

CARACTERIZACIÓN GRANULOMÉTRICA DE LAS PLANTAS PRODUCTORAS DE ARENA EN LA REPÚBLICA DOMINICANA, SU IMPACTO EN LA CALIDAD Y COSTO DEL HORMIGÓN

(Granulometric characterization of sand factory in the Dominican Republic, their impact on the quality and cost of concrete)

José Toirac Corral*

Resumen

La granulometría constituye una de las propiedades físicas de los agregados (arena y piedra) que impacta directamente en la resistencia y en el consumo de cemento del hormigón elaborado.

Conceptualmente la granulometría es la distribución, en porcentaje, de los diversos tamaños del agregado en una muestra. Sobre este particular, existe la percepción o hipótesis de que la gran mayoría de las plantas y granceras productoras de arena que existen en el país no cumplen con los parámetros granulométricos recomendados y otros rasgos afines como son el tamaño máximo y el módulo de finura.

La investigación es una exploración “in situ”: pretende demostrar una hipótesis, tomando como muestra representativa del universo, una veinte y cinco plantas productoras de agregado fino (arena) que integran el mercado nacional; luego se hace una caracterización del producto en su parámetro granulométrico a través de ensayos de laboratorio debidamente documentados. Se establecen las desviaciones y son graficadas de acuerdo a las especificaciones recomendadas como materia prima para la elaboración de hormigones. Al finalizar el trabajo, se plantea poner en conocimiento del Ministerio de Obras Públicas, de DIGENOR y la propia Asociación de Productores de Agregados, estos resultados. Solo así se puede lograr la implementación de las medidas correctivas y de control adecuado. Con ello, se da un valioso aporte al sector constructivo, posibilitando que las estructuras de concreto sean más resistentes y económicas.

* Profesor Área de Ingeniería del Instituto Tecnológico de Santo Domingo INTEC, República Dominicana.
Email: jtoirac@intec.edu.do



Planta productora de agregados, la arena, constituye a su vez una materia prima del hormigón

Palabras claves

Agregado, granulometría, tamices, grancera, hormigón.

Abstract

The grain size is one of the physical properties of the aggregates (sand and rock) that has a direct impact on both resistance and cement consumption of the ready-mixed concrete.

Conceptually, the grain size is the distribution percentage of the various sample sizes of the aggregates. On this particular issue, it is perceived or hypothesized that the vast majority of the refined units and sand extraction companies in the country do not meet both the recommended grain size parameters and other similar features such as the maximum size and the fineness module.

The research is an «in situ» exploration: it is aimed at proving a hypothesis by taking approximately twenty-five fine aggregates operations (sand) which make up the domestic market as a representative sample of the stated universe. Then a characterization of the product in its grain size parameter through properly documented laboratory testing is made. The deviations are set out, and they are plotted according to recommended specifications as raw material for the preparation of concretes. At the end of the field work, they agree on informing the outcomes to the Public Works Ministry, DIGENOR (Directorate-General of Standards and Quality Control), and the Aggregate-Producers Association. Only in this way the implementation of corrective measures and proper control are achieved. This is also a valuable contribution to the building sector, allowing the concrete structures to be more resistant and low-cost.

Keywords

Added, particle size, sieve, grancera, concrete.

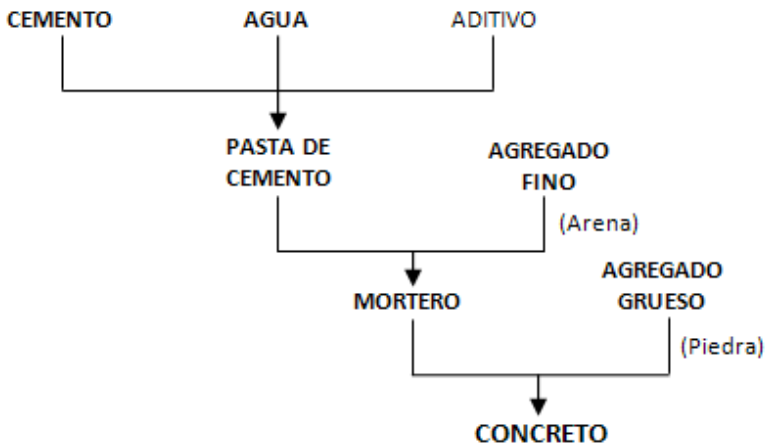
INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la construcción está dominado básicamente por las estructuras de hormigón armado, y este demanda cada día la toma de soluciones técnicas más eficientes.

Tanto viviendas, puentes, naves industriales, como plazas y otras obras destinadas al servicio y a consolidar las infraestructuras que crecen a todo lo largo y ancho de nuestra geografía nacional; y en todas estas obras, el hormigón o concreto, constituye el material fundamental. De modo que al bajar su costo de producción, sin menoscabo de sus principales activos de calidad, juegue un papel preponderante para el desarrollo del sector.

Entre las materias primas que integran el hormigón está la arena, técnicamente conocida como agregado fino y objeto de estudio en esta investigación. La arena, atendiendo a sus parámetros de calidad, posee numerosos atributos y variables, entre ellas está su granulometría, que representa una de las propiedades físicas más importantes e influyentes, pues gravita de manera decisiva en la resistencia y el consumo de cemento del hormigón que con ella producimos. Es por ello que lograr el cumplimiento de las especificaciones granulométricas de calidad constituye una tarea de primer orden.

Esquema de integración del concreto



MARCO TEÓRICO:

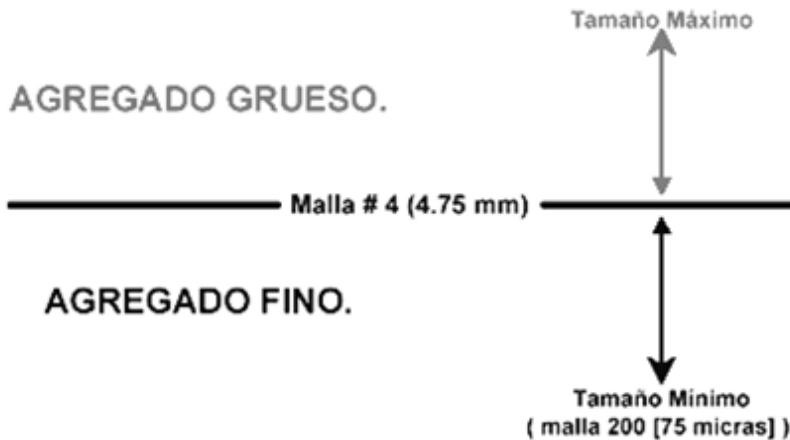
Agregados para concreto

Los agregados para concreto pueden ser definidos como aquellos materiales inertes que poseen una resistencia propia suficiente (resistencia del grano), que no perturban ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico y que garantizan una adherencia con la pasta de cemento endurecida.

Los agregados, constituyen el mayor por ciento del volumen de la mezcla de hormigón, pudiendo llegar hasta un 73 % de su volumen. Los agregados se clasifican atendiendo a:

1. Su procedencia mineralógica
2. Su forma de obtención
3. Su tamaño

La forma más empleada para clasificar los agregados es su tamaño. Según la ASTM C-33 la frontera entre el agregado grueso y el fino es la malla N.º 4.



Propiedades físicas:

Entre las propiedades físicas de los agregados se encuentran las siguientes:

1. *Granulometría*
2. Densidad
3. Porosidad
4. Masa unitaria
5. Forma
6. Textura de las partículas
7. Contenido de finos

Es de suma relevancia definir la naturaleza de la granulometría. La granulometría, tema que nos ocupa, es la composición, en porcentaje, de los diversos tamaños de agregado en una muestra. Esta proporción se suele indicar de mayor a menor tamaño, por una cifra que representa, en peso, el porcentaje parcial de cada tamaño que pasó o quedó retenido en los diferentes tamices que se usan obligatoriamente para tal medición.

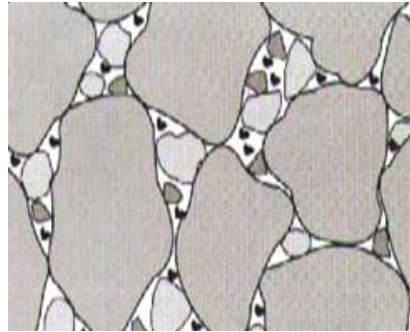


Serie de tamices

La granulometría y el tamaño máximo del agregado afectan las proporciones relativas de los mismos en los diseños de mezclas, así como los requisitos de agua y cemento, impactando en la resistencia, trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad, contracción y durabilidad del hormigón. Es conocido, que todos los métodos clásicos de diseño de mezclas como Fuller, Bolomey, O'Reilly, etc., se fundamentan básicamente en la granulometría de los agregados.

Para evitar el uso excesivo de cemento, los agregados deben tener una buena “distribución granulométrica”, o sea, que los granos sean de diversos tamaños y puedan así dejar el mínimo de huecos en la mezcla, esto se logra con una granulometría corrida, en la cual, los espacios de los tamaños mayores son llenados con los subsiguientes tamaños menores.

Una granulometría corrida, desde su tamaño máximo de la piedra, hasta la partícula más fina de arena, es lo ideal para hacer una mezcla de hormigón resistente y óptima, pues con ello garantizamos el *menor porcentaje de vacíos en la mezcla de agregados*, y por lo tanto, se optimizará al máximo la pasta de cemento necesaria para pegar.



Granulometría corrida

En otras palabras, para obtener un buen concreto, es necesario que la mezcla de la piedra y de la arena logre una granulometría que proporcione masa unitaria máxima, puesto que con esta condición el volumen de los espacios entre partículas es mínimo y por consiguiente la cantidad de pasta necesaria para *pegarlas y para llenar los espacios* entre ellas será mínimo. Esto dará lugar a una mezcla de mejores condiciones técnicas y económicas.

La granulometría no es una característica fija en el tiempo; varía de acuerdo a la influencia de algunos factores, los cuales, ante problemas de este tipo, deben ser revisados y corregidos. Entre estos factores están los siguientes:

1. Mineralogía
2. Forma de obtención en la mina
3. Tipo y graduación de los molinos
4. Velocidad de las correas
5. Clasificación en las zarandas
 - a) Cedazos rotos
 - b) Cedazos obstruidos o tapados
 - c) Diámetros del cedazo superior o inferior
 - d) Inclinación del cedazo dentro de la zaranda

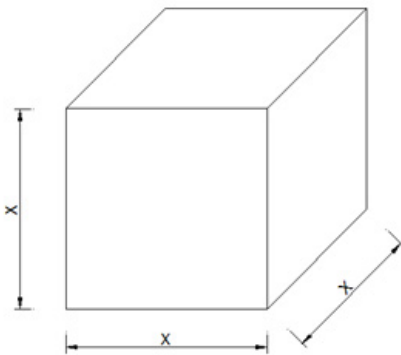
Problemática

Cuando se presentan *problemas granulométricos* en el agregado grueso, parte de la pasta de cemento que debe destinarse para unir, tendrá que utilizarse para rellenar los espacios vacíos que estos dejan. Por tanto se necesita mayor cantidad de pasta para cohesionarlos.

