

**LIBRO: CAL. CONTROL Y ASEGURAMIENTO
DE CALIDAD**

PARTE: 1. CONTROL DE CALIDAD

TÍTULO: 02. Criterios Estadísticos de Muestreo

A. CONTENIDO

Este Manual contiene los procedimientos para seleccionar al azar, las muestras o los elementos que las compongan, que serán sometidas a mediciones, pruebas de campo o pruebas de laboratorio, para determinar sus propiedades y verificar el cumplimiento de la calidad especificada en el proyecto o establecida en la Normativa SCT.

B. CONSIDERACIONES

Los resultados de las pruebas que se realicen a materiales y conceptos de obra, siempre tendrán variaciones debidas a la heterogeneidad del material, desviaciones durante el proceso constructivo, así como problemas derivados de los procedimientos de muestreo y prueba. Estos factores son variables aleatorias y, por lo tanto, los resultados lo son también, de forma que, para que indiquen la verdadera calidad de lo probado, es necesario que el muestreo siga un proceso estadístico que garantice la selección de las muestras realmente al azar, de acuerdo con las reglas que la estadística ha desarrollado para el caso.

Se tendrá siempre en cuenta que las muestras “buenas”, “malas” o “indicativas de la situación promedio”, según el criterio personal del inspector, no pueden ser consideradas como muestras al azar, y los resultados que se obtengan a partir de ellas, no corresponderán a la calidad real del lote o volumen de obra que representa.

Por ello, el plan de muestreo estadístico ha de poseer un procedimiento objetivo para la selección de la muestra, basado principalmente en el uso de tablas de números aleatorios, que garantice que todos y cada uno de los elementos de la población por muestrear, tengan la misma probabilidad de ser seleccionados.

C. REFERENCIAS

Son referencias de este Manual, las Normas aplicables contenidas en los Libros CTR. *Construcción*, CSV. *Conservación* y CMT. *Características de los Materiales*, así como los Manuales del Libro MMP. *Métodos de Muestreo y Prueba de Materiales*, que forman parte de la Normativa SCT, particularmente las siguientes:

NORMAS Y MANUAL	DESIGNACIÓN
Subbases y Bases	N·CTR·CAR·1·04·002
Poliductos para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras	N·CTR·CAR·1·08·001
Registros para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras	N·CTR·CAR·1·08·002
Calidad de Materiales Asfálticos	N·CMT·4·05·001
Muestreo de Materiales Asfálticos	M·MMP·4·05·001

D. TABLAS DE NÚMEROS ALEATORIOS

Una tabla de números aleatorios es una disposición de números con una cierta cantidad prefijada de dígitos obtenidos estrictamente al azar, que se utiliza para definir el lugar en donde se obtendrá la o las muestras de un lote de material o de un volumen de obra, para lo que se puede introducir en una urna los 10 dígitos (del 0 al 9), se saca uno al azar, se anota la cifra, se reintegra inmediatamente a la urna y se repite el procedimiento hasta completar todos los números.

D.1. TABLA DE NÚMEROS ALEATORIOS SIMPLE

La Tabla 1 de este Manual, que principalmente se utiliza para la selección de muestras que se obtengan de lotes o conjuntos de objetos que sean similares entre sí y que se denomina *Tabla de números aleatorios simple*, contiene números de dos cifras, dispuestos al azar en 25 columnas y 50 renglones.

D.2. TABLA DE NÚMEROS ALEATORIOS COMPUESTA

La Tabla 2 de este Manual, que principalmente se utiliza para la selección de muestras que se obtengan de superficies regulares y que se denomina *Tabla de números aleatorios compuesta*, está formada por 28 columnas, cada una se divide en 3 subcolumnas y 30 renglones. La primera subcolumna (N°) contiene el número del renglón y en las dos siguientes ("A" y "B") están dispuestos los números aleatorios, que en este caso son de 3 dígitos precedidos por el signo decimal. Cuando se formó la tabla los números de los renglones estaban dispuestos en forma ordenada, pero una vez anotados los números aleatorios y con el propósito de facilitar la utilización de la tabla, los renglones se acomodaron de manera que los números aleatorios de la subcolumna "A" quedarán ordenados en forma creciente, por lo que los números de los renglones están dispuestos aleatoriamente.

D.3. UTILIZACIÓN DE LAS TABLAS DE NÚMEROS ALEATORIOS

En todos los casos, para la selección al azar de las muestras o de los elementos que las componen, puede usarse cualquier tabla de números aleatorios, pero estableciendo una secuencia de utilización que garantice que todos y cada uno de los elementos de la población por muestrear, tengan exactamente la misma probabilidad de ser seleccionados.

Una vez establecida la secuencia de utilización de la tabla para el muestreo de una población específica o de un proceso de producción determinado, dicha secuencia debe ser documentada detalladamente y aplicada siempre que se seleccionen muestras de esa población o proceso.

En las Cláusulas E. y F. se describen las secuencias de utilización de las tablas a que se refieren las Fracciones D.1. y D.2. de este Manual, que se recomiendan para la selección de muestras o de los elementos que las componen, que se obtengan de lotes o de superficies regulares, respectivamente.

E. SELECCIÓN DE MUESTRAS QUE SE OBTENGAN DE LOTES

Para la selección de muestras o de los elementos que las compongan, que se obtengan de lotes o conjuntos de objetos que sean similares entre sí, se recomienda la utilización de la *Tabla de números aleatorios simple*, que se muestra en la Tabla 1 de este Manual, utilizando la siguiente secuencia:

E.1. SECUENCIA PARA LA UTILIZACIÓN DE LA TABLA DE NÚMEROS ALEATORIOS SIMPLE

- E.1.1. Se determina el tamaño de la muestra o número de elementos por seleccionar (n), conforme a los criterios establecidos en las Normas aplicables contenidas en los Libros CTR. *Construcción*, CSV. *Conservación* y CMT. *Características de los Materiales*, así como en los Manuales del Libro MMP. *Métodos de Muestreo y Prueba de Materiales*.
- E.1.2. Se numeran todos los elementos del lote por muestrear, desde 1 hasta el número total de elementos (L_o).

