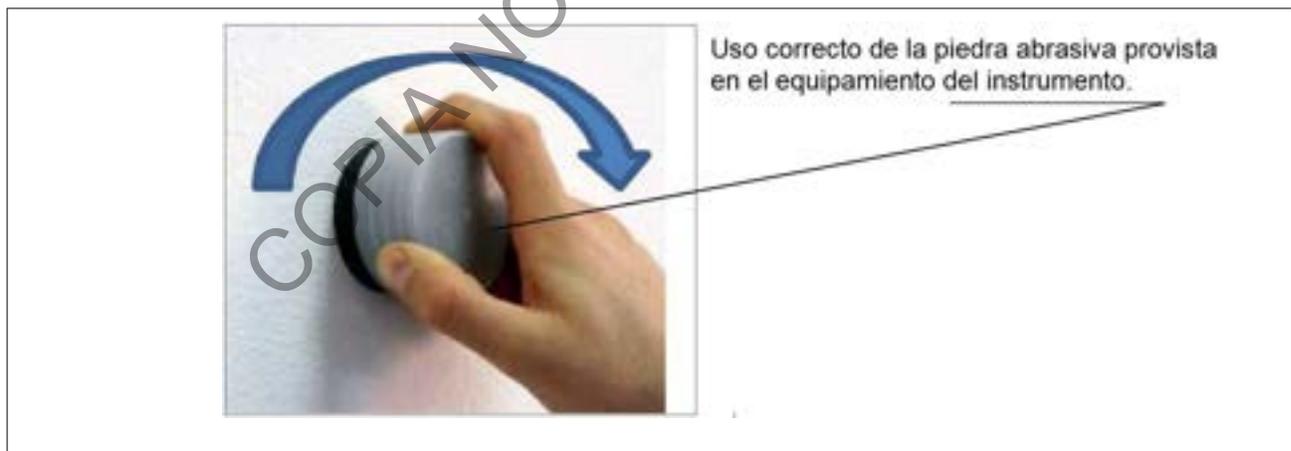
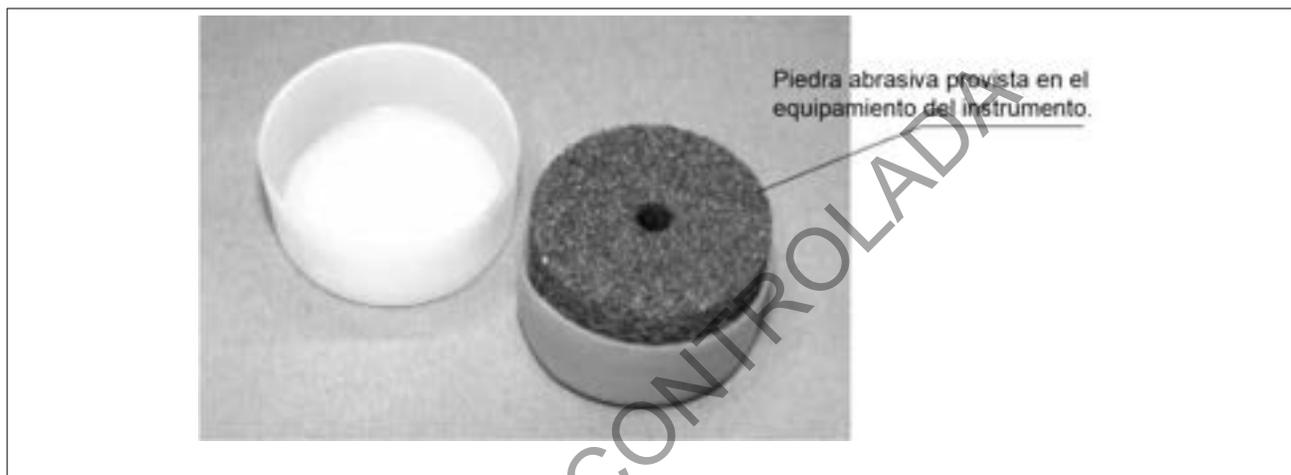
7.1 Verificar antes de proceder al encendido que el equipo no presente ninguna anomalía como golpes, rayones o falta de equipamientos o accesorios como los mencionados en el ítem 4 de este procedimiento.