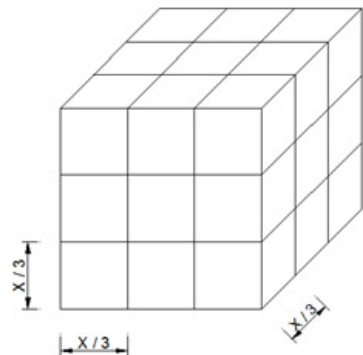
Esta situación puede atenuarse incrementando la arena, pero esto a su vez trae como secuela el aumento de la superficie específica de los agregados en general, demandando también, por este otro concepto, mayor cantidad de pasta de cemento, esta vez, no para rellenar espacios, sino para envolver la superficie total de cada partícula. Cuando *los problemas granulométricos* corresponden además a la arena, la situación antes descrita se hace particularmente más aguda, impactando en la calidad y el costo del hormigón.

Implicaciones

Un agregado fino con alto porcentaje de retenido en los tamices altos de su serie y/o un tamaño máximo por encima de lo especificado trae consigo un mayor consumo de arena. Esta deficiencia granulométrica se compensa con una mayor cantidad del agregado fino en la mezcla, provocando entonces, un aumento de la *superficie específica* a cubrir por la pasta.



$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= X^3 \\ \text{Área o superficie específica} &= 6X^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= X^3 \\ \text{Área o superficie específica} &= 18X^2 \end{aligned}$$

El incremento de la superficie específica demanda mayor envolvente de pasta de cemento, provocando:

1. Menor resistencia del hormigón, por insuficiente adherencia de la interface *pasta-piedra*, (insuficiente envolvente de pasta de cemento) y/o
2. Mayores costos del hormigón al necesitar más cemento para satisfacer los requerimientos de adherencia de la interface *pasta-piedra*, (incremento del envolvente de pasta de cemento).

Esta tendencia, aparentemente, está generalizada en el mercado nacional, constituye una verdadera problemática, siendo este el aspecto motivante y el objetivo primordial para el desarrollo de esta investigación, permitiendo plantear la siguiente hipótesis:

Las plantas y granceras productoras de arena del país no cumplen, en lo general, con los parámetros recomendados para la elaboración del hormigón en cuanto a su distribución granulométrica y otros rasgos afines, como el tamaño máximo y el módulo de finura.

OBJETIVO

Al finalizar el trabajo, y a partir de la demostración de esta hipótesis, en caso de ser cierta, se podrá poner en conocimiento de estos resultados al Ministerio de Obras Públicas, a DIGENOR y a la propia Asociación de Productores de Agregados. Así, pues, se recomiendan algunos mecanismos correctivos y de control en virtud de la descripción del problema. Con esto, en efecto, se pretende hacer un aporte al sector de la construcción, posibilitando que las estructuras de concreto sean cada vez más resistentes y económicas.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En nuestro país existen decenas de granceras y/o plantas productoras de agregados que explotan yacimientos o canteras obteniendo arenas de distintas composiciones mineralógicas.

La investigación tendrá como base el muestreo “in situ” del producto arena en cada una de las granceras o plantas seleccionadas, que por su cantidad y volumen de producción representan estadísticamente el universo de producción. Vale decir que la muestra representativa seleccionada permite evaluar el mercado en general.

ENSAYO Y RESULTADOS AFINES

Cada muestra será ensayada en los laboratorios atendiendo a las normativas de muestreo y ensayos. El ensayo que se realiza es de carácter granulométrico y atiende a la serie fina de los tamices normalizados para este fin. Los resultados de cada ensayo según (ASTM C-136, E11) serán debidamente documentados utilizando el formato de la Tabla N.º 1.

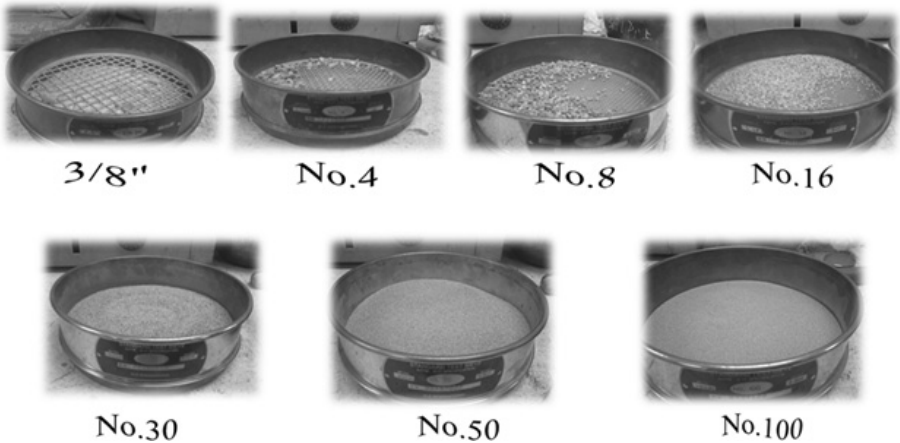


Tabla N.º 1 - Ensayo granulométrico

Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso del Tamiz	Peso Tamiz + Suelo Retenido	Peso Arena Retenido	Peso Arena Retenido Corregido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Más Fino
3/8"	9.50							
#4	4.75							
#8	2.38							
#16	1.19							
#30	0.595							
#50	0.297							
#100	0.149							
Bandeja								

De cada producto, se obtendrán los indicadores afines, como el módulo de finura, el tamaño máximo, así como el porcentaje retenido mayor que el tamiz N.º 4, mientras que la granulometría se representará a través de la curva granulométrica de cada muestra, comparada con las curvas de los entornos recomendados de la arena para hormigón.

Módulo de finura: el MF, es un índice para determinar características granulométricas de los agregados, se define como el número que se obtiene al dividir por 100 la suma de los porcentos retenidos acumulados en los tamices de la serie normalizada. El valor aumenta cuando el agregado contiene granos más gruesos, y decrece cuando sus granos disminuyen de tamaño. El agregado fino deberá tener un módulo de finura que no sea menor de 2.3 ni mayor de 3.1.

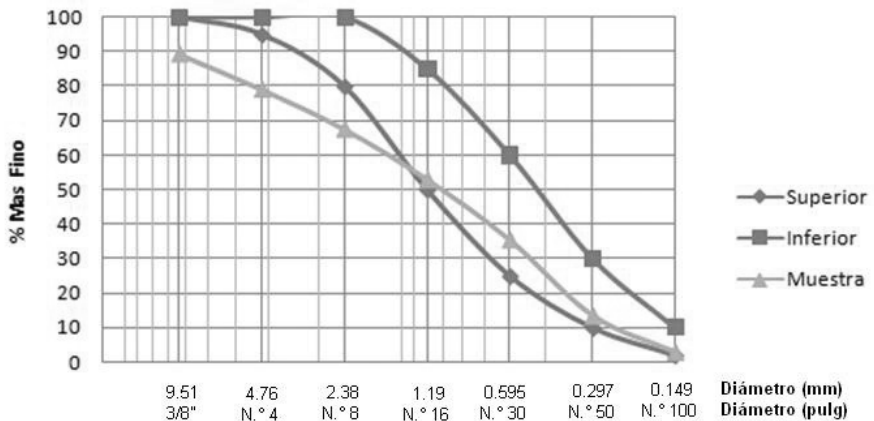
$$MF = \frac{\% \text{ retenido acumulado}}{100}$$

Tamaño máximo: se define como la abertura del menor tamiz, por el cual pasa el 100% de la muestra de agregado. El tamaño máximo de la arena para hormigón debe ser 4.75 mm, es decir 0 % de retenido mayor que el tamiz N.º 4.

Curva granulométrica: para graficar la granulometría, sobre el eje de las ordenadas se representa el porcentaje que pasa a través de los tamices en escala aritmética, mientras que sobre el eje de las abscisas se indican las aberturas de los tamices. Esto da origen a lo que se conoce como curva granulométrica del material. Cada una de estas curvas, será comparada con los entornos recomendados para cada tamiz, expresados en la Tabla N.º 2.

Tabla N.º 2 - Requerimiento de granulometría del agregado fino para el concreto. ASTM C-33

Tamiz		Porcientos pasado recomendado
Mm	Pulg.	
9.51	3/8"	100
4.76	N.º 4	95-100
2.38	N.º 8	80-100
1.19	N.º 16	50-85
0.595	N.º 30	25-60
0.297	N.º 50	10-30
0.149	N.º 100	2-10

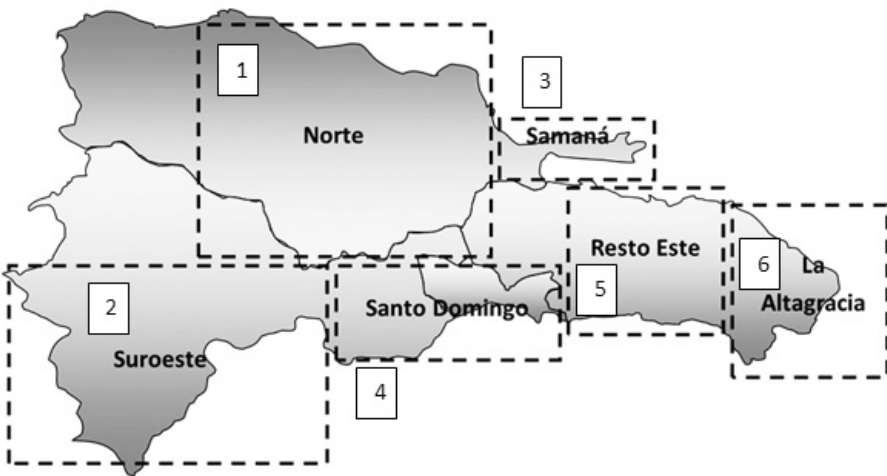


Ejemplo de curva real comparada con los entornos especificados

MUESTREO Y TRABAJO DE CAMPO

La selección de las plantas o granceras productoras de agregados finos, responde a un criterio estadístico de representatividad. Dicho criterio recoge y contiene las muestras de diversas plantas productoras de arena para hormigón. Se tomaron muestras de zonas diversas y en función de los yacimientos o canteras.

A continuación se presenta el mapa zonificado donde se ubican estos centros productores. Es de destacar que la zona de Santo Domingo comprende también las operaciones productivas de la provincia San Cristóbal, donde están concentradas la mayor cantidad de plantas, así como el mayor volumen de producción para satisfacer la demanda constructiva de la capital.