TABLA 1.- Tabla de números aleatorios simple

C/R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	64	36	06	90	25	20	03	42	08	95	23	53	03	60	33	26	15	47	64	35	93	89	50	08	19
2	42	01	06	94	97	60	42	80	59	02	83	91	52	00	12	80	13	48	92	78	68	83	72	56	45
3	94	30	43	54	85	43	49	18	33	69	89	32	87	81	54	51	88	19	94	37	09	62	15	54	41
4	07	91	70	73	61	69	50	06	66	81	36	17	92	70	33	57	65	98	85	11	68	47	27	19	34
5	28	78	17	67	00	74	83	45	83	47	13	34	17	78	54	29	18	06	10	68	80	96	89	71	06
6	47	95	41	79	45	66	46	15	45	04	43	38	66	43	79	51	59	00	33	20	72	49	60	82	19
7	89	93	33	13	54	35	54	96	35	97	33	07	33	62	45	31	77	00	24	90	93	53	80	10	26
8	05	85	79	57	48	66	92	26	85	05	68	02	38	18	38	97	73	52	47	18	56	76	16	62	02
9	52	49	45	35	48	67	86	09	10	95	34	33	27	76	90	73	80	91	17	39	35	25	01	29	76
10	50	17	90	95	25	21	84	60	63	65	40	29	73	63	17	64	43	70	82	07	44	93	52	20	16
11	22	45	98	75	67	42	14	89	09	29	46	05	21	88	77	32	96	88	22	54	85	05	56	38	14
12	15	64	13	92	65	97	54	10	44	60	32	49	20	75	04	48	57	08	81	22	79	19	74	22	85
13	07	33	56	17	15	38	27	66	11	97	59	83	12	39	33	44	09	34	40	88	48	98	98	46	52
14	37	18	38	70	70	56	41	17	32	74	05	97	41	07	31	90	86	71	57	85	52	05	92	39	87
15	10	58	15	07	46	86	40	55	12	64	12	42	72	97	48	07	96	94	39	28	20	37	00	70	11
16	25	64	18	68	72	93	48	91	69	62	36	03	05	03	11	62	76	39	90	94	91	68	22	40	66
17	15	68	33	23	66	03	47	80	12	95	04	70	15	53	11	79	98	68	77	12	61	99	73	17	80
18	50	10	62	66	79	76	01	68	88	36	36	00	91	51	47	54	90	64	93	29	84	02	75	60	86
19	46	65	44	77	69	04	50	48	65	03	58	74	81	74	95	11	73	71	86	40	09	76	85	21	17
20	72	37	63	82	23	31	15	12	80	11	45	35	55	74	57	43	21	82	53	14	80	56	70	38	17
21	89	16	65	52	40	80	96	54	37	63	24	05	29	37	61	20	20	04	02	00	42	48	47	82	64
22	90	03	24	51	29	33	43	17	54	12	05	11	09	69	71	84	56	92	55	36	71	56	33	04	80
23	32	56	24	35	75	55	48	57	63	46	90	35	12	48	82	33	28	87	09	83	70	21	54	49	05
24	96	95	79	10	25	86	96	75	79	85	69	40	75	91	22	24	74	05	39	00	82	91	12	38	71
25	52	84	35	83	42	80	78	79	73	93	35	53	38	82	50	64	60	03	44	35	47	57	96	27	03
26	11	63	38	66	00	95	04	23	69	74	15	06	89	00	39	46	18	24	23	97	52	14	74	11	20
27	94	23	41	73	41	29	58	33	80	14	70	98	08	35	03	69	53	33	40	42	68	45	03	05	26
28	16	11	76	88	15	88	51	86	94	54	34	94	45	53	03	43	01	54	56	05	08	19	81	01	36
29	40	26	55	60	02	23	14	35	74	52	43	17	60	10	16	09	45	42	37	96	72	98	27	28	77
30	39	29	41	14	40	28	86	05	46	91	77	36	74	77	08	88	93	36	47	70	22	52	00	61	01
31	57	97	32	34	26	30	06	06	31	79	35	05	30	14	90	01	86	74	39	23	24	08	18	40	45
32	27	94	66	78	38	36	53	47	15	39	59	66	15	48	61	44	82	01	18	33	99	52	07	21	95
33	47	00	48	28	35	16	86	49	91	75	46	23	92	54	08	91	94	99	23	37	76	45	92	08	68
34	55	17	48	01	71	79	70	02	74	52	97	02	45	19	75	94	52	80	21	80	22	39	73	81	77
35	51	41	13	60	89	82	69	59	99	78	91	48	83	28	56	46	93	13	68	35	49	73	76	47	87
36	37	76	59	13	11	31	15	01	99	67	38	29	62	65	67	90	88	43	97	04	07	25	67	43	09
37	80	78	51	56	82	72	32	80	11	40	50	31	56	48	52	50	29	42	01	52	77	54	82	77	39
38	90	39	98	94	05	10	07	52	98	97	22	67	07	58	09	01	60	34	33	50	86	77	56	50	14
39	63	69	38	40	44	58	76	07	69	51	35	38	87	01	82	49	10	16	15	01	19	41	79	84	87
40	34	66	70	84	87	86	21	48	42	07	16	13	14	67	11	11	03	20	59	25	87	62	40	70	97
41	89	59	73	24	44	62	87	55	94	19	54	73	74	31	04	72	91	25	92	92	43	85	75	92	67
42	38	11	71	12	33	15	74	95	80	01	20	06	46	87	62	10	25	52	98	94	07	04	27	62	96
43	24	99	94	53	68	29	10	32	48	30	02	28	00	70	75	47	32	75	46	15	47	79	98	02	31
44	75	52	07	92	15	41	79	56	19	67	40	30	28	85	43	54	66	68	06	84	53	14	87	96	01
45	20	25	62	59	14	93	37	52	23	25	68	17	28	16	22	37	26	96	63	05	98	83	88	52	73
46	45	05	27	43	37	92	74	19	61	39	51	46	26	29	45	69	65	95	93	42	77	04	74	58	26
47	24	18	80	90	88	99	04	08	98	09	44	26	13	96	47	62	39	34	07	23	84	48	02	44	45
48	14	19	36	02	46	01	71	63	18	45	31	37	89	74	56	33	05	14	27	77	65	25	50	93	98
49	05	95	29	96	38	11	59	54	00	69	96	54	72	96	28	99	54	23	91	23	81	76	18	28	64
50	24	24	72	25	10	86	24	49	04	96	45	94	71	25	27	35	61	93	35	65	38	24	63	33	75