Nota No 01: Si por alguna razón al inicializar el equipo, la pantalla no enciende, contactar al proveedor autorizado, no realice ningún tipo de mantenimiento sin la autorización del proveedor o capacitación recibida.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 02	PAGINA: 3 de 12
Uso del martillo digital para concreto (marca Controls - modelo 58-C0181/DGT)	P-DCF-ECE-ING-21	

7.2 En caso de haber pintura o repello en las superficies a analizar, elimine totalmente en un cuadrado de 15 cm de lado en el lugar escogido para la toma de muestra, con el fin de garantizar realizar la medición de la resistencia real del concreto y no la del mortero de repello que se utilizó en el elemento estructural.

7.3 Limpie la superficie de concreto con la piedra abrasiva, con el fin de eliminar posibles asperezas e irregularidades sobre el concreto, dejando una superficie plana y limpia.



7.4 Encienda el instrumento a través del interruptor ON / OFF en el panel lateral (botón negro).

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 02	PAGINA: 4 de 12
Uso del martillo digital para concreto (marca Controls - modelo 58-C0181/DGT)	P-DCF-ECE-ING-21	

7.4.1 Presione el botón negro mencionado anteriormente durante un segundo.



7.4.2 Verifique en la pantalla la siguiente información: logotipo de CONTROLS y la versión del firmware del dispositivo.



7.4.3 Después de uno a tres segundos visualice el MENÚ PRINCIPAL, donde se puede seleccionar algunas de las siguientes opciones:

- **UNIT** (Unidad)
- **STRENGTH** (Fuerza)
- **STANDARD** (Estándar)
- **TEST** (Prueba)
- **MEMORY** (Memoria)
- **SERVICE** (Servicio)
- **SETTINGS** (Ajustes)

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 02	PAGINA: 5 de 12
Uso del martillo digital para concreto (marca Controls - modelo 58-C0181/DGT)	P-DCF-ECE-ING-21	



7.4.4 Verifique la configuración del instrumento en el menú principal con base en el siguiente cuadro:

MENÚ	VALORES A SELECCIONAR
UNIDAD (Unit)	Kg/cm ²
FUERZA (Strength) / MENÚ DE CURVAS DE CONVERSIÓN (Conversion curve)	Portland
FUERZA (Strength) / MENÚ FACTOR SEGÚN LA FORMA DE MUESTRA (Specimen shape factor)	Utiliza alguno con el factor 1, (Cube 150 o Core 150x150)
FUERZA (Strength) / MENÚ DE FACTOR DE EDAD (Age factor menu)	Ver Tabla N.º 01 en Anexos
FUERZA (Strength) / FACTOR DE CORRECCIÓN (Correction factor)	1
ESTÁNDAR (Standard menu) / USER (Usuario) / CÁLCULO (Calculation)	MEDIA (Mean)
ESTÁNDAR (Standard menu) / USER (Usuario) / NÚMERO DE LECTURAS (Numer of readings)	Como mínimo 10 rebotes por prueba
ESTÁNDAR (Standard menu)	ASTH C805

Nota No 02: Leer manual de instrucciones del equipo para ajustar los parámetros antes mencionados.

7.5 Operación del equipo

7.5.1 En el MENÚ PRINCIPAL seleccione la opción PRUEBA (Test) y presione ENT.

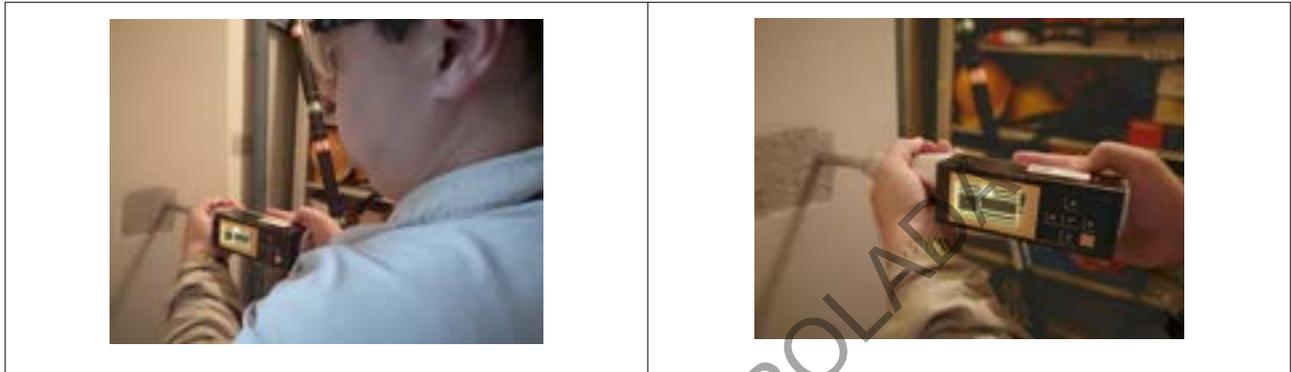
7.5.2 Luego, seleccione la opción SET OF MEASUREMENTS (conjunto de mediciones).