División geográfica del país en seis zonas de las principales granceras y plantas de agregados que suplen la demanda nacional

Tabla N.º 3 - Relación de plantas o granceras productoras de arena muestreadas

N.º	Nombre	Zona
1	Alba Sánchez - Semana Santa. San Cristóbal	4
2	Agregados Santa Bárbara - Sánchez. Samaná	3
3	Agregados Guzmán – Yaguate. San Cristóbal	4
4	Agregados del Sur – Servicorte. San Cristóbal	4
5	Agregados Parque Industrial Duarte. Sto. Dgo.	4
6	AA Agregados – Galeón. Baní	2
7	Tavares Industrial – Nizao. San Cristóbal	4
8	Gudicorp – Navarrete. Puerto Plata	1
9	Gat – Pomier. San Cristóbal	4
10	Agregados Marcano. Santo Domingo	4
11	Agregados Nizao – Yaguate. San Cristóbal	4
12	Itabo – Alba Sánchez. Santo Domingo	4
13	Docalsa – La Toma. San Cristóbal	4
14	Agregados J & P – Lechería. Santo Domingo	4
15	Agregados Camú. La Vega	1
16	Diómedes Mercedes – Nigua. San Cristóbal	4
17	Agregados La Altigracia. Bávaro	6
18	Hoyo de Lima Industrial. Santiago	1
19	Transvaz – El Pino. La Vega	1
20	Los Mellos – Nigua. San Cristóbal	4
21	Agregados Peravia. Baní	2
22	Agregados Punta Cana. Punta Cana	6
23	Elsamex. El Seibo	5
24	Bonao Industrial. Bonao	1
25	Agregados Ochoa, Sub-Estación Victoria, Santiago	1

RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA

Alba Sánchez - Semana Santa, San Cristóbal

Zona 4

Peso de la muestra: 1000 g Diferencia con el peso total: 0.40 g
 Suma de pesos retenidos: 999.60 g Porcentaje de error: 0.04%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

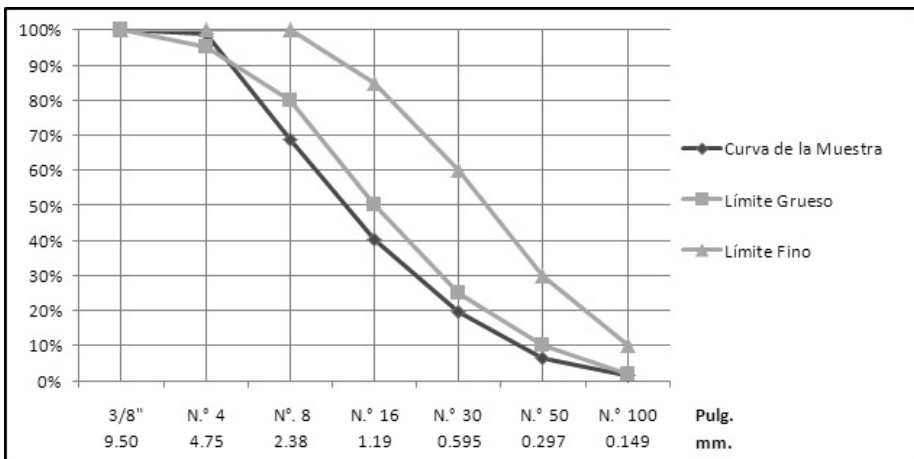
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	544.60	544.60	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
#4	4.75	535.90	545.40	9.50	9.50	0.95%	0.95%	99.05%
#8	2.38	487.30	789.30	302.00	302.12	30.21%	31.16%	68.84%
#16	1.19	425.00	711.20	286.20	286.31	28.63%	59.79%	40.21%
#30	0.595	401.20	606.10	204.90	204.98	20.50%	80.29%	19.71%
#50	0.297	367.50	500.80	133.30	133.35	13.34%	93.63%	6.37%
#100	0.149	351.30	400.10	48.80	48.82	4.88%	98.51%	1.49%
Bandeja		370.40	385.30	14.90	14.91	1.49%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 3.64

Tamaño máximo de la arena: 9.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 0.95%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA

Agregados Santa Bárbara - Sánchez, Samaná

Zona 3

Peso de la muestra: 965 g
 Suma de pesos retenidos: 940 g

Diferencia con el peso total: 25 g
 Porcentaje de error: 2.59%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

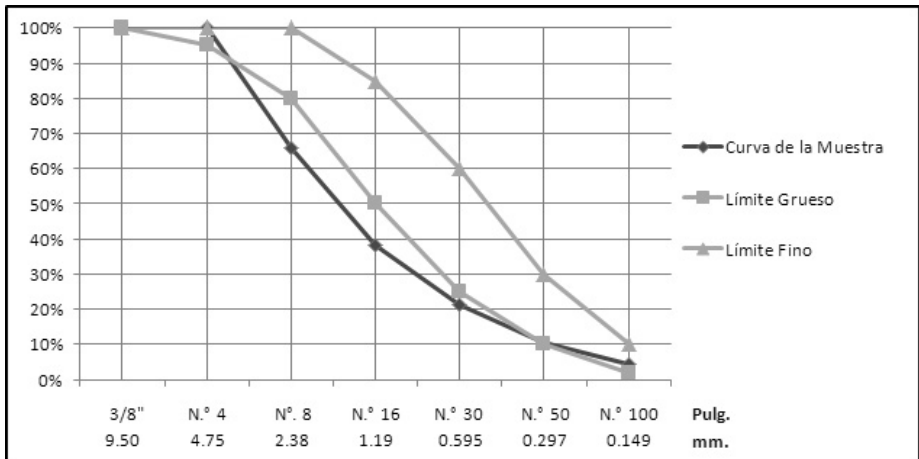
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	540.00	540.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
#4	4.75	520.00	520.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
#8	2.38	480.00	800.00	320.00	328.51	34.04%	34.04%	65.96%
#16	1.19	440.00	700.00	260.00	266.91	27.66%	61.70%	38.30%
#30	0.595	400.00	560.00	160.00	164.26	17.02%	78.72%	21.28%
#50	0.297	380.00	480.00	100.00	102.66	10.64%	89.36%	10.64%
#100	0.149	340.00	400.00	60.00	61.60	6.38%	95.74%	4.26%
Bandeja		260.00	300.00	40.00	41.06	4.26%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 3.60

Tamaño máximo de la arena: 4.75 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 0%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA

Agregados Guzmán - Yaguatè, San Cristóbal

Zona 4

Peso de la muestra: 1000 g

Diferencia con el peso total: 0.80 g

Suma de pesos retenidos: 999.20 g

Porcentaje de error: 0.08%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

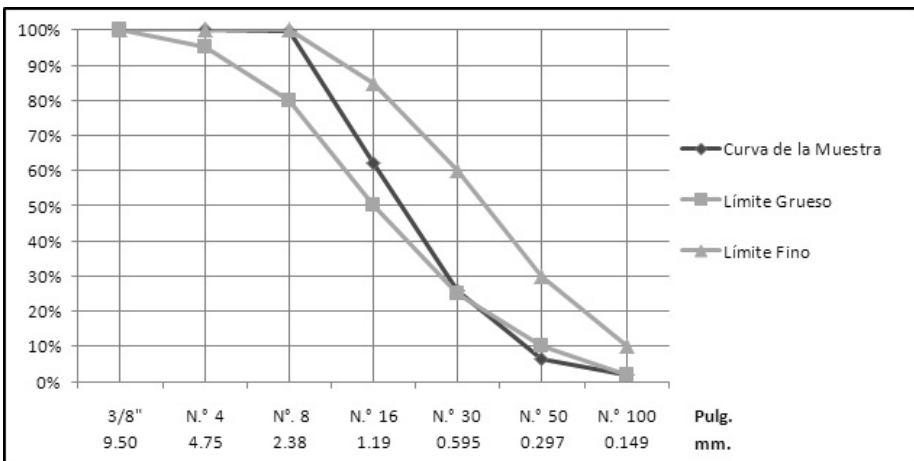
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	549.80	549.80	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
#4	4.75	515.80	515.80	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
#8	2.38	485.40	487.10	1.70	1.70	0.17%	0.17%	99.83%
#16	1.19	429.30	805.70	376.40	376.70	37.67%	37.84%	62.16%
#30	0.595	399.70	761.60	361.90	362.19	36.22%	74.06%	25.94%
#50	0.297	375.80	571.30	195.50	195.66	19.57%	93.62%	6.38%
#100	0.149	343.40	389.80	46.40	46.44	4.64%	98.27%	1.73%
Bandeja		246.30	263.60	17.30	17.31	1.73%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 3.04

Tamaño máximo de la arena: 4.75 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 0%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTMC-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA Agregados del Sur (Servicorte) - San Cristóbal Zona 4

Peso de la muestra: 500 g

Diferencia con el peso total: 2.80 g

Suma de pesos retenidos: 497.20 g

Porcentaje de error: 0.56%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

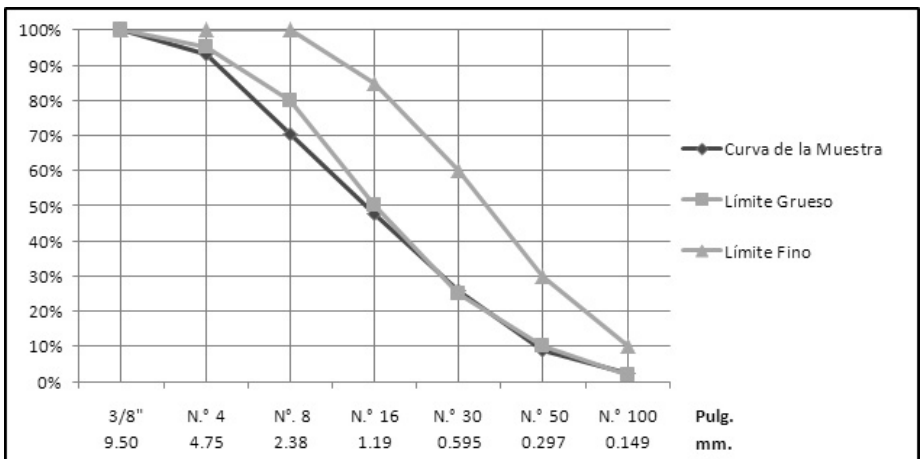
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	551.00	551.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
#4	4.75	516.30	550.50	34.20	34.39	6.88%	6.88%	93.12%
#8	2.38	483.60	596.40	112.80	113.44	22.69%	29.57%	70.43%
#16	1.19	429.90	543.70	113.80	114.44	22.89%	52.45%	47.55%
#30	0.595	399.60	506.70	107.10	107.70	21.54%	73.99%	26.01%
#50	0.297	370.70	456.10	85.40	85.88	17.18%	91.17%	8.83%
#100	0.149	343.90	377.00	33.10	33.29	6.66%	97.83%	2.17%
Bandeja		254.30	265.10	10.80	10.86	2.17%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 3.52

Tamaño máximo de la arena: 9.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 6.88%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA

Parque Industrial Duarte - Santo Domingo

Zona 4

Peso de la muestra: 1000 g

Diferencia con el peso total: 0.80 g

Suma de pesos retenidos: 999.20 g

Porcentaje de error: 0.08%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

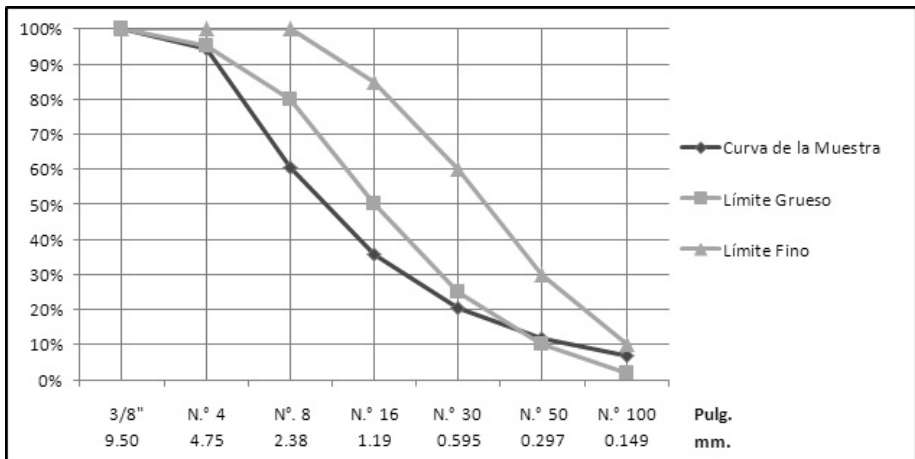
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	549.20	549.20	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
#4	4.75	520.90	578.60	57.70	57.75	5.77%	5.77%	94.23%
#8	2.38	486.70	822.90	336.20	336.47	33.65%	39.42%	60.58%
#16	1.19	419.50	668.20	248.70	248.90	24.89%	64.31%	35.69%
#30	0.595	401.20	553.90	152.70	152.82	15.28%	79.59%	20.41%
#50	0.297	366.60	453.10	86.50	86.57	8.66%	88.25%	11.75%
#100	0.149	348.50	397.60	49.10	49.14	4.91%	93.16%	6.84%
Bandeja		485.20	553.50	68.30	68.35	6.84%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 3.71

Tamaño máximo de la arena: 9.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 5.77%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTMC-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA
AA Agregados - Galeón - Baní
Zona 2

Peso de la muestra: 1000 g

Diferencia con el peso total: 0.30 g

Suma de pesos retenidos: 999.70 g

Porcentaje de error: 0.03%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

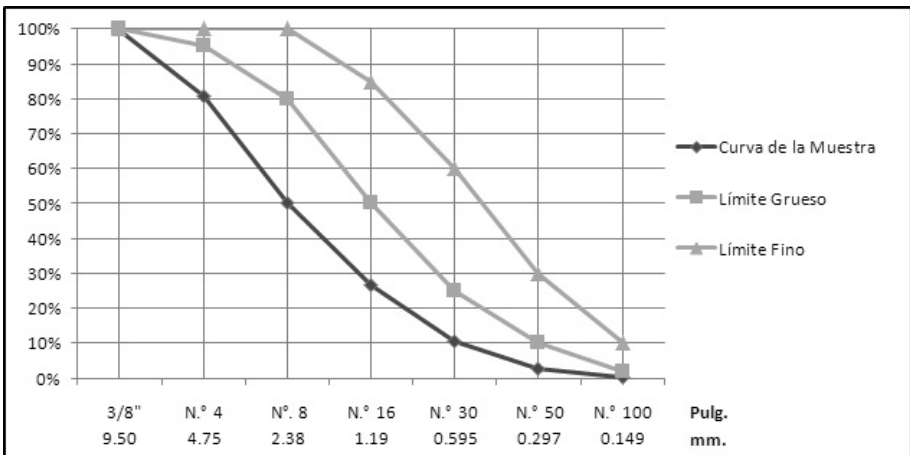
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	544.10	547.00	2.90	2.90	0.29%	0.29%	99.71%
#4	4.75	536.00	726.50	190.50	190.56	19.06%	19.35%	80.65%
#8	2.38	488.20	791.70	303.50	303.59	30.36%	49.70%	50.30%
#16	1.19	423.00	658.20	235.20	235.27	23.53%	73.23%	26.77%
#30	0.595	397.20	559.80	162.60	162.65	16.26%	89.50%	10.50%
#50	0.297	370.30	448.40	78.10	78.12	7.81%	97.31%	2.69%
#100	0.149	348.90	372.40	23.50	23.51	2.35%	99.66%	0.34%
Bandeja		370.70	374.10	3.40	3.40	0.34%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 4.29

Tamaño máximo de la arena: 12.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 19.35%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL
COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTMC-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA

Tavares Industrial - Nizao - San Cristóbal

Zona 4

Peso de la muestra: 1000 g Diferencia con el peso total: 11.06 g
 Suma de pesos retenidos: 988.94 g Porcentaje de error: 1.11%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

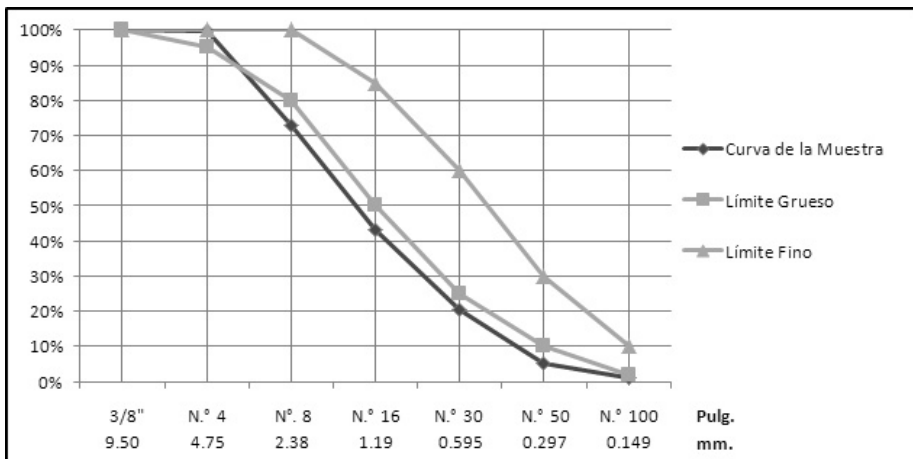
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	546.37	546.37	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
#4	4.75	537.93	540.12	2.19	2.21	0.22%	0.22%	99.78%
#8	2.38	489.13	753.34	264.21	267.16	26.72%	26.94%	73.06%
#16	1.19	426.56	722.18	295.62	298.93	29.89%	56.83%	43.17%
#30	0.595	402.61	627.84	225.23	227.75	22.77%	79.61%	20.39%
#50	0.297	368.53	517.81	149.28	150.95	15.09%	94.70%	5.30%
#100	0.149	349.86	393.19	43.33	43.81	4.38%	99.08%	0.92%
Bandeja		371.80	380.88	9.08	9.18	0.92%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 3.57

Tamaño máximo de la arena: 9.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 0.22%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA GUDICORP - Navarrete - Puerto Plata Zona 1

Peso de la muestra: 1000 g

Diferencia con el peso total: 2.70 g

Suma de pesos retenidos: 997.30 g

Porcentaje de error: 0.27%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

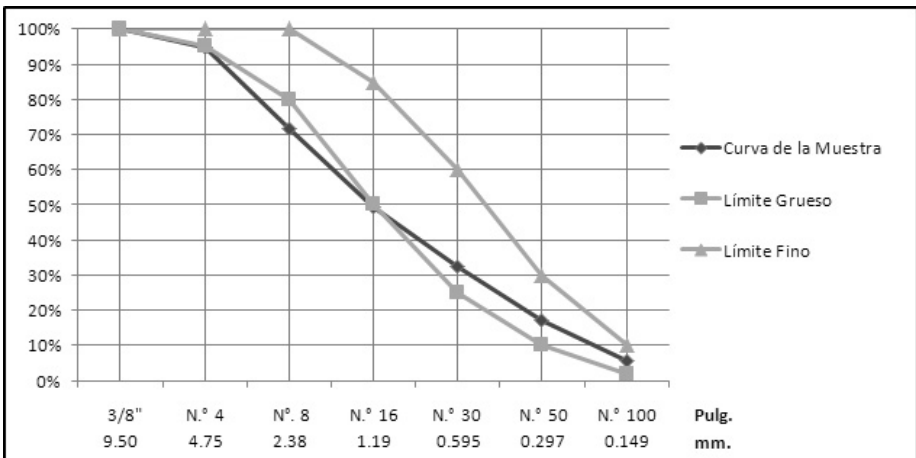
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	538.90	538.90	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
#4	4.75	518.70	571.20	52.50	52.64	5.26%	5.26%	94.74%
#8	2.38	485.40	714.10	228.70	229.32	22.93%	28.20%	71.80%
#16	1.19	429.80	653.60	223.80	224.41	22.44%	50.64%	49.36%
#30	0.595	403.30	574.10	170.80	171.26	17.13%	67.76%	32.24%
#50	0.297	371.20	520.10	148.90	149.30	14.93%	82.69%	17.31%
#100	0.149	343.60	461.80	118.20	118.52	11.85%	94.55%	5.45%
Bandeja		255.20	309.60	54.40	54.55	5.45%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 3.29

Tamaño máximo de la arena: 9.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 5.26%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA

GAT - San Cristóbal

Zona 4

Peso de la muestra: 1000 g Diferencia con el peso total: 1.80 g
 Suma de pesos retenidos: 998.20 g Porcentaje de error: 0.18%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

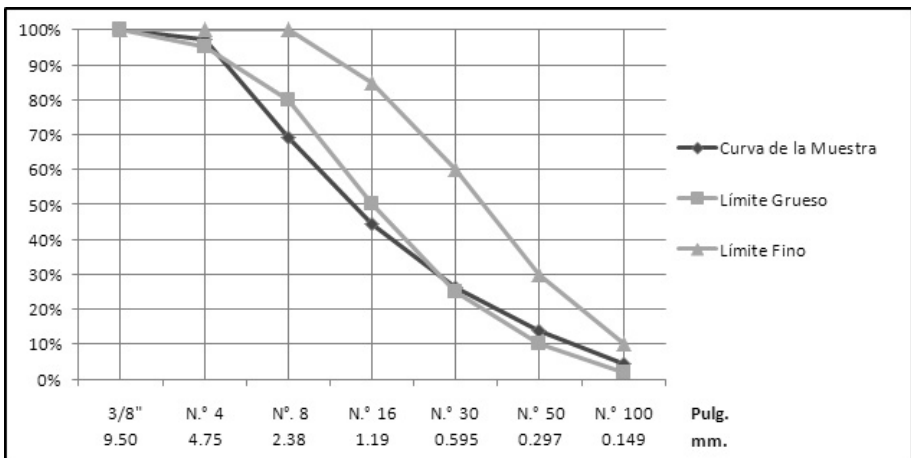
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	549.20	549.20	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
#4	4.75	520.90	548.80	27.90	27.95	2.80%	2.80%	97.20%
#8	2.38	486.70	766.30	279.60	280.10	28.01%	30.81%	69.19%
#16	1.19	419.50	665.60	246.10	246.54	24.65%	55.46%	44.54%
#30	0.595	403.80	587.90	184.10	184.43	18.44%	73.90%	26.10%
#50	0.297	366.60	489.20	122.60	122.82	12.28%	86.19%	13.81%
#100	0.149	348.50	443.20	94.70	94.87	9.49%	95.67%	4.33%
Bandeja		485.20	528.40	43.20	43.28	4.33%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 3.45