Ejemplo 2

Ejemplo 1

- E.1.3.** En dos urnas, una que se denomine *columnas* y la otra *renglones*, se introducen fichas numeradas, del 1 al 25 en la primera y del 1 al 50 en la segunda. De cada urna se saca al azar una ficha para determinar la columna y el renglón donde debe iniciarse la utilización de la tabla.
- E.1.4.** En la Tabla 1 de este Manual, a partir de la columna y renglón que se hayan determinado como se indica en el Inciso anterior y verticalmente hacia abajo, se buscan los números aleatorios que sean menores o iguales que el número total de elementos del lote (L_o), hasta obtener los números de los n elementos que han de muestrearse.
- E.1.4.1.** Si el número total de elementos del lote (L_o) es menor o igual que 100, el 00 de la tabla se considera como 100. Si L_o es mayor de 100 pero menor de 10 000, se utilizan simultáneamente 2 columnas contiguas, la determinada como se indica en el Inciso E.1.3. de este Manual y la inmediata siguiente, con el propósito de tener el número de dígitos necesarios para seleccionar los elementos por muestrear.
- E.1.4.2.** Si durante la búsqueda se repite un número, el segundo se elimina y se prosigue la búsqueda.
- E.1.4.3.** Si antes de haber determinado los n números de los elementos por muestrear, se termina(n) la(s) columna(s) en la(s) que se inició la búsqueda, ésta se continúa en la(s) siguiente(s) columna(s) desde el renglón 1 y así sucesivamente hasta concluir el proceso. Si es la columna 25 la que se termina, la búsqueda se continúa en el renglón 1 de la columna 1.

E.2. EJEMPLOS DE UTILIZACIÓN DE LA TABLA DE NÚMEROS ALEATORIOS SIMPLE

E.2.1. Ejemplo 1

Supóngase que se desea tomar una muestra integral de un lote de $L_o = 70$ recipientes que contienen emulsión asfáltica, con el propósito de ejecutar las pruebas que permitan verificar que ese material cumple con las características establecidas en la Norma N-CMT-4-05-001, *Calidad de Materiales Asfálticos*.

- E.2.1.1.** El número de recipientes por muestrear para obtener la muestra integral, conforme a lo señalado en la Tabla 3 del Manual M-MMP-4-05-001, *Muestreo de Materiales Asfálticos*, es $n = 5$. De cada uno se tomará una porción de 4 L, como se indica en ese Manual.
- E.2.1.2.** Se numera cada uno de los 70 (L_o) recipientes del lote.
- E.2.1.3.** De las urnas denominadas *columnas* y *renglones*, se extrae al azar una ficha de cada una, que determinan, la primera el número de la columna y la segunda, el del renglón de la tabla donde se iniciará la búsqueda. Supóngase que para este ejemplo se obtuvieron la columna 20 y el renglón 47.
- E.2.1.4.** A partir de la columna 20 y el renglón 47 de la *Tabla de números aleatorios simple*, se inicia la búsqueda de los primeros 5 (n) números menores o iguales que 70 (L_o), que resultan ser 23, 65 y, continuando la búsqueda a partir del renglón 1 de la columna 21, 68, 09 y 56, como se muestra en la Tabla 1 de este Manual, donde puede observarse que los números 23 y 68, ubicados en los renglones 47 de la columna 20 y 2 de la columna 21, se repitieron en los renglones 49 de la columna 20 y 4 de la columna 21, respectivamente, por lo que éstos dos últimos fueron eliminados.

En conclusión, los recipientes de los que se tomarán las porciones para obtener la muestra integral, son los números 9, 23, 56, 65 y 68.

