

CAPITULO VII

CONTROL DE CALIDAD.

En términos generales control de calidad significa, diseñar metodologías para lograr los objetivos en una forma eficiente, o un conjunto de técnicas gerenciales y estadísticas que tienen como propósito el diseño o mejoramiento de los procesos. En nuestro caso los factores que afectan la calidad del concreto se describen a continuación.

Es importante en la fabricación de los concretos y los morteros controlar que los agregados cumplan ciertas propiedades como son limpieza, sanidad, resistencia y forma de las partículas. Se dice que un agregado es limpio si no contiene en exceso arcilla, limo, mica, materia orgánica, sales químicas y granos recubiertos. Un agregado es sano si mantiene la estabilidad en su forma con cambios de temperatura o humedad y resiste la acción de la intemperie sin descomponerse. Para que un agregado pueda considerarse de resistencia adecuada, debe ser capaz de desarrollar toda la resistencia propia del aglomerante. Cuando la resistencia al desgaste es importante, el agregado debe ser duro y tenaz. Las partículas planas o alargadas perjudican la docilidad del concreto, debido a lo cual es necesario utilizar mezclas con más arenas y, en consecuencia, más cemento y agua.

NORMAS O ESPECIFICACIONES.

7.1. ARENAS

Para que las arenas puedan ser utilizadas en la fabricación de morteros o concretos, deberán cumplir con ciertas especificaciones, ya sean generales (de las cuáles hablaremos posteriormente) o especificaciones especiales y particulares de cada obra, que establezca la comisión encargada del control de calidad de los concretos o morteros.

- **PROPIEDADES FISICAS.**

- 1.- Granulometría.

2.- Peso específico y absorción

3.- Peso volumétrico.

4.- Abrasión

5.- Forma y redondez de las partículas

- GRANOLUMETRÍA.

La granulometría de un agregado afecta al concreto en el sentido económico, ya que si este tiene una mala graduación (deficiencias, o exceso de un mismo tamaño de partícula), por lo cual provoca mezclas con mayor cantidad de huecos ó vacíos entre partículas, por lo tanto se requerirá mayor cantidad de cemento para llenar estos vacíos, y nos resulta más costoso que los agregados.

De otra forma, cuándo se usan cantidades excesivas de arena, puede producir concretos no económicos, debido a que se incrementan las áreas de contactos entre las partículas, estas se tendrán que cubrir por el cementante.

El tamaño máximo de las gravas tiene un efecto en el área específica del agregado disminuyendola. Si se incrementa dentro de ciertos límites, se necesitara menor cantidad agua-cemento, pero será más difícil su trabajabilidad

Los límites permisibles de variación para cada una de las fracciones comprendidas entre dos tamices de esta serie deberán estar de acuerdo con la aplicación a que se destine la arena. En arenas para concretos y morteros de mampostería los límites recomendados son:

TAMIZ	ABERTURA (mm)	LIMITES RECOMENDADOS (porcentajes que pasan)					
		Arena natural o manufacturada para concreto		Arena natural para mortero de mampostería		Arena ma- nufacturada para morte- ro de mam- postería. min max	
		min	max	min	max	min	max
3/8"	9.51	100	100	100	100		
1/4"	6.35	96	100	100	100		
No.4	4.76	92	100	95	100	100	
No.8	2.38	80	100	90	100	95	100
No.16	1.19	50	85	70	100	70	100
No.30	0.595	25	60	40	75	40	75
No.50	0.297	10	30**	10	35	20	40
No.1000.149	2	12	2	15	10	25 *	

** La arena para revestimiento de concreto deberá contener como mínimo un 15% de material entre las mallas, de manera que pase la 50 y se retenga en la 100.

* La arena para morteros no deberán contener más del 10% de material que pase la malla 200 (abertura de 0.074).

Una forma de conocer o expresar las características granulométricas de una arena es el número llamado módulo de finura, que representa la suma de los porcentajes de material retenidos acumulados en peso en los seis tamices de la serie normal, desde el no. 4 hasta la no. 100 inclusive, y dividiendo la suma entre 100.

En arena para concreto el porcentaje de material comprendido entre dos tamices consecutivos cualesquiera no debe exceder del 50%, tampoco el módulo de finura ser menor de 2.3 ni mayor de 3.25.

Respecto a la uniformidad de las arenas para concreto, tenemos que la variación máxima aceptable del módulo de finura de cada diez muestras, nueve de ellas consecutivas no podrán variar más de 0.25 del módulo de finura promedio de las diez muestras.