7.5.3 Posteriormente, presione ENT hasta que aparezca el mensaje LISTO (Ready) en la pantalla.

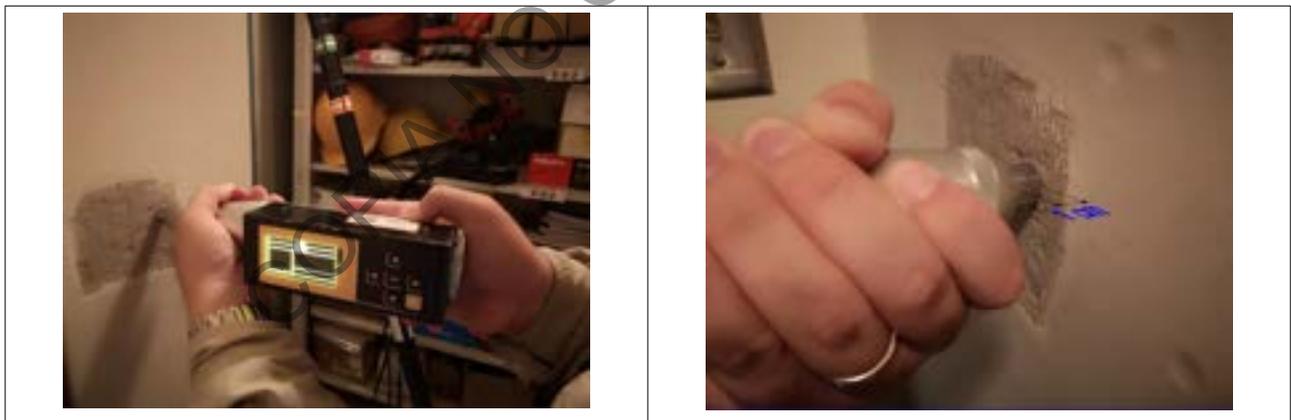
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 02	PAGINA: 6 de 12
Uso del martillo digital para concreto (marca Controls - modelo 58-C0181/DGT)	P-DCF-ECE-ING-21	

7.5.4 Coloque la varilla del martillo en la zona seleccionada, de forma ortogonal sobre la superficie. La herramienta está equipada con un clinómetro que detecta su inclinación.

Nota No 03: Al sostener el equipo, es importante tomarlo de tal manera que los dedos no toquen el teclado al momento de realizar la prueba.



7.5.5 Presione el martillo de forma continua y uniforme contra la superficie para comprimir la varilla, hasta llegar a un punto que sólo se observe alrededor de un centímetro de recorrido de la varilla. Mantenerse en esa posición alrededor de dos segundos.

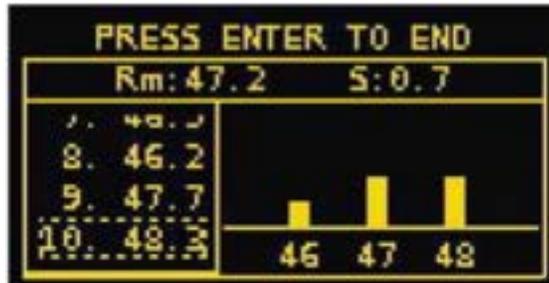


7.5.6 Después de esperar los dos 2 segundos mencionados en el paso anterior, presione el martillo completamente contra la superficie de prueba, hasta llegar al final del golpe de la varilla.

Nota No 04: Para aumentar la presión, empuje el instrumento de la parte posterior, como se indicó anteriormente, teniendo presente no presionar los botones del teclado.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 02	PAGINA: 7 de 12
Uso del martillo digital para concreto (marca Controls - modelo 58-C0181/DGT)	P-DCF-ECE-ING-21	

7.5.7 Después del golpe, retraiga el martillo de forma leve hasta que la varilla esté completamente extraída, y se escuche un sonido "track", mostrándose en la pantalla el resultado de la prueba.



7.5.8 Repita este procedimiento nueve veces más, ya que el instrumento fue calibrado para 10 golpes. Aguarde un tiempo prudencial del al menos 5 segundos entre una prueba y otra.