**TABLA 2.- Tabla de números aleatorios compuesta
(Columnas 01 a 14 de 28)**

COLUMNA 01			COLUMNA 02			COLUMNA 03			COLUMNA 04			COLUMNA 05			COLUMNA 06			COLUMNA 07		
Nº	A	B																		
15	,045	,075	17	,014	,363	21	,051	,071	18	,029	,521	17	,030	,879	30	,027	,987	20	,032	,686
21	,080	,571	05	,042	,032	10	,064	,893	24	,062	,552	26	,059	,420	21	,086	,396	12	,061	,039
30	,121	,381	18	,043	,113	30	,089	,939	14	,074	,309	24	,075	,300	10	,131	,876	22	,128	,300
23	,134	,990	28	,107	,079	25	,153	,689	10	,096	,256	07	,128	,157	29	,139	,945	18	,141	,403
24	,138	,122	06	,145	,163	29	,187	,358	28	,127	,075	28	,147	,614	20	,168	,455	03	,143	,812
08	,139	,262	26	,169	,851	18	,200	,470	19	,187	,628	03	,165	,658	01	,175	,097	13	,209	,158
19	,214	,295	02	,211	,386	24	,224	,184	01	,204	,571	29	,221	,677	24	,178	,016	29	,215	,311
11	,219	,421	04	,214	,572	14	,275	,023	13	,261	,288	06	,240	,323	06	,245	,925	16	,244	,056
29	,233	,873	03	,264	,074	01	,316	,941	30	,266	,681	11	,259	,182	02	,260	,898	28	,248	,674
16	,326	,953	07	,277	,536	06	,361	,043	22	,269	,838	15	,261	,827	14	,334	,475	11	,287	,372
17	,348	,308	30	,310	,155	26	,381	,157	05	,278	,789	22	,271	,526	05	,362	,655	02	,296	,104
06	,378	,989	21	,318	,787	23	,390	,475	08	,283	,305	14	,379	,051	09	,379	,118	24	,316	,693
07	,385	,831	11	,409	,075	11	,417	,088	02	,337	,182	13	,421	,478	13	,409	,205	14	,376	,640
02	,397	,001	15	,410	,710	07	,436	,316	06	,346	,715	21	,460	,736	26	,422	,088	15	,438	,363
13	,411	,557	29	,461	,302	13	,461	,406	15	,401	,484	12	,467	,780	25	,444	,535	19	,487	,064
25	,426	,783	14	,483	,678	20	,471	,745	25	,440	,139	30	,499	,321	17	,471	,811	09	,507	,768
01	,473	,738	19	,560	,953	03	,494	,648	27	,585	,090	01	,510	,357	04	,475	,603	06	,507	,104
18	,531	,993	27	,603	,530	27	,499	,271	09	,603	,634	18	,518	,397	23	,564	,993	27	,575	,741
20	,560	,406	09	,620	,583	12	,562	,095	21	,607	,859	05	,540	,893	15	,678	,821	10	,619	,306
27	,674	,054	13	,623	,892	08	,652	,329	17	,697	,867	23	,587	,298	28	,697	,394	23	,623	,508
22	,737	,928	08	,640	,508	17	,661	,747	23	,698	,770	08	,610	,290	11	,793	,904	30	,637	,851
12	,744	,014	10	,641	,929	16	,691	,081	11	,710	,171	02	,797	,890	03	,816	,872	21	,644	,810
04	,745	,967	20	,641	,611	02	,731	,294	07	,745	,012	10	,809	,534	27	,819	,599	26	,665	,836
09	,802	,491	23	,836	,814	19	,813	,298	26	,747	,511	25	,826	,366	07	,835	,925	04	,672	,603
10	,815	,874	12	,845	,726	04	,841	,470	03	,834	,346	16	,863	,812	16	,846	,504	07	,854	,627
05	,846	,823	24	,855	,491	22	,842	,142	20	,848	,757	19	,863	,140	18	,859	,560	05	,855	,344
14	,851	,546	16	,930	,264	15	,848	,601	12	,902	,873	27	,871	,742	19	,861	,552	17	,861	,166
28	,870	,220	01	,960	,204	09	,911	,504	04	,914	,367	04	,880	,327	08	,872	,932	01	,954	,376
26	,900	,999	22	,961	,215	28	,929	,365	29	,915	,190	09	,919	,002	12	,914	,582	25	,969	,947
03	,983	,753	25	,984	,082	05	,973	,252	16	,992	,398	20	,958	,884	22	,264	,359	08	,978	,799
COLUMNA 08			COLUMNA 09			COLUMNA 10			COLUMNA 11			COLUMNA 12			COLUMNA 13			COLUMNA 14		
Nº	A	B																		
15	,033	,102	25	,036	,994	13	,042	,220	25	,013	,901	12	,048	,175	20	,051	,091	01	,035	,290
01	,090	,465	19	,089	,055	12	,073	,612	06	,074	,032	30	,101	,391	28	,066	,568	10	,047	,878
11	,105	,599	09	,102	,159	18	,085	,156	07	,126	,954	02	,114	,741	12	,068	,056	09	,096	,295
16	,123	,709	28	,138	,616	26	,088	,916	26	,129	,925	28	,115	,076	22	,149	,524	06	,133	,230
06	,123	,187	18	,158	,371	05	,114	,576	22	,136	,271	26	,126	,469	29	,225	,615	15	,180	,640
07	,141	,400	14	,166	,988	30	,153	,841	23	,161	,533	18	,138	,400	04	,227	,034	16	,193	,564
09	,179	,901	12	,197	,101	21	,166	,189	18	,164	,447	27	,154	,919	03	,254	,430	20	,268	,073
20	,190	,366	05	,205	,767	25	,202	,115	08	,194	,610	20	,187	,633	19	,259	,277	02	,304	,938
25	,247	,063	11	,230	,715	23	,285	,030	20	,205	,117	22	,192	,557	01	,297	,689	18	,348	,080
14	,340	,291	15	,234	,120	01	,380	,270	15	,237	,520	16	,253	,576	18	,328	,066	26	,352	,315
22	,411	,696	13	,283	,645	15	,389	,787	14	,320	,292	15	,353	,156	07	,374	,773	07	,369	,284
18	,423	,754	10	,328	,457	24	,395	,651	04	,359	,734	21	,432	,958	17	,403	,490	30	,369	,641
30	,425	,276	01	,387	,216	10	,416	,543	09	,476	,991	04	,447	,014	23	,411	,925	13	,372	,706
13	,432	,242	24	,481	,712	04	,485	,321	16	,478	,352	13	,487	,992	24	,439	,484	19	,399	,961
17	,511	,880	20	,508	,266	29	,515	,511	11	,503	,990	01	,489	,291	06	,450	,653	24	,410	,761
10	,532	,885	30	,518	,484	27	,542	,930	01	,552	,077	10	,517	,841	10	,486	,495	21	,445	,360
28	,550	,834	23	,561	,798	08	,546	,468	12	,556	,179	25	,557	,073	13	,511	,253	11	,492	,190
26	,563	,502	08	,564	,089	22	,566	,620	10	,559	,197	19	,593	,474	26	,519	,222	12	,531	,959
03	,576	,396	03	,629	,112	19	,597	,298	28	,621	,917	11	,604	,980	09	,543	,339	03	,561	,999
19	,675	,770	04	,650	,519	14	,635	,198	30	,692	,459	29	,665	,740	15	,601	,894	22	,629	,428
21	,679	,140	02	,705	,049	06	,650	,038	19	,714	,762	14	,680	,281	30	,668	,138	05	,651	,748
24	,681	,502	29	,719	,073	16	,661	,853	02	,739	,273	07	,712	,392	11	,692	,386	23	,727	,674
05	,711	,934	21	,749	,253	20	,753	,382	13	,780	,739	08	,739	,298	25	,708	,597	29	,790	,444
27	,765	,695	06	,806	,299	25	,758	,508	24	,792	,183	06	,778	,371	14	,807	,093	17	,803	,130
08	,806	,199	22	,829	,730	17	,781	,187	27	,804	,608	23	,780	,602	16	,843	,548	04	,810	,307
12	,830	,837	16	,837	,464	11	,838	,675	05	,818	,906	24	,843	,888	05	,862	,891	14	,823	,319
23	,858	,330	17	,861	,173	09	,843	,497	17	,884	,133	17	,878	,692	08	,870	,662	26	,874	,935
29	,904	,384	26	,926	,264	02	,912	,582	03	,912	,635	03	,903	,223	21	,892	,206	08	,924	,490
04	,920	,142	27	,935	,367	03	,939	,162	29	,939	,327	09	,945	,099	02	,937	,752	27	,959	,463
02	,978	,990	07	,977	,962	07	,976	,046	21	,974	,114	05	,969	,135	27	,946	,797	25	,970	,483