En el caso de que el módulo de finura de diez muestras consecutivas difiera en más de 0.25 del módulo de finura promedio, o diseñado para la mezcla de concreto, se deberá rechazar la arena o llevar a cabo los ajustes necesarios en las proporciones, de manera que la arena se ajuste a la uniformidad requerida.

- PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN .

El peso específico se define como la relación del peso en el aire de un volumen dado de material al peso en el aire de un volumen igual de agua destilada a una temperatura estipulada.

Normalmente puede esperarse que cuando una arena tenga peso específico bajo falle en algunas de las pruebas de calificación en que existen límites determinados . No obstante se dan casos de arenas que aún siendo de bajo peso específico producen resultados satisfactorios en todas las pruebas .

El peso específico de la arena se maneja cuando esta se encuentra superficialmente seca y el concepto de absorción en condición saturada cuando los concretos o morteros estén expuestos a intemperismo severos se requerirá en la arena un peso específico mínimo de 2.5.

- PESO VOLUMETRICO

Este peso se determina para uso de laboratorio en condiciones de humedad ambiental, de acuerdo con el método de prueba ASTM C 29, pero para ser usado como factor de conversión de pesos a volúmenes en obra, será mas correcto manejarlo de acuerdo con las condiciones de humedad en que se encuentre la arena en el momento que se maneja.

- SUSTANCIAS DELETEREAS

Llamaremos así a todas aquellas sustancias que puedan provocar deterioros de cualquier propiedad o característica del concreto o mortero, contenidas en este caso en las arenas.

Las sustancias deletéreas más comunes y sus límites aceptables máximos recomendados son:

CONCEPTOS	LIMITES RECOMENDADOS
Partícula desmenuzables	1% en peso, máximo
Material que pasa la malla No.200	
Concreto sujeto a erosión	3% en peso, máximo
Cualquier otro concreto	5% en peso, máximo
Carbón y lignito	1% en peso, máximo
Materia Orgánica	color más claro que el color patrón de referencia.
Minerales que reaccionan con los álcalis del cemento	Expansión menor de la permisible, de acuerdo con la edad de prueba y las características del cemento.

El contenido de las partícula desmenuzable en la arena, se deberá determinar, considerando las partícula que no pasen la malla no. 30, de acuerdo con el método de prueba ASTM C 142.

El contenido de material que para la malla no. 200 en la arena, deberá determinarse por vía humedad, de acuerdo con el método de prueba ASTM C 117. Si se comprueba que el material que para la malla no. 200 está compuesto por partículas de la misma composición y procedencia que la arena, podrán ampliarse límites permisibles del 5% máximo para concreto sujeto a erosión y a 7% máximo para cualquier otro concreto.

Para determinar el contenido de materia orgánica dentro de una arena, se hace una primera prueba en solución de hidróxido de sodio al 3% de acuerdo con el método de prueba ASTM C 40, si el color adquirido después de 24 horas en la muestra, es similar ó más claro al patrón de referencia, se considerará aceptable el contenido de materia orgánica si el color que se produce en la solución es más oscuro que el patrón de referencia, deberá rechazarse dicha arena a menos que se satisfagan algunos de los siguientes requisitos :

1.- Que se compruebe que el color se debe a cantidades reducidas de materiales tales como el carbón, lignito, óxido de hierro, etc. y cuya presencia resulte tolerable bajo estas condiciones ó limitaciones, respecto del uso del concreto ó mortero a fabricar.

2.- Que se compruebe que el mortero fabricado con la arena en cuestión, produce una resistencia a los 7 y 28 días no menor al 95% de la que corresponde al mismo mortero, pero utilizando para su fabricación arena lavada con solución de hidróxido de sodio al 3%, conforme a lo establecido en el método de prueba ASTM C 87.

Puede considerarse el uso de una arena rechazada si se le somete a algún medio de tratado, de manera que al someterla a la prueba nos produzca ahora resultados positivos; ya sea en la prueba del color ó que cumpla con algunos de los 2 requisitos posteriores.

Puede aceptarse el uso de una arena, aún después de saber que contiene minerales potencialmente reactivos a los álcalis del cemento, para la fabricación de un concreto que estará expuesto a condiciones húmedas, siempre y cuando cumpla con algunas de las siguientes condiciones:

1.- Que el cemento empleado contenga menos del .6% de álcalis (Na₂O).

2.- Que se adicione al mortero ó concreto un material eficiente para producir una reducción mínima de 75% en la expansión comparativa de morteros ensayados de acuerdo con el método de prueba ASTM C 441.