7.5.9 Al finalizar las pruebas, presione ENT, luego seleccione guardar la prueba y seleccione YES, seguido de ENT.

7.5.10 Revisar si las prueba quedó debidamente guardada, para esto debe ir a **MEMORY** (Memoria), presionar **ENT**, con las flechas seleccionar la prueba que desea visualizar, presionar **ENT**, seleccionar **VIEW** (Ver), presionar **ENT**, y se desplegará el resultado de la prueba y los parametros que se le asignaron.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 02	PAGINA: 8 de 12
Uso del martillo digital para concreto (marca Controls - modelo 58-C0181/DGT)	P-DCF-ECE-ING-21	

8 Criterios de Aceptación o Rechazo de Resultados:

No.	Criterio de Aceptación	Valor Límite	Corrección Aplicable
1	Verificación de equipo	En caso de que la prueba no indique "OK" en su lugar indique "FALLIDA", se debe repetir el análisis nuevamente, si el resultado es el mismo por más de cinco pruebas, no deben realizarse más lecturas con el equipo y debe enviarse a revisión.	Comunicación al Jefe de Sección (valorar un posible trabajo no conforme)
2	Valores de medición del equipo	Debido a que el equipo es apto para realizar lecturas de 20 a 85 R para el valor de rebote del concreto, cualquier dato dentro de este rango será anotado en el formulario de trabajo "Formulario de Inspección Tipo ?", y tomado como válido.	Comunicación al Jefe de Sección (valorar un posible trabajo no conforme)
3	Chequeo del equipo	<p>Se establece que antes de asistir a una pericia, el equipo debe chequearse para corroborar que los datos estén dentro del 10% de un resultado ya conocido.</p> <p>En este caso se utilizará la base de la Máquina Universal de Ensayos, lo cual se conoce el número de rebotes (66), ver hoja excel con el nombre "Prueba de Rebotes N.º 01."</p>  <p>En caso de que la prueba sea mayor o menor al 10%, se indicara que el chequeo falló y se debe repetir nuevamente la prueba, si esta vuelve a fallar, se debe enviarse a revisión.</p>	Comunicación al Jefe de Sección (valorar un posible trabajo no conforme)

9 Cálculos y evaluación de la incertidumbre:

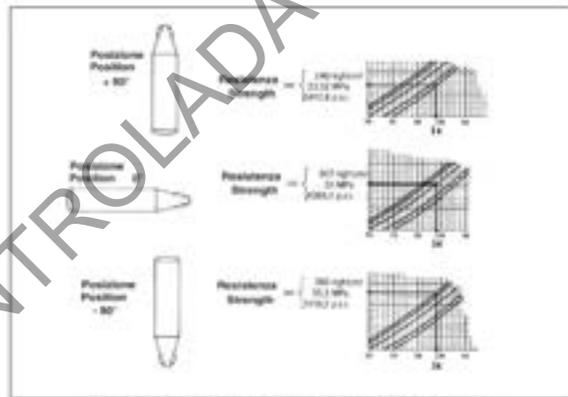
9.1 Evaluación de la Incertidumbre

Análisis de la incertidumbre relacionada con la medición de la resistencia del concreto y del mortero de una forma no destructiva.

ORGANISMO DE INVESTIGACION JUDICIAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES
SECCIÓN DE INGENIERÍA FORENSE

CÁLCULO Y EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DEL USO DEL ESCLERÓMETRO DIGITAL (Marca CONTROLS - Modelo 58-C0181/DGT)
Código: H-DCF-ECT-ING-03 (versión 01)

Parámetros curva de conversión Portland				
Formula	$f(x) = -0.000209 \cdot x^3 + 0.34254 \cdot x^2 + 0.061573 \cdot x - 3.376706$			
Datos	A	B	C	D
Coefficiente Portland	-0.000209	0.34254	0.061573	-3.376706
Ingreso N° de golpes	55			
Factor edad (días)	factor tiempo			
800	0,70			
Validación $f' \cdot \pm 90'$	702	Kg/cm ²		
Resultado con Factor edad	492	Kg/cm ²		



Fuente: manual Esclerómetro de homigenos modelo 58-C0181 N, pag. 3

notas:

- 1) Esclerómetro de homigenos modelo 58-C0181 N
- 2) conversión de unidades se utiliza * 10,2
- 3) Las curvas se refieren a homigenos confeccionados con cemento Portland, arena y agregos de buena calidad. Edad del hormigón de 14 a 56 días. Superficie seca y seca.
- 4) La relación utilizada para determinar la estimación de la resistencia a la compresión es la siguiente:
 $R_c = A \cdot f^{1.16} + B \cdot f^{1.2} + C \cdot f^{1.3} + D$
 donde:
 R_c = es el valor estimado de la resistencia a la compresión.
 f = es el índice de rebote medido.
 A, B, C y D = son coeficientes empíricos (para coeficientes para la curva PORTLAND no puede ser modificada).