TABLA 2.- Tabla de números aleatorios compuesta (continuación)
(Columnas 15 a 28 de 28)

COLUMNA 15			COLUMNA 16			COLUMNA 17			COLUMNA 18			COLUMNA 19			COLUMNA 20			COLUMNA 21		
N°	A	B																		
09	,024	,863	02	,033	,198	26	,010	,881	27	,062	,946	16	,023	,779	03	,036	,004	26	,033	,187
02	,052	,746	14	,050	,386	30	,034	,493	20	,105	,481	06	,087	,867	07	,065	,218	17	,078	,980
17	,102	,330	03	,068	,639	09	,105	,661	24	,114	,341	17	,100	,228	12	,093	,656	28	,095	,360
05	,105	,257	18	,110	,507	27	,120	,026	06	,118	,291	23	,112	,371	28	,143	,172	10	,098	,681
03	,177	,397	25	,121	,844	05	,146	,864	10	,133	,176	10	,132	,012	26	,150	,062	13	,158	,834
28	,210	,054	16	,124	,840	12	,158	,520	15	,194	,337	04	,167	,899	02	,156	,037	08	,227	,327
08	,215	,363	10	,144	,799	13	,185	,311	01	,208	,356	12	,188	,317	25	,224	,402	29	,252	,799
01	,216	,565	24	,264	,012	21	,235	,217	04	,211	,195	25	,208	,157	01	,249	,070	14	,277	,589
14	,243	,001	09	,320	,477	16	,255	,087	17	,285	,365	02	,301	,488	06	,270	,159	24	,291	,767
20	,248	,171	11	,337	,844	17	,275	,994	26	,333	,212	01	,305	,407	30	,272	,166	18	,304	,223
23	,274	,107	20	,350	,357	02	,302	,180	22	,363	,883	28	,352	,893	24	,311	,710	02	,311	,289
18	,286	,318	01	,364	,928	08	,302	,916	29	,372	,405	15	,382	,824	13	,324	,237	06	,323	,392
04	,338	,412	20	,446	,280	23	,394	,282	11	,377	,643	13	,405	,577	23	,336	,111	20	,331	,607
15	,392	,694	22	,479	,792	20	,451	,981	14	,387	,841	19	,423	,676	16	,430	,776	27	,388	,921
16	,524	,998	13	,487	,440	10	,461	,903	28	,421	,374	29	,441	,141	10	,453	,583	30	,409	,779
12	,562	,403	29	,491	,462	22	,494	,238	05	,469	,672	03	,461	,275	27	,497	,792	03	,466	,882
22	,572	,306	19	,503	,085	01	,512	,943	09	,481	,225	18	,632	,622	21	,509	,486	25	,474	,271
07	,574	,599	04	,548	,862	11	,539	,651	21	,527	,329	07	,650	,804	17	,575	,769	22	,525	,536
11	,601	,417	27	,632	,524	07	,539	,595	18	,664	,620	08	,688	,809	08	,623	,401	16	,620	,675
13	,634	,908	08	,634	,758	03	,587	,207	02	,707	,927	05	,695	,318	05	,625	,428	21	,631	,689
21	,672	,320	06	,636	,078	24	,604	,487	25	,728	,972	11	,701	,076	18	,668	,679	05	,689	,387
19	,709	,717	05	,728	,205	29	,617	,827	19	,733	,041	24	,715	,107	20	,674	,385	15	,711	,520
26	,735	,040	17	,748	,647	14	,801	,584	16	,749	,832	21	,726	,232	19	,680	,948	12	,759	,089
30	,756	,919	15	,753	,687	15	,835	,529	30	,770	,294	27	,780	,790	15	,714	,161	11	,777	,732
29	,834	,647	07	,816	,866	25	,838	,568	03	,845	,145	26	,837	,920	11	,756	,366	19	,780	,435
10	,841	,414	28	,828	,783	06	,878	,828	13	,849	,215	20	,850	,881	09	,867	,443	04	,782	,983
24	,854	,818	23	,895	,420	18	,931	,809	07	,859	,555	14	,867	,832	14	,874	,109	07	,872	,009
25	,865	,377	21	,931	,538	04	,952	,539	08	,863	,659	22	,925	,020	22	,884	,186	01	,921	,714
27	,951	,601	26	,948	,020	19	,961	,147	23	,977	,980	09	,951	,722	29	,963	,612	09	,932	,817
06	,970	,582	12	,993	,399	28	,971	,177	12	,981	,369	30	,958	,056	04	,982	,624	23	,947	,065
COLUMNA 22			COLUMNA 23			COLUMNA 24			COLUMNA 25			COLUMNA 26			COLUMNA 27			COLUMNA 28		
N°	A	B																		
12	,039	,952	26	,030	,935	16	,066	,465	02	,073	,716	16	,052	,023	21	,026	,979	29	,015	,576
11	,068	,886	03	,060	,411	08	,074	,588	26	,073	,191	01	,057	,097	17	,061	,284	07	,053	,293
30	,087	,744	13	,061	,073	11	,094	,848	16	,084	,853	04	,126	,221	06	,100	,271	10	,076	,649
01	,091	,565	29	,111	,346	18	,151	,776	11	,122	,434	22	,136	,180	05	,102	,512	25	,089	,624
17	,100	,054	24	,179	,957	17	,154	,899	14	,158	,228	13	,145	,937	10	,118	,161	20	,233	,131
10	,244	,316	18	,202	,827	21	,162	,388	05	,185	,013	07	,196	,890	16	,127	,482	23	,236	,208
23	,245	,068	09	,222	,757	01	,171	,577	28	,220	,077	20	,209	,818	07	,262	,867	09	,238	,602
21	,283	,212	06	,233	,348	03	,227	,223	10	,273	,248	05	,232	,440	25	,297	,273	13	,264	,529
22	,290	,911	11	,234	,433	10	,252	,633	15	,280	,688	30	,248	,992	13	,317	,603	03	,284	,159
02	,305	,651	22	,255	,199	12	,274	,798	07	,285	,144	06	,262	,144	08	,319	,418	26	,352	,556
19	,371	,760	08	,267	,539	26	,299	,849	06	,290	,480	10	,282	,849	02	,363	,012	02	,358	,074
16	,412	,546	20	,317	,497	25	,351	,025	18	,306	,040	02	,405	,846	27	,429	,830	30	,404	,864
27	,415	,342	21	,331	,700	20	,351	,648	22	,370	,717	19	,420	,814	14	,437	,979	17	,417	,540
03	,467	,080	07	,356	,936	05	,393	,807	21	,371	,993	12	,453	,635	20	,448	,336	27	,432	,112
15	,472	,598	27	,408	,653	06	,438	,003	24	,437	,365	09	,465	,333	26	,478	,089	05	,455	,025
28	,488	,366	28	,542	,693	27	,472	,786	17	,467	,216	18	,473	,585	28	,496	,811	14	,472	,038
06	,498	,203	17	,566	,354	24	,503	,865	27	,488	,357	08	,511	,396	12	,508	,117	21	,515	,091
09	,523	,191	16	,594	,375	09	,583	,838	30	,587	,837	15	,515	,748	29	,516	,111	12	,520	,313
13	,567	,206	30	,613	,374	07	,591	,838	19	,594	,774	03	,557	,654	23	,573	,572	04	,591	,563
29	,604	,413	04	,687	,895	13	,624	,101	09	,610	,154	26	,571	,777	18	,618	,927	28	,612	,659
14	,673	,683	02	,696	,291	04	,651	,107	03	,670	,759	14	,725	,884	19	,654	,978	06	,625	,841
26	,699	,425	05	,709	,106	22	,703	,498	12	,715	,441	25	,767	,364	04	,702	,179	16	,709	,114
18	,714	,148	19	,741	,156	19	,717	,097	08	,739	,445	29	,802	,856	01	,720	,585	22	,736	,629
04	,763	,614	14	,798	,892	02	,730	,916	20	,771	,106	24	,840	,712	22	,738	,605	08	,779	,508
20	,787	,802	15	,820	,982	23	,752	,333	25	,774	,162	11	,863	,004	11	,804	,285	15	,833	,849
25	,858	,631	12	,867	,827	29	,760	,128	23	,776	,324	28	,870	,625	03	,818	,633	19	,844	,384
05	,896	,523	10	,882	,524	28	,881	,976	01	,847	,353	27	,874	,928	30	,916	,047	01	,891	,134
08	,917	,263	23	,909	,462	14	,886	,964	29	,929	,952	23	,885	,718	09	,929	,856	18	,906	,116
07	,945	,989	01	,918	,194	30	,929	,356	04	,935	,700	21	,906	,887	24	,956	,482	11	,943	,163
24	,948	,610	25	,975	,811	15	,988	,172	13	,937	,494	17	,950	,183	15	,958	,584	24	,974	,633