3.- Que se compruebe que el concreto o mortero fabricado con la arena en cuestión y el cemento especificado de acuerdo con el método de prueba AS+MC227 produce una expansión inferior al 10% a los 6 meses de edad.

Cuando el concreto o mortero a fabricar no estará expuesto a humedecimiento, puede usarse arena o minerales potencialmente reactivos a los álcalis del cemento.

Este concepto significa, la capacidad de la arena para resistir la acción de los agentes naturales, que en conjunto constituyen el fenómeno conocido como intemperismo.

Para determinar la sanidad de la arena se lleva a cabo tomando las partículas mayores que la malla No. 50 sometiéndolas a la acción desintegrante de soluciones saturadas de sulfatos de sodio o sulfato de magnesio, por ciclos sucesivos de saturación y secado, conforme al método de prueba ASTM C88. Las pérdidas máximas permisibles en peso, calculadas de acuerdo con la granulometría original de la muestra y después de los 5 ciclos completos, son en solución saturada de sulfato de sodio al 10% máximo y en solución saturada en sulfato de magnesio al 15%.

Cuando las pérdidas de material estén dentro de lo permisible, deberá incluirse en la prueba el material retenido en la malla No. 4; por el contrario, cuando las pérdidas sean mayores a las permisibles, podrá excluirse de ésta. El material retenido en la malla No. 4 y considerarse como parte de la grava y no de la arena.

Si después de someter nuestra muestra de arena a cinco ciclos de saturación y secado en sulfato de sodio o de sulfato de Magnesio, encontramos que las pérdidas de material en peso, exceden los porcentajes límites, podremos entonces rechazar el uso de dicha arena, para la fabricación de concretos y morteros que estarán expuestos a condiciones extremas de intemperismo, tales como cambios extremos de humedad y temperatura, contacto permanente o frecuente con agua, hielo y deshielo o contacto con suelos agresivos.

Podemos emplear una arena que no haya pasado la prueba de sanidad, siempre y cuando satisfaga alguna de las siguientes recomendaciones:

1.- Tener alguna experiencia o que se compruebe que el concreto fabricado con tal arena ha tenido resultados satisfactorios en concretos expuestos a similares condiciones a las que requerimos.

2.- Que se compruebe que la pérdida excesiva de material en la prueba, no fue originada por material alterado geológicamente, y que podemos obtener buenos concretos o morteros con la arena en cuestión, que cumplan con todos los requisitos y especificaciones requeridas; empleando una cantidad de cemento similar a la requerida, utilizando una arena de buena sanidad.

3.- En el caso de arenas trituradas, que se demuestre que la pérdida excesiva de peso, fue originada por el desgaste de las aristas de los fragmentos, sin la desintegración de partículas, y que esta arena permite fabricar concretos o morteros que cumplan con todos los requisitos o especificaciones generales o especiales para nuestro caso en particular, utilizando una cantidad de cemento similar al que se usaría en la fabricación del mortero o concreto con una arena de buena sanidad.

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION.

Para la obtención del peso específico y la absorción de la grava, se hará en condición saturada y superficialmente seca, de acuerdo al método de prueba ASTM C127.

PARTICULAS LIGERAS.

Se consideran partículas ligeras a los fragmentos que se retienen en la malla No. 50 y cuyo peso específico saturado y superficialmente seco, son sustancialmente menor que el peso específico medio de la arena en conjunto, en las mismas condiciones.

7.2. GRAVAS

Las gravas útiles para la fabricación de concretos, deberán al igual que las arenas, cumplir con una serie de características o propiedades generales de las cuales trataremos, y en casos especiales, deberán cumplir con las especificaciones que se consideren en cada caso, de acuerdo a la comisión encargada del control de calidad de los concretos para cada caso en particular.

PROPIEDADES FISICAS.

Composición granulométrica.

Los cambios en las características granulométricas, no tienen efectos muy notables respecto de las propiedades del concreto, como en el caso de las arenas es muy frecuente permitir cierta que estas pruebas se lleven a cabo en las fracciones de grava, como se indica en el análisis granulométrico de contenidos mínimos retenidos en cada malla o tamiz.