Tamaño máximo de la arena: 9.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 2.80%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA

Arenera Marcano - Santo Domingo

Zona 4

Peso de la muestra: 1000 g

Diferencia con el peso total: 45.09 g

Suma de pesos retenidos: 954.91 g

Porcentaje de error: 4.51%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

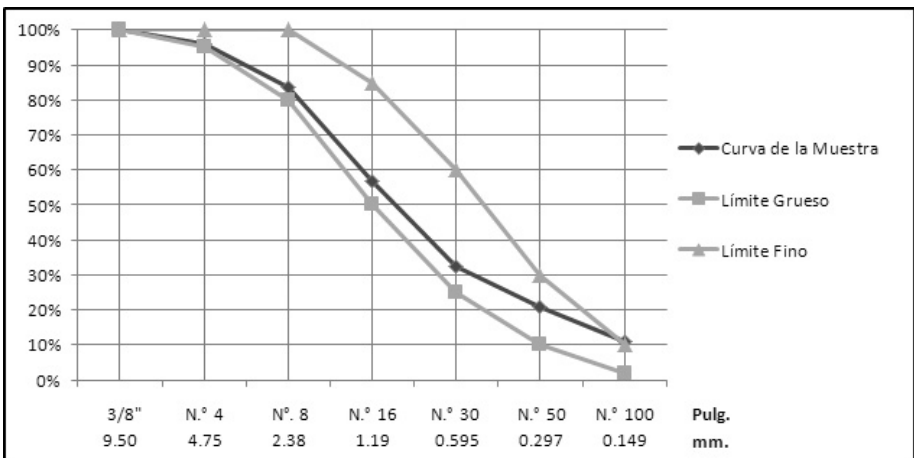
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	549.20	549.20	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
#4	4.75	517.20	555.78	38.58	40.40	4.04%	4.04%	95.96%
#8	2.38	481.40	599.88	118.48	124.07	12.41%	16.45%	83.55%
#16	1.19	419.40	673.48	254.08	266.08	26.61%	43.06%	56.94%
#30	0.595	398.20	630.58	232.38	243.35	24.34%	67.39%	32.61%
#50	0.297	367.10	477.68	110.58	115.80	11.58%	78.97%	21.03%
#100	0.149	347.30	445.08	97.78	102.40	10.24%	89.21%	10.79%
Bandeja		486.10	589.13	103.03	107.89	10.79%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 2.99

Tamaño máximo de la arena: 9.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 4.04%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA

Agregados Nizao (Bisonó) - Yaguatero - San Cristóbal

Zona 4

Peso de la muestra: 1000 g

Diferencia con el peso total: 0.90 g

Suma de pesos retenidos: 999.10 g

Porcentaje de error: 0.09%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

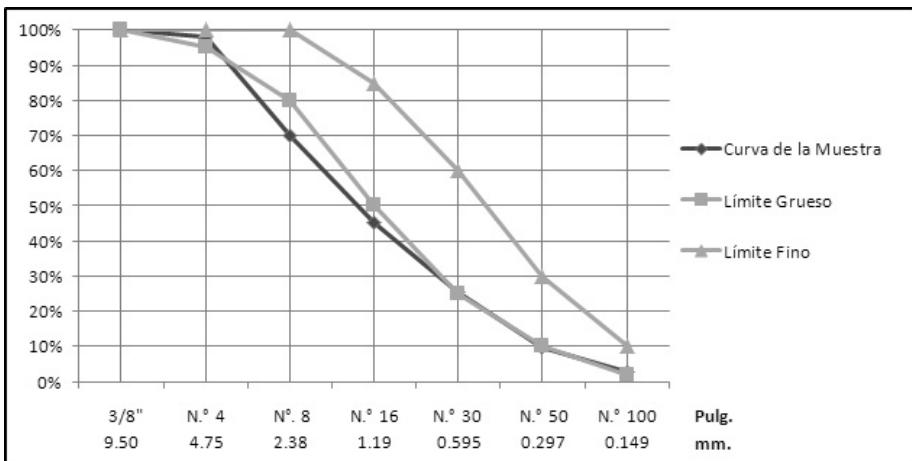
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	548.50	548.50	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
#4	4.75	519.00	538.10	19.10	19.12	1.91%	1.91%	98.09%
#8	2.38	487.40	768.60	281.20	281.45	28.15%	30.06%	69.94%
#16	1.19	430.00	677.00	247.00	247.22	24.72%	54.78%	45.22%
#30	0.595	399.70	599.70	200.00	200.18	20.02%	74.80%	25.20%
#50	0.297	363.70	518.30	154.60	154.74	15.47%	90.27%	9.73%
#100	0.149	346.80	416.10	69.30	69.36	6.94%	97.21%	2.79%
Bandeja		244.20	272.10	27.90	27.93	2.79%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 3.49

Tamaño máximo de la arena: 9.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 1.91%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA
Itabo Alba Sánchez - Santo Domingo
Zona 4

Peso de la muestra: 650 g
 Suma de pesos retenidos: 649.90 g

Diferencia con el peso total: 0.10 g
 Porcentaje de error: 0.02%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

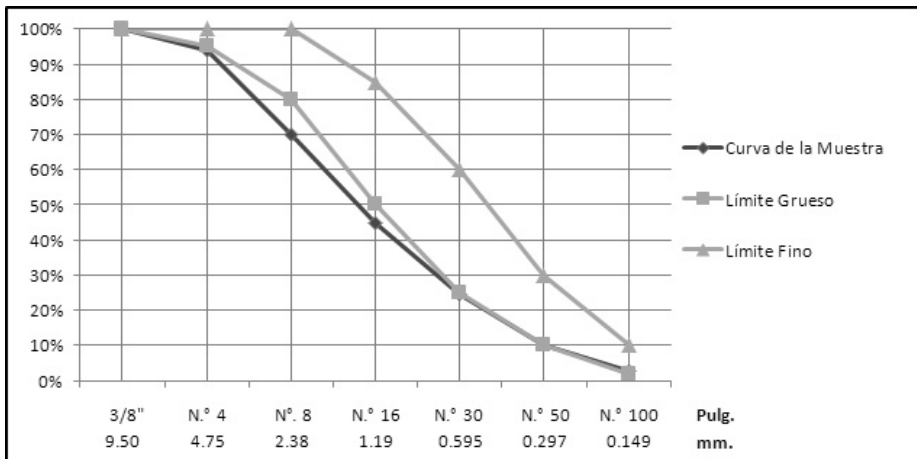
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	543.70	543.70	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
#4	4.75	536.30	575.40	39.10	39.11	6.02%	6.02%	93.98%
#8	2.38	488.00	645.20	157.20	157.22	24.19%	30.20%	69.80%
#16	1.19	425.10	587.40	162.30	162.32	24.97%	55.18%	44.82%
#30	0.595	401.30	532.20	130.90	130.92	20.14%	75.32%	24.68%
#50	0.297	370.00	464.30	94.30	94.31	14.51%	89.83%	10.17%
#100	0.149	351.40	400.30	48.90	48.91	7.52%	97.35%	2.65%
Bandeja		371.00	388.20	17.20	17.20	2.65%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 3.54

Tamaño máximo de la arena: 9.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 6.02%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL
COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA DOCALSA - La toma - San Cristóbal Zona 4

Peso de la muestra: 500 g

Diferencia con el peso total: 1.50 g

Suma de pesos retenidos: 498.50 g

Porcentaje de error: 0.30%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

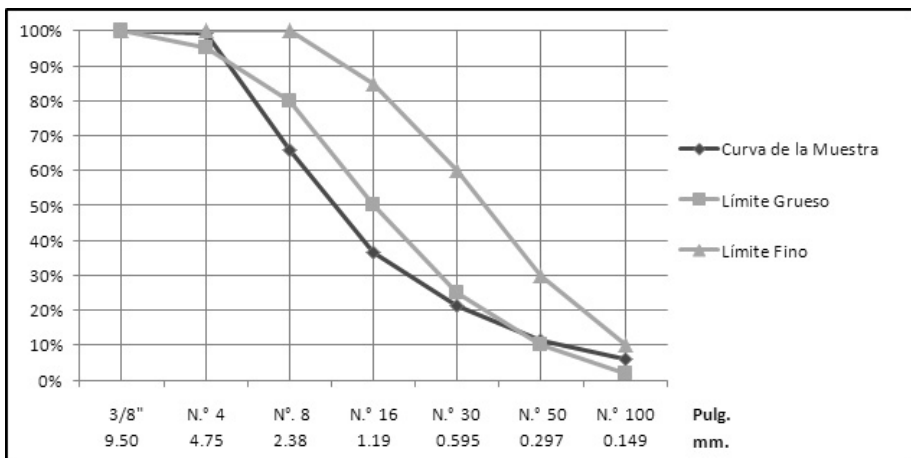
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	548.80	548.80	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
#4	4.75	515.50	519.80	4.30	4.31	0.86%	0.86%	99.14%
#8	2.38	487.10	652.50	165.40	165.90	33.18%	34.04%	65.96%
#16	1.19	429.50	577.00	147.50	147.94	29.59%	63.63%	36.37%
#30	0.595	403.10	477.40	74.30	74.52	14.90%	78.54%	21.46%
#50	0.297	375.70	426.30	50.60	50.75	10.15%	88.69%	11.31%
#100	0.149	343.90	370.50	26.60	26.68	5.34%	94.02%	5.98%
Bandeja		238.80	268.60	29.80	29.89	5.98%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 3.60

Tamaño máximo de la arena: 9.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 0.86%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA

Agregados J & P - Lecheria - Santo Domingo

Zona 4

Peso de la muestra: 950 g Diferencia con el peso total: 14.30 g
 Suma de pesos retenidos: 935.70 g Porcentaje de error: 1.51%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