E.2.2. Ejemplo 2

Supóngase que se desea determinar la compactación del relleno de un conjunto de $L_o = 24$ registros para fibra óptica en el acotamiento de una carretera en construcción, como se establece en la Fracción H.2. de la Norma N-CTR-CAR-1-08-002, *Registros para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras*.

- E.2.2.1.** El Inciso H.2.1. de la Norma N-CTR-CAR-1-08-002, *Registros para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras*, establece que se deben realizar las verificaciones en una cala por cada 6 registros instalados, por lo que se ejecutarán $n = 4$ verificaciones:

$$n = \frac{L_o}{6} = \frac{24}{6} = 4$$

Donde:

n = Número de elementos por muestrear

L_o = Número total de elementos que componen el lote

- E.2.2.2.** Se numera cada uno de los 24 (L_o) registros en el sentido del cadenamamiento.
- E.2.2.3.** De las urnas denominadas *columnas* y *renglones*, se extrae al azar una ficha de cada una, que determinan, la primera el número de la columna y la segunda el del renglón de la tabla donde se iniciará la búsqueda. Supóngase que para este ejemplo se obtuvieron la columna 17 y el renglón 25.
- E.2.2.4.** A partir de la columna 17 y el renglón 25 de la *Tabla de números aleatorios simple*, se inicia la búsqueda de los primeros 4 (n) números menores o iguales que 24 (L_o), que resultan ser 18, 01, 10 y 03 como se muestra en la Tabla 1 de este Manual.

En conclusión, los registros donde se ejecutarán las calas, son los números 1, 3, 10 y 18.