Las tolerancias en el contenido de material que pasa la malla no. 4 será conforme al tamaño máximo del intervalo dimensional abarcado por la grava como se indica:

INTERVALO NOMINAL QUE CORRESPONDE A LA GRAVA	CONTENIDO MAXIMO PERMISI- BLE DE ARENA EN PESO
4.8- 9.5 mm	15%
4.8- 12.7 mm	15%
4.8- 19.1 mm	10%
4.8- 25.4 mm	10%
4.8- 38.1 mm	5%
4.8- 50.8 mm	5%

Los límites recomendados para la composición granulométrica de gravas naturales cuando se separan en fracciones de acuerdo con la serie usual de tamices son los siguientes.

INTERVALO NOMINAL DE FRACCIONES TABLA.

INTERVALOS NOMINALES DE LAS FRACCIONES	TAMANO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO (MM).			
	19.1	38.1	76.2	152.4
4.8- 9.5 mm	27-45%	15-25%	10-15%	8-15%
9.5- 19.1 mm	55-73%	30-35%	15-25%	12-20%
19.1-38.1 mm		40-55%	20-40%	20-30%
38.1-76.2 mm			20-40%	20-32%
76.2-152.4 mm				20-35%

Podrá admitirse el empleo de una grava cuya granulometría no quede dentro de los límites recomendados, siempre y cuando se demuestre que en esas condiciones produce mezclas de concreto fresco de características adecuadas para la obra en que se aplique, y que permite obtener las propiedades requeridas en el concreto endurecido, empleando un consumo de cementante del mismo orden del que se requiere con el uso de la misma grava que cumple con los límites recomendados.

PESO ESPECIFICO

En concretos expuestos a un intemperismo agresivo esto es: cambios bruscos de temperatura y humedad, exposición continua del agua o suelos agresivos. Deberá requerirse un peso específico mínimo de 2.5 en la grava a utilizar.

En la construcción de concretos expuestos a condiciones de servicio menos severos, podrá admitirse gravas con peso específico menor y que cumpla satisfactoriamente con todos los ensayos en que existan límites específico y que permita obtener las características requeridas en el concreto a fabricar.

SUSTANCIAS DELETEREAS.

Se consideran sustancias deletéreas en la grava a aquellas que produzcan un deterioro en cualquier propiedad del concreto conveniente a nuestras necesidades.

Las sustancias deletéreas más comunes en las gravas y sus límites máximos permisibles son.

TABLA DE LIMITES RECOMENDADOS

CONCEPTOS	LIMITES RECOMENDADOS
PARTICULAS DESMENUZABLES	0.25% EN PESO, MAXIMO
PARTICULAS SUAVES.	
EN CONCRETO SUJETO A EROSION	1.00% EN PESO, MAXIMO
EN CUALQUIER OTRO CONCRETO	5.00% EN PESO, MAXIMO
PEDERNAL, COMO IMPUREZA:	
EN EXPOSICION SEVERA	1.00% EN PESO, MAXIMO
EN EXPOSICION BENIGNA	5.00% EN PESO, MAXIMO
MATERIAL QUE PASA LA MALLA 200	1.00% EN PESO, MAXIMO
CARBON Y LIGNITO.	
EN CONCRETO APARENTE	0.50% EN PESO, MAXIMO
EN CUALQUIER OTRO CONCRETO	1.00% EN PESO, MAXIMO
MINERALES QUE REACCIONAN CON LOS ALCALIS DEL CEMENTO	EXPANSION MENOR DE LA PERMISIBLE, DE ACUERDO CON LA EDAD DE PRUEBA Y LAS CARACTERISTICAS DEL CEMENTO.

La limitación en el contenido de pedernal se aplica cuando este se presenta como impureza, o sea, que se desintegra durante los cinco ciclos de la prueba de sanidad (saturación y secado en solución saturada de sulfato de sodio o sulfato de magnesio), o cuando el pedernal tiene un peso específico menor de 2.35 en condiciones saturadas y superficialmente seca.

En el caso de gravas trituradas, si se comprueba que el contenido de finos es producto de la trituración (polvos de la misma mineralogía de la roca), el porcentaje máximo permitido en peso, se deberá ampliar al 1.5%.

En presencia de minerales calificados como potencialmente reactivos con los álcalis del cemento, debe de objetarse el empleo de la grava en concretos cuyas condiciones de servicio los mantengan húmedos a menos que :

1.- Se emplee un cemento que contenga álcalis en un porcentaje menor al 6% en peso (Na_2O),

2.- Se adicione al concreto un material eficiente para reducir el 75% de la reacción de expansión con respecto a morteros fabricados con gravas sin minerales reactivos al álcalis de acuerdo al método de prueba ASTM C 441.