R	14-56 days				7 days							
	W ₁₀₀											
20	131	6.9	1440	84	8.3	3770	121	11.9	1720	74	7.9	1950
21	113	11.1	1610	64	6.3	9110	132	12.9	1880	83	8.1	1180
22	136	15.4	1790	75	7.4	10370	146	14.2	2060	94	9.2	1340
23	139	19.6	1980	86	8.4	12200	157	15.4	2230	104	10.2	1480
24	152	24.9	2160	98	9.8	13900	169	16.6	2400	115	11.5	1640
25	166	30.2	2360	110	10.8	15600	183	18.0	2500	127	12.5	1810
26	180	35.5	2560	122	12.0	17400	196	19.2	2790	138	13.6	1980
27	195	40.8	2770	136	13.2	19200	210	20.8	2990	150	14.7	2130
28	210	46.1	2990	149	14.6	21100	225	22.1	3200	164	16.1	2300
29	225	51.4	3200	163	16.0	23000	239	23.4	3400	177	17.4	2470
30	241	57.6	3430	178	17.5	25000	254	24.9	3610	191	18.7	2720
31	257	63.8	3680	193	18.9	27000	269	26.4	3830	205	20.1	2920
32	274	70.0	3950	209	20.5	29100	285	28.0	4060	220	21.6	3130
33	291	76.2	4140	225	22.1	32000	300	29.4	4270	234	23.0	3330
34	307	82.4	4370	240	23.6	34100	315	30.9	4480	248	24.3	3530
35	324	88.6	4610	256	25.1	36400	331	32.5	4710	263	25.9	3740
36	342	94.8	4890	273	26.8	38900	348	34.1	4950	279	27.4	3970
37	360	101.0	5190	290	28.4	41500	365	35.8	5190	295	29.0	4200
38	377	107.2	5500	307	30.1	43700	381	37.4	5420	311	30.5	4430
39	395	113.4	5820	324	31.8	46100	398	39.0	5660	327	32.1	4650
40	413	119.6	6170	341	33.4	48500	415	40.8	5900	344	33.7	4890
41	432	125.8	6550	358	35.2	51100	434	42.6	6170	361	35.4	5130
42	450	132.0	6950	377	37.0	53900	451	44.2	6470	378	37.1	5390
43	469	138.2	7370	395	38.7	56700	470	45.1	6790	396	38.8	5630
44	488	144.4	7810	414	40.5	59800	488	47.3	7040	414	40.8	5890
45	507	150.6	8270	432	42.4	63400	507	49.7	7310	432	42.4	6140
46	526	156.8	8750	451	44.2	67100	526	51.8	7600	451	44.2	6410
47	546	163.0	9250	470	46.1	70900	546	53.5	7920	470	46.1	6690
48	565	169.2	9770	489	48.0	75000	565	55.4	8260	489	48.0	6990
49	584	175.4	10310	508	49.8	79300	584	57.3	8620	508	49.8	7320
50	604	181.6	10870	527	51.7	83900	604	59.2	8990	527	51.7	7670
51	623	187.8	11450	546	53.5	88700	623	61.1	9380	546	53.5	7970
52	643	194.0	12050	565	55.4	93700	643	63.1	9790	565	55.4	8340
53	663	200.2	12670	584	57.3	98900	663	65.0	10220	584	57.3	8730
54	683	206.4	13310	603	59.1	104300	683	67.0	10670	603	59.1	9140
55	703	212.6	13970	622	61.0	109900	703	68.9	11140	622	61.0	9580

Fuente: manual Esclerómetro de homigenos modelo 58-C0181 N, pag. 4

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 02	PAGINA: 10 de 12
Uso del martillo digital para concreto (marca Controls - modelo 58-C0181/DGT)	P-DCF-ECE-ING-21	