F. SELECCIÓN DE MUESTRAS QUE SE OBTENGAN DE SUPERFICIES REGULARES

Para la selección de muestras o de los elementos que las compongan, que se obtengan de superficies regulares, se recomienda la utilización de la *Tabla de números aleatorios compuesta*, que se muestra en la Tabla 2 de este Manual, utilizando la siguiente secuencia:

F.1. SECUENCIA PARA LA UTILIZACIÓN DE LA TABLA DE NÚMEROS ALEATORIOS COMPUESTA

- F.1.1.** Se determina el tamaño de la muestra o número de elementos por seleccionar (n), conforme a los criterios establecidos en las Normas aplicables contenidas en los Libros CTR. *Construcción*, CSV. *Conservación* y CMT. *Características de los Materiales*, así como en los Manuales del Libro MMP. *Métodos de Muestreo y Prueba de Materiales*.
- F.1.2.** En una urna que se denomine *columnas*, se introducen fichas numeradas, del 1 al 28 y se saca al azar una ficha para determinar la columna que se utilizará de la Tabla 2 de este Manual.
- F.1.3.** En la subcolumna "N°" de la columna determinada como se indica en el Inciso anterior y verticalmente hacia abajo, se buscan los números que sean menores o iguales que el número de elementos por seleccionar (n).
- F.1.4.** Se anotan los números buscados de la subcolumna "N°", en el orden en que se vayan encontrando, junto con los números aleatorios de las subcolumnas "A" y "B" de la misma columna y del renglón correspondiente. Para ello, se puede usar una tabla como las mostradas en las Tablas 3 y 4 de este Manual.
- F.1.5.** En cada renglón de la tabla a que se refiere el Inciso anterior, se multiplica el número que se obtuvo de la subcolumna "A" por la longitud (L) de la superficie, para obtener la distancia

longitudinal (d_L) donde se ubique el elemento seleccionado, medida desde uno de los extremos de la superficie entre los que se midió su longitud. Todos los elementos que se seleccionen se ubicarán longitudinalmente a partir del mismo extremo de la superficie.

Si la superficie está cadeneada, la distancia determinada (d_L) será al cadenamiento en el que se inicia la superficie (C_o) y si se suman ambos ($C_o + d_L$), se obtiene el cadenamiento del elemento seleccionado, como se ejemplifica en la Tabla 3 de este Manual.

- F.1.6.** En cada renglón de la tabla a que se refiere el Inciso F.1.4., se multiplica el número que se obtuvo de la subcolumna "B" por el ancho (A) de la superficie, para obtener la distancia transversal (d_A) donde se ubique el elemento seleccionado, medida desde uno de los extremos de la superficie entre los que se midió su ancho. Todos los elementos que se seleccionen se ubicarán transversalmente a partir del mismo extremo de la superficie.

Si se desea referir la posición transversal del elemento seleccionado al eje longitudinal de la superficie, la distancia transversal a dicho eje (d_A') será:

$$d_A' = d_A - \frac{A}{2}$$

Donde:

d_A' = Distancia transversal al eje longitudinal de la superficie, donde se ubicará el elemento seleccionado, (m). Si d_A' resulta positiva, la distancia se mide hacia la izquierda del eje y si resulta negativa, hacia la derecha.

d_A = Distancia transversal a un extremo de la superficie, que se obtiene multiplicando el número aleatorio de la subcolumna "B" de la columna seleccionada de la Tabla 2 de este Manual, por el ancho de la superficie, (m)

A = Ancho de la superficie, (m)

F.2. EJEMPLOS DE UTILIZACIÓN DE LA TABLA DE NÚMEROS ALEATORIOS COMPUESTA

F.2.1. Ejemplo 3

Supóngase que se desea determinar la compactación de la base hidráulica de una carretera en construcción, como se establece en la Fracción H.3. de la Norma N-CTR-CAR-1-04-002, *Subbases y Bases*, en un tramo con una longitud de $L = 250$ m, que se inicia en el km 73+200 y termina en el km 73+450, con un ancho de $A = 11$ m.

- F.2.1.1.** El número de calas en las que se determinará la compactación, conforme a lo señalado en la Fracción H.3. de la Norma N-CTR-CAR-1-04-002, *Subbases y Bases*, es de una por cada 50 metros de longitud del tramo, por lo que:

$$n = \frac{250}{50} = 5$$

- F.2.1.2.** De la urna denominada *columnas*, se extrae al azar una ficha que determina la columna de la Tabla 2 de este Manual que se utilizará para seleccionar los sitios donde han de ejecutarse las calas. Supóngase que para este ejemplo se obtuvo la columna 3.

- F.2.1.3.** En la subcolumna "N°" de la columna 3 de la *Tabla de números aleatorios compuesta*, se buscan los números menores o iguales que 5 (n), que se anotan en el orden en que se encontraron, en una tabla como la mostrada en la Tabla 3, junto con los correspondientes números aleatorios de las subcolumnas "A" y "B", y se calculan el cadenamiento de cada punto seleccionado y su distancia transversal al eje del tramo, como se indica en la misma Tabla 3, de forma que las calas quedan ubicadas como se muestra en la Figura 1 de este Manual.

TABLA 3.- Selección de los elementos por muestrear, mediante la Tabla de números aleatorios compuesta (Ejemplo 3)

Columna seleccionada de la <i>Tabla de números aleatorios compuesta</i> : 3							Fecha: _____	
Cadenamiento al origen del tramo:		Cadenamiento al término del tramo:		Longitud del tramo:		Ancho del tramo:		
Km ₁ = 73+200		Km ₁ = 73+450		L= 250 m		A= 11 m		
N°	A	B	Distancia longitudinal (m) <i>d_L</i>	Distancia Transversal (m) <i>d_A</i>	Cadenamiento del sitio seleccionado (km)	Distancia transversal al eje, (m) <i>d_A'</i>	Lado	
	(a)	(b)	(a × L)	(b × A)	(km ₁ + <i>d_L</i>)	(<i>d_A</i> - A/2)		
01	0,316	0,914	79,00	10,05	73 + 279,00	4,55	Izquierdo	
03	0,494	0,648	123,50	7,12	73 + 323,50	1,63	Izquierdo	
02	0,731	0,294	182,75	3,23	73 + 382,75	-2,27	Derecho	
04	0,841	0,470	210,25	5,17	73 + 410,25	-0,33	Derecho	
05	0,973	0,252	243,25	2,77	73 + 443,25	-2,73	Derecho	