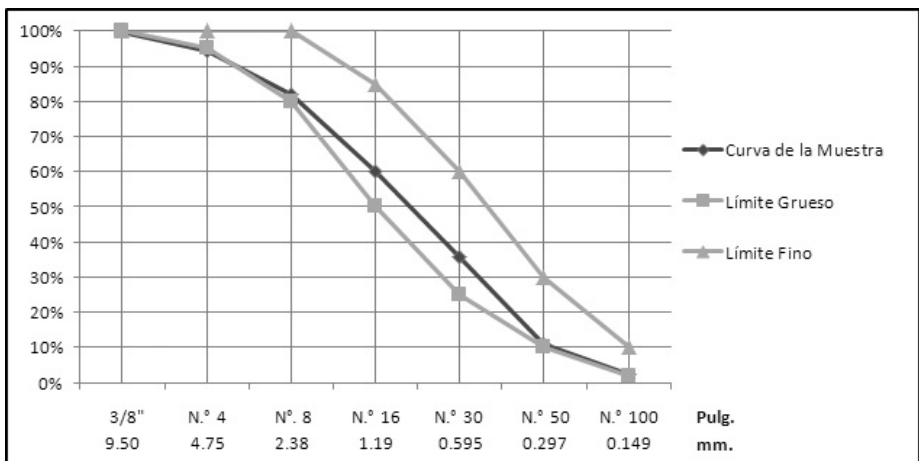
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	549.40	552.20	2.80	2.84	0.30%	0.30%	99.70%
#4	4.75	519.70	568.30	48.60	49.34	5.19%	5.49%	94.51%
#8	2.38	485.80	602.70	116.90	118.69	12.49%	17.99%	82.01%
#16	1.19	430.80	635.50	204.70	207.83	21.88%	39.86%	60.14%
#30	0.595	405.50	634.10	228.60	232.09	24.43%	64.29%	35.71%
#50	0.297	376.60	606.90	230.30	233.82	24.61%	88.91%	11.09%
#100	0.149	347.30	428.80	81.50	82.75	8.71%	97.62%	2.38%
Bandeja		244.30	266.60	22.30	22.64	2.38%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 3.14

Tamaño máximo de la arena: 12.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 5.49%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA

Agregados Camú - La Vega

Zona 1

Peso de la muestra: 912 g

Diferencia con el peso total: 0.60 g

Suma de pesos retenidos: 911.40 g

Porcentaje de error: 0.07%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

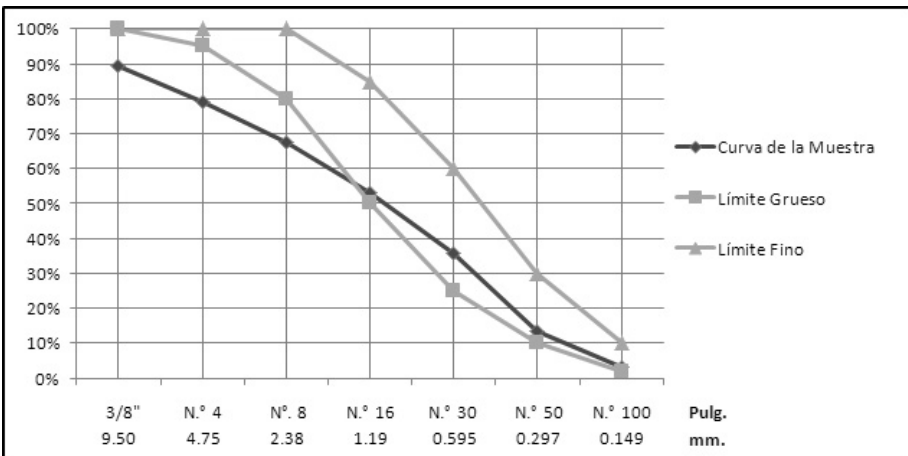
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	548.70	645.00	96.30	96.36	10.57%	10.57%	89.43%
#4	4.75	517.40	610.60	93.20	93.26	10.23%	20.79%	79.21%
#8	2.38	486.70	592.00	105.30	105.37	11.55%	32.35%	67.65%
#16	1.19	430.90	564.00	133.10	133.19	14.60%	46.95%	53.05%
#30	0.595	408.20	567.90	159.70	159.81	17.52%	64.47%	35.53%
#50	0.297	376.00	576.10	200.10	200.23	21.96%	86.43%	13.57%
#100	0.149	346.90	443.40	96.50	96.56	10.59%	97.02%	2.98%
Bandeja		248.00	275.20	27.20	27.22	2.98%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 3.59

Tamaño máximo de la arena: 12.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 20.79%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA

Diómedes Mercedes - Nigua - San Cristóbal

Zona 4

Peso de la muestra: 1000 g

Diferencia con el peso total: 13.40 g

Suma de pesos retenidos: 986.60 g

Porcentaje de error: 1.34%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

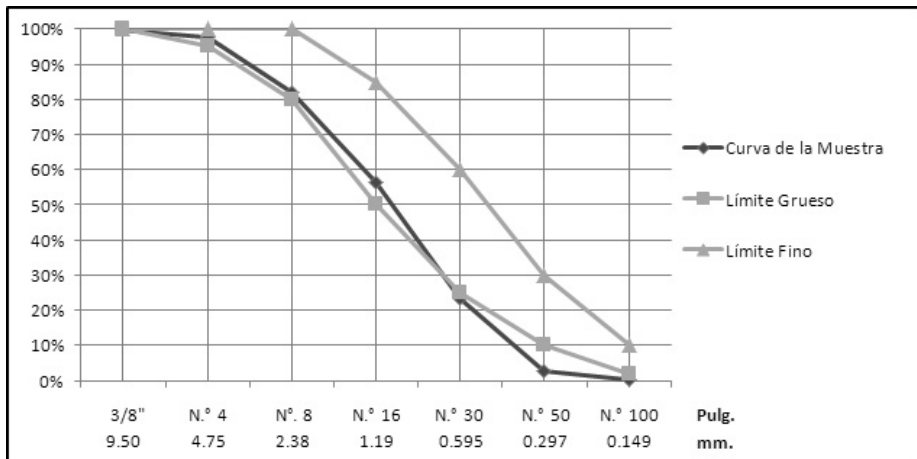
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	548.50	550.80	2.30	2.33	0.23%	0.23%	99.77%
#4	4.75	516.30	539.20	22.90	23.21	2.32%	2.55%	97.45%
#8	2.38	487.40	638.90	151.50	153.56	15.36%	17.91%	82.09%
#16	1.19	429.90	682.40	252.50	255.93	25.59%	43.50%	56.50%
#30	0.595	397.40	725.00	327.60	332.05	33.20%	76.71%	23.29%
#50	0.297	371.70	575.90	204.20	206.97	20.70%	97.41%	2.59%
#100	0.149	343.60	368.70	25.10	25.44	2.54%	99.95%	0.05%
Bandeja		256.20	256.70	0.50	0.51	0.05%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 3.38

Tamaño máximo de la arena: 12.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 2.55%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA

La Altagracia - Bavaro Zona 6

Peso de la muestra: 500 g Diferencia con el peso total: 16.50 g
Suma de pesos retenidos: 483.50 g Porcentaje de error: 3.30%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

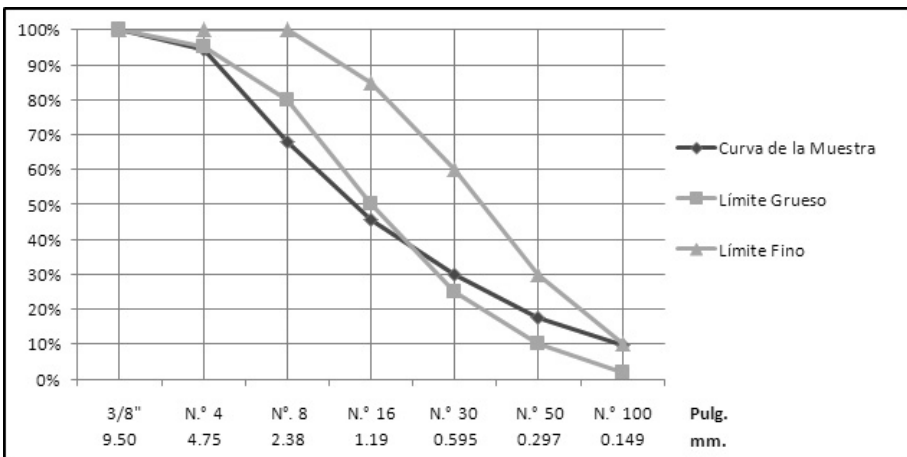
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	548.20	548.20	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
#4	4.75	518.90	546.90	28.00	28.96	5.79%	5.79%	94.21%
#8	2.38	477.50	604.90	127.40	131.75	26.35%	32.14%	67.86%
#16	1.19	431.10	539.30	108.20	111.89	22.38%	54.52%	45.48%
#30	0.595	397.90	473.90	76.00	78.59	15.72%	70.24%	29.76%
#50	0.297	370.20	429.30	59.10	61.12	12.22%	82.46%	17.54%
#100	0.149	347.80	384.70	36.90	38.16	7.63%	90.09%	9.91%
Bandeja		247.60	295.50	47.90	49.53	9.91%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 3.35

Tamaño máximo de la arena: 9.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 5.79%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA

Hoyo de Lima Industrial - Santiago

Zona 1

Peso de la muestra: 500 g

Diferencia con el peso total: 1.10 g

Suma de pesos retenidos: 498.90 g

Porcentaje de error: 0.22%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

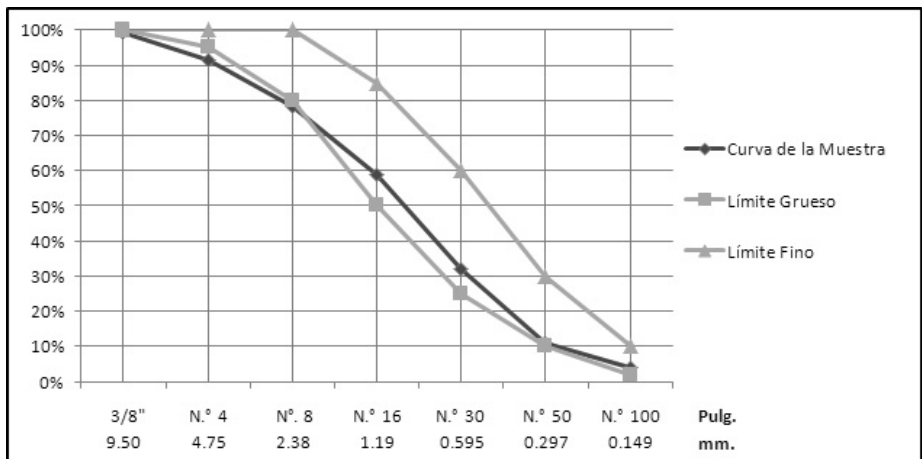
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	549.40	552.10	2.70	2.71	0.54%	0.54%	99.46%
#4	4.75	519.70	559.40	39.70	39.79	7.96%	8.50%	91.50%
#8	2.38	485.80	551.10	65.30	65.44	13.09%	21.59%	78.41%
#16	1.19	430.80	528.40	97.60	97.82	19.56%	41.15%	58.85%
#30	0.595	405.50	539.30	133.80	134.10	26.82%	67.97%	32.03%
#50	0.297	376.60	482.20	105.60	105.83	21.17%	89.14%	10.86%
#100	0.149	347.30	381.60	34.30	34.38	6.88%	96.01%	3.99%
Bandeja		244.30	264.20	19.90	19.94	3.99%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 3.25