3.- Se compruebe que el concreto fabricado con la arena y grava propuestas y el contenido del cemento especificado pueda producir concretos con una expansión menor al .1% a los seis meses de edad, estos ensayos deberán llevarse a cabo, conforme a lo aplicable del método de prueba ASTM C 227, pero adoptando el procedimiento de fabricación y el tamaño de especímenes del método de prueba ASTM C 157.

La presencia de minerales potencialmente reactivos con los álcalis del cemento, no será motivo para rechazar la grava o arena si el concreto a fabricar no estará expuesto a condiciones de humedad constante o alterada (seco-humedo).

SANIDAD.

Para el efecto de estudio de fabricación de concretos, entendemos por sanidad a la capacidad de las gravas de resistir los efectos de la naturaleza o medio ambiente, es decir, al intemperismo.

Para determinar la sanidad de una grava, es conveniente separarla por fracciones de tamaños, de acuerdo al intervalo de tamaños que nos proporcionan los tamices o mallas adecuadas para las gravas y someter a estas a un proceso de saturación de sulfato de sodio o sulfato de magnesio por ciclos sucesivos de saturación y secado conforme al método de prueba ASTM C 88.

Las pérdidas máximas admisibles en peso, calculadas de acuerdo, con la granulometría del total de la grava y después de cinco ciclos completos serán:

a) En solución saturada de sulfato de sodio=12% máximo.

b) En solución saturada de sulfato de magnesio=18% máximo.

Para el cálculo de éstas pérdidas no se incluirán en ningún caso, el material que para la malla No. 4, aun cuando el contenido de este material se encuentre dentro de los límites permisible, ya sea que se trate de una grava procesada o de una grava natural con sus contenidos de arena por defectos en un proceso de separación; el contenido de arena deberá procesarse por separado de acuerdo al método de prueba respectivo.

Cuando la grava sufra una pérdida superior al límite máximo recomendado, se rechazará su empleo en concretos que estarán expuestos a condiciones de humedad, contacto con agua permanente o ciclos de humedad y secado, cambios extremos de temperatura, contactos con suelos agresivos o expuestos a cualquier tipo de erosión agresiva.

Cuando la grava se emplea para la fabricación de concretos que no estarán expuestos a condiciones de intemperismo severos, podrán usarse grava que hayan sufrido pérdidas mayores a los límites máximos permisibles en las pruebas de saturación, siempre y cuando cumpla con cualquiera de los siguientes requisitos:

1.-Que se compruebe que la grava, ha producido concretos con resultados satisfactorios, en condiciones similares a las previstas.

2.-Que se demuestre que el origen de la perdida no es producto de material alterado, y que la grava permite obtener concretos que cumplen con los requisitos especificados, empleando una cantidad similar de cemento al empleado en un concreto fabricado con grava de buena sanidad.

PARTICULAS LIGERAS.

Si en una obra determinada no existen limitaciones particulares para el contenido de partículas ligeras en la grava, es frecuente que se permita el uso de una grava, independientemente de su contenido de partículas ligeras, si se satisface los requisitos generales de calidad y se permite obtener las características requeridas en el concreto en que se aplica.

PESO VOLUMÉTRICO.

El peso volumétrico de la grava no constituye un dato que en si mismo permita juzgar su calidad, excepto en el caso de ciertas gravas manufacturadas cuyo peso volumétrico puede ser un índice de la uniformidad lograda en su obtención. En este caso se encuentra la escoria de alto horno enfriada al aire, en la cuál generalmente se requiere un peso volumétrico compacto mínimo de 1120 kg/m³.

ABRACION.

La resistencia a la abrasión, se determinará preferentemente en la máquina de los ángeles, de acuerdo con el método de prueba ASTM C 131 y ASTM C 535, alternativamente podrá usarse el método de prueba ASTM D 289 usando la maquinaria de Deval.

Cuando se aplique la maquinaria de los ángeles para la prueba de abrasión de la grava, la pérdida máxima admisible por abrasión, será del 50% en peso determinada sobre la granulometría más parecida a la que se usará en la obra.

La grava que produzca una pérdida mayor a la máxima permisible, deberá rechazarse en los casos que pueda tener una influencia determinante en el comportamiento del concreto resultante.

Podrá utilizarse una grava que haya tenido una pérdida mayores al 50% en peso, en la maquinaria de los ángeles, siempre y cuando, el concreto no esté sujeto a condiciones de servicio, en los que se exponga a una abrasión considerable, y que pueda producir concretos que cumplan con las características requeridas, con una cantidad de cemento similar, al requerido si se fabricara con una grava que satisfaga la prueba de la abrasión.