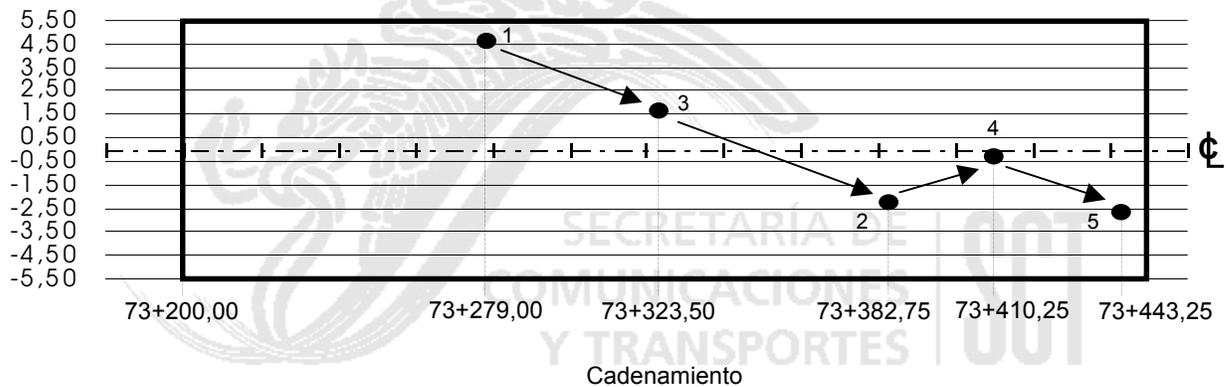


FIGURA 1.- Ubicación de los sitios donde se ejecutarán las calas a que se refiere el ejemplo 3 de este Manual

F.2.2. Ejemplo 4

Supóngase que se desea verificar la compactación del relleno para restablecer el pavimento en una zanja donde se instaló un poliducto para fibra óptica, en el acotamiento de una carretera en construcción, como se establece en la Fracción H.3. de la Norma N-CTR-CAR-1-08-001, *Poliductos para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras*, en un tramo con una longitud de $L = 800$ m, que se inicia en el km 105+100 y termina en el km 105+900.

F.2.2.1. El número de calas en las que se determinará la compactación, conforme a lo señalado en la Fracción H.3. de la Norma N-CTR-CAR-1-08-001, *Poliductos para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras*, es de una por cada 200 metros de longitud del tramo, por lo que:

$$n = \frac{800}{200} = 4$$

F.2.2.2. De la urna denominada *columnas*, se extrae al azar una ficha que determina la columna de la Tabla 2 de este Manual que se utilizará para seleccionar los sitios donde han de ejecutarse las calas. Supóngase que para este ejemplo se obtuvo la columna 18.

F.2.2.3. En la subcolumna “N°” de la columna 18 de la *Tabla de números aleatorios compuesta*, se buscan los números menores o iguales que 4 (*n*), que se anotan en el orden en que se encontraron, en una tabla como la mostrada en la Tabla 4, junto con el correspondiente número aleatorio de la subcolumna “A”, y se calcula el cadenamamiento de cada punto seleccionado como se indica en la misma Tabla 4. En este caso y debido a que el ancho de la zanja es de tan sólo 15 cm, no es necesario determinar las distancias transversales al eje de la zanja, por lo que no se utilizan los números de la subcolumna “B”. De esta manera los sitios seleccionados quedan en los cadenamamientos 105+266,40, 105+268,80, 105+665.60 y 105+776,00.

TABLA 4.- Selección de los elementos por muestrear, mediante la Tabla de números aleatorios compuesta (Ejemplo 4)

Columna seleccionada de la <i>Tabla de números aleatorios compuesta</i> : 18					Fecha: _____		
Cadenamiento al origen del tramo: Km ₁ = 105+100		Cadenamiento al término del tramo: Km ₁ = 105+900		Longitud del tramo: L= 800 m	Ancho del tramo: A= 0,15 m		
N°	A	B	Distancia longitudinal (m) <i>d_L</i>	Distancia Transversal (m) <i>d_A</i>	Cadenamiento del sitio seleccionado (km)	Distancia transversal al eje, (m) <i>d_A'</i>	Lado
	(a)	(b)	(a × L)	(b × A)	(km ₁ + <i>d_L</i>)	(<i>d_A'</i> - A/2)	
01	0,208		166,40		105 + 266,40		
04	0,211		168,80		105 + 268,80		
02	0,707		565,60		105 + 665,60		
03	0,845		676,00		105 + 776,00		

G. REFLEXIONES FINALES

Como puede observarse en los ejemplos contenidos en las Cláusulas E. y F. de este Manual, la distribución de las muestras o de los elementos que las componen, que se hayan seleccionado al azar mediante la utilización de tablas de números aleatorios, no resultan equidistantes ni su ubicación sigue las leyes que son usuales en otros tipos de muestreo, ya que todos los miembros de la población por muestrear tuvieron la misma probabilidad de ser seleccionados.

La selección al azar de las muestras o de sus elementos se hace una vez que esté disponible la población por muestrear e inmediatamente antes de proceder al muestreo, pues si la selección se realiza con anticipación, antes de que la población esté disponible, se corre el riesgo de influenciar el proceso de producción, que tenderá a lograr mejor calidad en los elementos que se hayan seleccionado.

Una vez seleccionadas las muestras o sus elementos, se tomarán en la forma que establezcan las Normas aplicables contenidas en los Libros CTR. *Construcción*, CSV. *Conservación* y CMT. *Características de los Materiales*, así como los Manuales del Libro MMP. *Métodos de Muestreo y Prueba de Materiales*.