ORGANISMO DE INVESTIGACIÓN JUDICIAL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES SECCIÓN DE INGENIERÍA FORENSE														
CÁLCULO Y EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DEL USO DEL ESCLERÓMETRO DIGITAL (Marca CONTROLS - Modelo 58-C0181/DGT)														
Código: H-DCF-ECE-ING-03 (versión 01)														
7.3. Procedimiento alternativo de cálculo numérico para la combinación de incertidumbres														
Variables	Valores	GL	Incerteza	Máxima	Mínimo	MAXIMO	MINIMO	residual	residual2	Coefficiente	ID	IFI	(R2)2	GL(R2)2
Nº Efectos	88	3	0,095	25,183	24,615	487,005	486,175	3,47302	29,73724	0,000210154	0,0003	100,000	100,40	290,18
								SEMA	28,797248				SEMA	290,18
Tasa de éxito	0,5													
Resistencia Kg/cm ²	182													
Incerteza estándar	5													
Incerteza expandida	11													
		GL	3											
		p	0,0543											
		k	2,00											

IFI: importancia de la fuente de incertidumbre
(R2)2: Varianza multiplicada
ID: la potencia de las densidades
Coeficiente: (de sensibilidad)
GL(R2)2: Contribución ponderada
Derivación: (nótese) recordar no confundir
No confundir el cálculo de incertezas cuando viene de una base de datos estadísticas y cuando el resultado se obtiene de datos de campo (ej. número de ensayos)

10 Reporte de Análisis y Resultados:

A continuación, se presenta a modo de ejemplo la forma en la que se deben redactar los Resultados e Interpretaciones cuando se da respuesta mediante Dictamen Pericial:

10.1 Las pruebas realizadas en la losa de concreto, con más de 800 días de colado en sitio, establece en promedio que presenta una resistencia de 180 kg/cm².

Se establece que para obtener un metro cúbico de concreto con una resistencia de un rango de entre 140 kg/cm² a 180 kg/cm², es necesario una dosificación de 1 : 3 : 4, que significa que por cada cubo de 0.30 m x 0.30 m x 0.30 m o balde de 5 galones relleno de cemento, se deben agregar 3 cubos o baldes de arena y 4 de piedra, utilizando para el cálculo un 10% de agua.

De los datos anteriores, se interpreta que para obtener una mezcla de concreto que alcance los 180 kg/cm² de resistencia a la compresión a los 28 días, se requiere agregar 5,20 sacos de cemento de 50 kg por cada metro cúbico de concreto que se produzca.

11 Medidas de Seguridad y Salud Ocupacional:

11.1 El uso de este equipo es EXCLUSIVO para la medición de la resistencia a la compresión del concreto.

11.2 Antes de utilizar el equipo, verifique que el estuche protector no este dañado, es decir, que pueda ser transportado.

11.3 Que el instrumento cuente con carga suficiente para realizar la prueba, como mínimo un 25% de carga, de lo contrario, cargar antes de utilizarlo.

11.4 Manipule el equipo con cuidado, evitando golpes y vibraciones fuertes.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 02	PAGINA: 11 de 12
Uso del martillo digital para concreto (marca Controls - modelo 58-C0181/DGT)	P-DCF-ECE-ING-21	

11.5 Apague siempre el equipo al finalizar las pruebas.

11.6 No utilice el martillo en superficies húmedas o zonas donde se tenga contacto directo con cualquier líquido.

11.7 Limpie completamente el instrumento al finalizar cualquier uso o manipulación, esto con una brocha y tela de microfibra limpia y seca.

11.8 Coloque correctamente el equipo en su estuche protector al finalizar su utilización.

11.9 Compruebe que el equipo y sus accesorios se encuentren secos antes de cerrar el estuche protector y guárdelo en un lugar limpio, fresco y libre de polvo.

12 Simbología:

N/A: No aplica

SADCF: Sistema Automatizado del Departamento de Ciencias Forenses

SIF: Sección de Ingeniería Forense

DCF: Departamento de Ciencias Forenses

OIJ: Organismo de Investigación Judicial

m: metros

cm: centímetros

13 Terminología:

N/A

14 Anexos

Anexo 1: Tabla factor de edad

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 02	PAGINA: 12 de 12
Uso del martillo digital para concreto (marca Controls - modelo 58-C0181/DGT)	P-DCF-ECE-ING-21	

ANEXO NÚMERO 01

FACTOR DE EDAD						
Edad en días del Hormigón	7	50	100	200	400	800 o más
Factor de tiempo	1.20	1.00	0.94	0.87	0.79	0.70

COPIA NO CONTROLADA