Tamaño máximo de la arena: 12.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 8.50%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA

Transvaz - El Pino - La Vega

Zona 1

Peso de la muestra: 500 g

Diferencia con el peso total: 0.30 g

Suma de pesos retenidos: 499.70 g

Porcentaje de error: 0.06%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

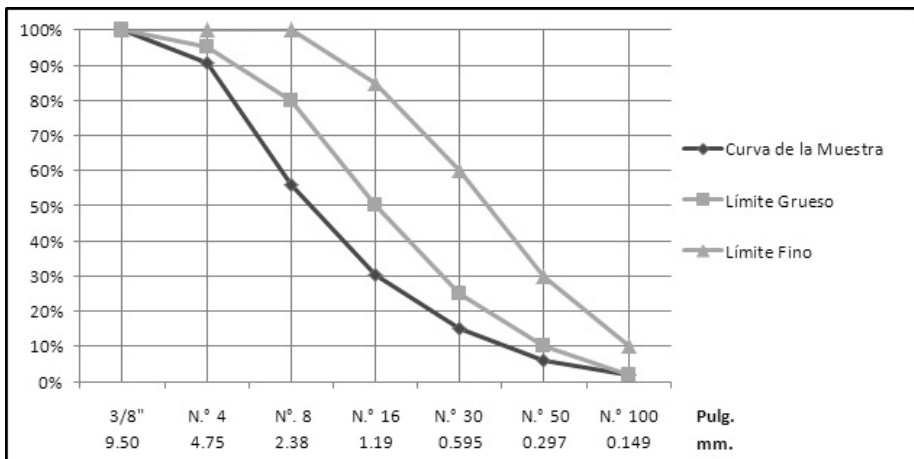
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	539.20	539.20	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
#4	4.75	519.80	565.80	46.00	46.03	9.21%	9.21%	90.79%
#8	2.38	485.70	659.50	173.80	173.90	34.78%	43.99%	56.01%
#16	1.19	429.80	557.10	127.30	127.38	25.48%	69.46%	30.54%
#30	0.595	405.30	482.70	77.40	77.45	15.49%	84.95%	15.05%
#50	0.297	369.80	415.60	45.80	45.83	9.17%	94.12%	5.88%
#100	0.149	344.10	364.40	20.30	20.31	4.06%	98.18%	1.82%
Bandeja		244.10	253.20	9.10	9.11	1.82%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 4.00

Tamaño máximo de la arena: 9.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 9.21%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA
Los Mellos - Nigua - San Cristóbal
Zona 4

Peso de la muestra: 500 g

Diferencia con el peso total: 0.50 g

Suma de pesos retenidos: 499.50 g

Porcentaje de error: 0.10%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

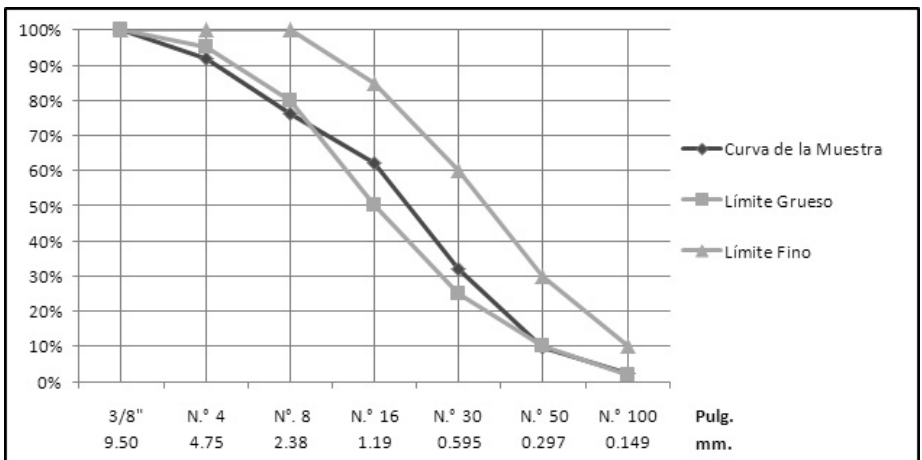
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	548.50	548.50	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
#4	4.75	516.50	557.60	41.10	41.14	8.23%	8.23%	91.77%
#8	2.38	487.30	564.20	76.90	76.98	15.40%	23.62%	76.38%
#16	1.19	429.90	500.70	70.80	70.87	14.17%	37.80%	62.20%
#30	0.595	397.50	549.30	151.80	151.95	30.39%	68.19%	31.81%
#50	0.297	371.40	482.10	110.70	110.81	22.16%	90.35%	9.65%
#100	0.149	344.10	380.20	36.10	36.14	7.23%	97.58%	2.42%
Bandeja		243.90	256.00	12.10	12.11	2.42%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 3.26

Tamaño máximo de la arena: 9.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 8.23%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL
COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA

Agregados Peravia - Baní

Zona 2

Peso de la muestra: 1000 g

Diferencia con el peso total: 7.80 g

Suma de pesos retenidos: 992.20 g

Porcentaje de error: 0.78%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

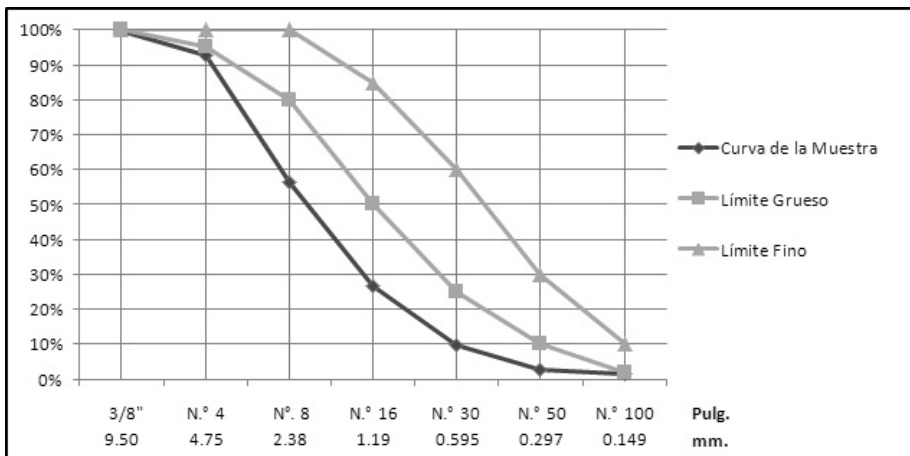
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	548.50	550.60	2.10	2.12	0.21%	0.21%	99.79%
#4	4.75	516.20	586.90	70.70	71.26	7.13%	7.34%	92.66%
#8	2.38	475.70	835.70	360.00	362.83	36.28%	43.62%	56.38%
#16	1.19	402.30	696.50	294.20	296.51	29.65%	73.27%	26.73%
#30	0.595	372.40	541.10	168.70	170.03	17.00%	90.27%	9.73%
#50	0.297	361.20	432.30	71.10	71.66	7.17%	97.44%	2.56%
#100	0.149	344.10	356.30	12.20	12.30	1.23%	98.67%	1.33%
Bandeja		256.10	269.30	13.20	13.30	1.33%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 4.11

Tamaño máximo de la arena: 12.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 7.34%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA

Agregados Punta Cana - Punta Cana

Zona 6

Peso de la muestra: 500 g
 Suma de pesos retenidos: 497.90 g

Diferencia con el peso total: 2.10 g
 Porcentaje de error: 0.42%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

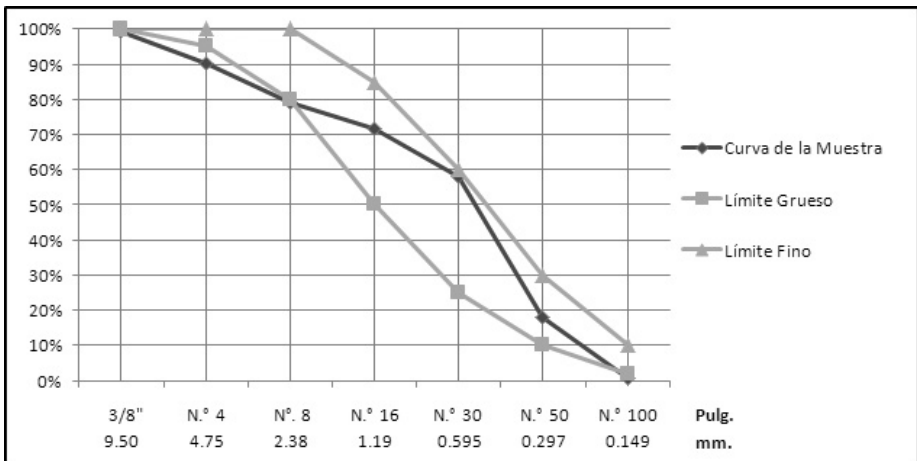
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	491.80	494.30	2.50	2.51	0.50%	0.50%	99.50%
#4	4.75	481.50	527.60	46.10	46.29	9.26%	9.76%	90.24%
#8	2.38	431.30	487.00	55.70	55.93	11.19%	20.95%	79.05%
#16	1.19	430.90	467.00	36.10	36.25	7.25%	28.20%	71.80%
#30	0.595	408.10	476.00	67.90	68.19	13.64%	41.84%	58.16%
#50	0.297	328.10	528.40	200.30	201.14	40.23%	82.06%	17.94%
#100	0.149	314.90	400.30	85.40	85.76	17.15%	99.22%	0.78%
Bandeja		246.40	250.30	3.90	3.92	0.78%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 2.83

Tamaño máximo de la arena: 12.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 9.76%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA

Elsamex - El Seibo Zona 5

Peso de la muestra: 500 g

Diferencia con el peso total: 0.70 g

Suma de pesos retenidos: 499.30 g

Porcentaje de error: 0.14%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

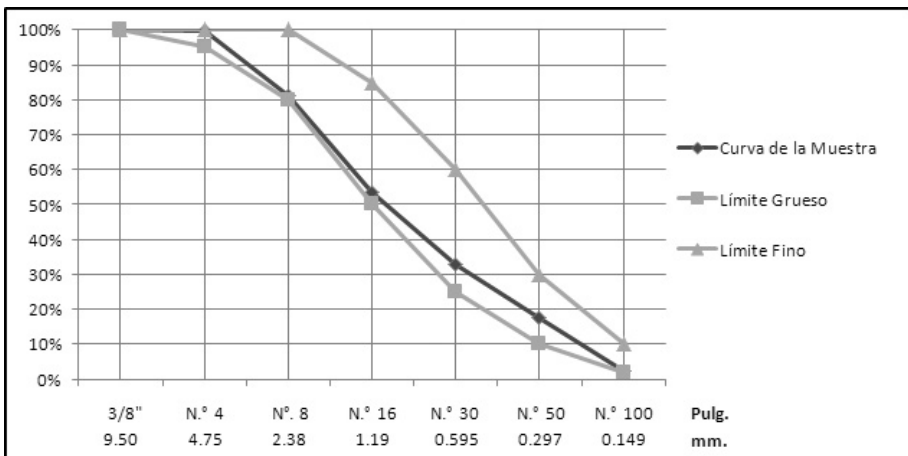
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	491.80	491.80	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
#4	4.75	481.50	482.50	1.00	1.00	0.20%	0.20%	99.80%
#8	2.38	431.30	523.70	92.40	92.53	18.51%	18.71%	81.29%
#16	1.19	430.90	569.40	138.50	138.69	27.74%	46.45%	53.55%
#30	0.595	408.10	511.20	103.10	103.24	20.65%	67.09%	32.91%
#50	0.297	328.10	404.50	76.40	76.51	15.30%	82.40%	17.60%
#100	0.149	314.90	392.10	77.20	77.31	15.46%	97.86%	2.14%
Bandeja		246.40	257.10	10.70	10.72	2.14%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 3.13

Tamaño máximo de la arena: 9.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 0.20%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA

Bonao Industrial - Bonao Zona 1

Peso de la muestra: 1000 g

Diferencia con el peso total: 0.70 g

Suma de pesos retenidos: 999.30 g

Porcentaje de error: 0.07%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

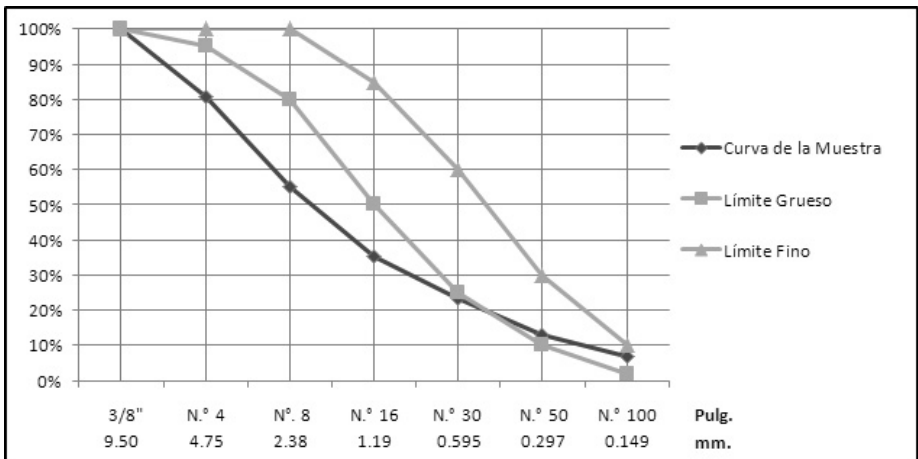
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	549.20	549.20	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
#4	4.75	519.90	712.70	192.80	192.94	19.29%	19.29%	80.71%
#8	2.38	477.90	734.70	256.80	256.98	25.70%	44.99%	55.01%
#16	1.19	430.40	626.50	196.10	196.24	19.62%	64.62%	35.38%
#30	0.595	405.10	524.30	119.20	119.28	11.93%	76.54%	23.46%
#50	0.297	376.00	481.70	105.70	105.77	10.58%	87.12%	12.88%
#100	0.149	346.80	407.70	60.90	60.94	6.09%	93.22%	6.78%
Bandeja		256.00	323.80	67.80	67.85	6.78%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 3.86

Tamaño máximo de la arena: 9.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 19.29%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



RESULTADOS POR PLANTA O GRANCERA

Agregados Ochoa, Sub-estación Victoria - Santiago

Zona 1

Peso de la muestra: 522 g

Diferencia con el peso total: 0.90 g

Suma de pesos retenidos: 521.10 g

Porcentaje de error: 0.17%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

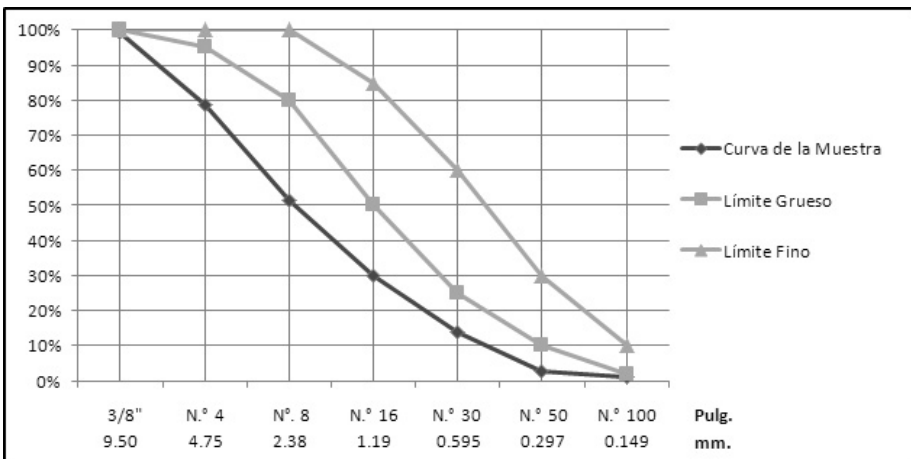
Tamiz N.º	Diámetro Tamiz (mm)	Peso Tamiz (g)	Peso Tamiz + Arena retenida (g)	Peso de arena retenida (g)	Peso de arena retenida corregida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% más Fino
3/8 "	9.50	539.50	544.20	4.70	4.71	0.90%	0.90%	99.10%
#4	4.75	482.90	589.00	106.10	106.28	20.36%	21.26%	78.74%
#8	2.38	487.50	630.50	143.00	143.25	27.44%	48.70%	51.30%
#16	1.19	431.20	543.20	112.00	112.19	21.49%	70.20%	29.80%
#30	0.595	406.10	490.00	83.90	84.04	16.10%	86.30%	13.70%
#50	0.297	371.00	427.90	56.90	57.00	10.92%	97.22%	2.78%
#100	0.149	346.80	355.30	8.50	8.51	1.63%	98.85%	1.15%
Bandeja		260.00	266.00	6.00	6.01	1.15%	100.00%	0.00%

Módulo de finura: 4.23

Tamaño máximo de la arena: 12.50 mm

% Retenido mayor del tamiz N.º 4: 21.26%

CURVA GRANULOMÉTRICA REAL COMPARADA CON ENTORNOS ESPECIFICADOS (ASTM C-33)



ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

1. La curva granulométrica promedio refleja plenamente la tendencia generalizada de porcentos más finos o pasados, inferiores a los especificados en la tabla N.º 2, para los tamices desde 3/8" hasta el N.º 16, siendo más notable en el tamiz N.º 8.
2. En 23 de las 25 plantas o granceras muestreadas, el tamaño máximo supera los 4.75 mm, límite establecido por la malla N.º 4 especificada por la ASTM C 33. Del total de la muestra promedio, un 6.90 % en peso supera la frontera entre el agregado fino y el grueso.
3. Como consecuencia de los puntos anteriores, 22 de las 25 plantas o granceras muestreadas superan el límite grueso del entorno recomendado para el módulo de finura de la arena para hormigón (mayor que 2.3 y menor que 3.1) con un promedio general de 3.51.
4. Como aspecto positivo en general, no se aprecian tramos de líneas rectas en las curvas granulométricas, indicativo de discontinuidades o carencia de tamaños intermedios. De igual forma, no se aprecian tramos verticales en dichas curvas, lo que indica los altos volúmenes de igualdad de tamaño, o sea, arenas de granos homogéneos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La investigación exploratoria demuestra plenamente la hipótesis planteada.

Si bien las granulometrías se comportan de forma continua, la caracterización de las arenas en el mercado nacional, en general, se presenta como gruesa, tanto por su tamaño máximo, como por los altos porcentajes retenidos en los tamices superiores. Esto es reflejado en las curvas granulométricas, así como también el elevado módulo de finura promedio.

El tener una granulometría continua o corrida hace que la mezcla de agregados logre bajos porcentos de vacíos y por ende mayor masa unitaria. Este aspecto es positivo, sin embargo, un agregado fino con alto por ciento de

retenido en los tamices altos de su serie, y un tamaño máximo por encima de lo especificado, afecta la trabajabilidad y bombeabilidad de la mezcla, y como consecuencia, impacta negativamente en la porosidad y la contracción plástica del hormigón. Esta falta de calidad granulométrica, se compensa con una mayor cantidad de arena a la hora de diseñar la mezcla, provocando entonces, un aumento de la superficie específica a cubrir por la pasta y por tanto un mayor requerimiento de cemento por adherencia. Esto trae como consecuencia también menor resistencia por parte del hormigón, por insuficiente adherencia entre la pasta y la arena, y/o mayores costos del hormigón al necesitar más cemento para satisfacer los requerimientos de adherencia entre la pasta y la arena. Esta alta cantidad de arena en dosis ocasiona además un desequilibrio en la oferta y demanda de la piedra y la arena, escaseando esta última con relación a la primera en sentido general.

Como recomendación, se impone la necesidad de cumplir y hacer cumplir los parámetros granulométricos establecidos para agregados finos en la elaboración del hormigón. Para ello se hace necesario, por parte de los productores tomar las medidas correctivas de lugar relacionadas en este trabajo, evaluando las deficiencias o insuficiencias de cada planta o grancera en particular, asimismo, se podrá poner en conocimiento del Ministerio de Obras Públicas, de DIGENOR y de la propia Asociación de Productores de Agregados estos resultados, para establecer mecanismos de fiscalización y control. Con esto se da un paso y se hace un valioso aporte al sector constructivo, posibilitando que las estructuras de concreto sean cada vez más resistentes y económicas.

BIBLIOGRAFÍA

- American Society for Testing Materials (1999). C33-C33M-11a: Standard Specification for Concrete Aggregates. En *1999 annual book of ASTM standards, section 4 construction, volume 04.02 concrete and aggregates*. West Conshohocken, PA: ASTM.
- Hornbostel, C. (1999). *Materiales para construcción*. Mexico, DF.: Editorial Limusa, S.A.
- Instituto de Ingeniería, UNAM (1994). *Manual de tecnología del concreto*. Comisión Federal de Electricidad. México: Limusa Noriega Editores.
- Jiménez Montoya, P. (2000). *Hormigón armado*. (14ª ed.) EHE.
- Mamlouk, M. S., & Zaniewski, J. (2009). *Materiales para ingeniería civil*. Madrid: Pearson Educación.
- Toirac Corral, J. (2009). La resistencia a compresión del hormigón, Condición necesaria pero no suficiente para el logro de la durabilidad de las obras. En *Ciencia y Sociedad*, 34 (4), 463-504.

Recibido: 27/06/2012

Aprobado: 30/07/2012