Las rocas son materiales aprovechados tradicionalmente como agregados en la elaboración de concretos, utilizado en la mayoría de las construcciones. Sin embargo, cada tipo de roca posee características fisicoquímicas propias que implican mayor o menor afinidad con el cemento, lo cual es indicativo de la posibilidad de desarrollo de reacciones negativas posteriores a la construcción, tales como agrietamiento, pérdida de cohesión y resistencia, deterioro acelerado, etc.

Otras pruebas para llevar a cabo un estricto control de calidad en el material rocoso son: pruebas de resistencia a la compresión axial, petrografía y análisis químicos, cuyo objetivo de estudio puede ser sintetizado de la siguiente manera:

-PETROGRAFÍA Y ANÁLISIS QUÍMICOS:

Detectar y cuantificar minerales con superficies demasiado tersas o vítreas que abaten la adherencia con el cemento, tales como los vidrios o minerales. Criptocristalinos (vidrios volcánicos, obsidiana, perlitas), minerales amorfos (pedernal, ópalo, calcedonia) y algunas rocas volcánicas como las tobas ácidas y algunas riolitas.

Algunos de estos minerales y ciertas rocas reaccionan con los álcalis (óxido de sodio y potasio) del cemento, produciendo una expansión interna en el concreto la cual lleva a la formación de una red de fracturas y pérdida de resistencia en el concreto.

Los minerales reactivos son: Ópalo, calcedonia, tridmita, cristobalita, illita, montmorillonita y ciertas zeolitas. Las rocas deletéreas son las riolitas vítreas o criptocristalinas, dacitas y andesitas (incluyendo las tobas compuestas por estos materiales, muchas areniscas y pedernal calcedónico u opalino).

Cualquier agregado que contenga una proporción significativa de alguno de estos materiales puede considerarse como un agregado potencialmente reactivo.

El U.S.B.R. ha descubierto que los agregados que contengan más del 25 % en peso del ópalo, más del 5% de calcedonia por peso o más del 3% de rocas volcánicas vítreas o criptocristalinas ácidas, son deletéreos. Un análisis petrográfico previo del agregado revela la presencia de materiales reactivos.

Una evidencia sintomática de la reacción alcalis-agregado es una red o mapa de grietas, en casos extremos las fracturas tienen una abertura de más de 5" y una profundidad de 18", resultado de una expansión anormal del concreto, especialmente en el interior de la masa de concreto.

Las fracturas y huecos están llenos de un depósito gelatinoso, que no debe confundirse con la exudación.

Se ha encontrado que el uso de cemento con bajo contenido de álcalis (0.6% o menos de álcalis) es efectivo en el control o previenen esta actividad. El empleo de puzolanas puede evitar o reducir la acción de los álcalis.

Las puzolanas son materiales naturales o artificiales de grano muy fino que se usan en combinación con el cemento portland para hacer concreto. Su nombre se debe a que originalmente se emplearon para este propósito cenizas volcánicas de un lugar cercano a la población de Puzzuoli en Italia. Los materiales puzolánicos naturales

son: tobas, cenizas, rocas sedimentarias siliciosas y lutitas o arcilla calcinada a temperaturas de 500 a 1000 grados centígrados.

Las puzolanas pueden retrasar o evitar las reacciones químicas en los agregados alcalinos, reducen la generación de calor producida por la hidratación del cemento, incrementando la resistencia a la tensión del concreto; mejoran la trabajabilidad de la mezcla, y en muchos casos reducen el costo del concreto.

Sin embargo, antes de usar las puzolanas deben de hacerse pruebas de laboratorio para asegurar la conveniencia económica de utilizarlas.

Se pueden emplear materiales naturales o artificiales como agregados para reducir el peso específico del concreto. Los agregados ligeros son: lutita, arcilla, escoria, pómez, tierra diatomáceas, perlita, vermiculita expandida (una forma de mica que aumenta varias veces su volumen al absorber el agua) y pizarra. No es económico usarlos a menos que la reducción del peso sea indispensable.

La ocurrencia de sales y por lo tanto y sarricidas aceleran el deterioro de la estructura de concreto; los sulfatos reaccionan químicamente con las varillas de acero hasta destruirlas (corrosión). En cuanto a la resistencia compresiva, es indispensable que el agregado posea una resistencia igual o mayor al concreto; por ejemplo para vivienda de 150 - 200 kgs/cm².