



PUZOLANAS

Introducción

Las puzolanas son materiales que contienen sílice reactiva y/o aluminio, que en si mismas tienen poca o ninguna calidad aglomerante, pero mezcladas con cal en presencia de agua, fraguan y endurecen como un cemento. Asimismo, son ingredientes importantes en la producción de materiales alternativos al cemento Portland (OPC). (Ver el folleto de esta serie: Alternativas al Cemento Portland).



Producción a pequeña escala de bloques de ceniza volcánica y cal en Indonesia.

El cemento o algún otro tipo de agente aglomerante son elementos esenciales en casi toda clase de construcciones, y en los últimos años, el mercado ha estado dominado por un solo producto, OPC. En muchos países, especialmente en los del sur, el OPC es caro y escaso, lo que ha restringido severamente la construcción de viviendas para las mayorías pobres del Tercer Mundo.

Los cementos alternativos presentan excelentes opciones técnicas al OPC y a un costo considerablemente más bajo.

Una amplia variedad de materiales silíceos o aluminicos son puzolánicos. En el presente documento serán mencionados sólo los que están ampliamente disponibles en la naturaleza. Las puzolanas se pueden dividir en dos grupos: naturales, como cenizas volcánicas y diatomita; y artificiales, como arcillas calcinadas, cenizas pulverizadas de carbón de piedra y cenizas de residuos agrícolas quemados, que se pueden usar combinándolas con cal y / o OPC. La puzolana, al ser mezclada con cal, mejora considerablemente las propiedades de los morteros, concretos y enlucidos de cal, y puede utilizarse en una amplia gama de aplicaciones constructivas. También se puede mezclar con OPC para reducir los costos y mejorar ciertas características de los concretos a base de OPC, tales como resistencia a los sulfatos, trabajabilidad y resistencia final.

Historia de las puzolanas

Los griegos, 400 A .C, fueron los primeros que emplearon puzolanas en morteros de cal. Más tarde, los romanos no sólo usaron piezas de cerámica, ladrillos y tejas pulverizadas para formar las primeras puzolanas artificiales, sino también descubrieron que algunos

Practical Action, The Schumacher Centre for Technology and Development, Bourton on Dunsmore, Rugby, Warwickshire, CV23 9QZ, UK
T +44 (0)1926 634400 | F +44 (0)1926 634401 | E infoserv@practicalaction.org.uk | W www.practicalaction.org

suelos volcánicos mezclados con cal eran excelentes para producir morteros hidráulicos (un mortero hidráulico fragua y endurece bajo el agua, y es más duradero que un mortero corriente de cal). Tales suelos fueron encontrados en los alrededores de la población de Pozzuoli, cerca de Nápoles, y de aquí el nombre de puzolana.

El desarrollo del cemento hidráulico basado en una mezcla de puzolana y cal significó cambios radicales en el arte de la construcción de la era romana. El incremento de resistencia, sus propiedades hidráulicas y resistencia al agua del mar permitieron la construcción no solo de arcos y bóvedas, sino también de estructuras marítimas. Mezclas de puzolana y cal sirvieron para dar impermeabilidad a baños, tanques y acueductos. Testimonio de su durabilidad, la dan las muchas estructuras que están de pie hasta hoy.

Más recientemente entre 1910 y 1912, más de 100,000 toneladas de puzolana fueron usadas en la construcción del acueducto de Los Angeles. Desde entonces, las puzolanas han sido empleadas en muchas obras de infraestructura marina y de concreto masivo, especialmente en Europa, USA y en el Japón.

Con unas cuantas excepciones notables, como Indonesia, India y China, la comercialización y explotación de puzolana en el Tercer Mundo fue más lenta; hecho sorprendente si tomamos en consideración la necesidad de materiales de construcción más baratos. No obstante, recientemente hay proyectos para desarrollar puzolanas en varios países que incluyen Kenya, Tanzania, Trinidad y Dominica.

¿Por que usar puzolanas?

El agregar puzolana a las mezclas de cal o de OPC tiene dos grandes ventajas: primero, se mejoran las propiedades de la mezcla y, segundo, como el costo de la puzolana es mucho menor que el de la cal o del OPC, el costo del producto final será significativamente menor, asumiendo que la puzolana no tiene que ser transportada desde muy lejos.

Cal - Puzolana

Incorporando puzolana se disminuye el tiempo de fraguado y aumenta la resistencia de los morteros o concretos de cal. Esto puede producir un cemento hidráulico que tiene la característica de poder fraguar bajo el agua. No es muy probable que alcance la resistencia del OPC; pero resulta lo más adecuado para la construcción de viviendas de bajo costo y se puede producir a la mitad del costo del OPC. Su uso es muy común en muchas partes de Asia para pequeñas obras de construcción.

OPC - Puzolana

Se puede reemplazar hasta un 30% de OPC por puzolana en aplicaciones estructurales y hasta un 50% en no estructurales. Como el OPC es caro y a veces escaso, significa un ahorro considerable. Las mezclas OPC puzolana además tienen un número de ventajas técnicas importantes sobre las mezclas de OPC tales como:

- Mejor trabajabilidad.
- Mejor retención de agua y menor exudación.
- Mejor resistencia a los sulfatos.
- Mejor resistencia a reacciones alcalinas de los agregados.
- Menor calor de hidratación.
- Mayor resistencia a largo plazo.

La única desventaja de las mezclas OPC puzolana es que el fraguado es más lento. Quiere decir que el desencofrado de elementos estructurales se retrasará un día o más; sin embargo, la desventaja aquí es aún menor frente a las muchas ventajas. Estas ventajas técnicas y económicas son ahora reconocidas por muchos ingenieros y constructores. Ahora es común encontrar mezclas OPC-puzolana especificada en grandes obras de ingeniería civil en países desarrollados y también en los países en desarrollo.

Composición y química de las puzolanas

La composición química de la puzolana varía considerablemente, pero lo que sigue es una guía general.

Sílice + Aluminio + Óxido de Hierro no menor al 70%
Otros óxidos y álcalis no deben exceder más del 15%
Pérdida por ignición no más de 15%

La sílice es el más importante de los óxidos y no debe bajar de 40% del total.

Algunas de las mejores puzolanas gozan de un contenido de sílice de más del 90%.

El carbono se encuentra comúnmente en las puzolanas y su contenido debe ser mínimo, menos del 12% es recomendable. Las cenizas de plantas normalmente tienen más carbono, si no tenían suficiente oxígeno al quemarlas. Mientras más alto sea el contenido de carbono menor será la resistencia del cemento.

Clases de puzolanas

Arcillas calcinadas

Las arcillas quemadas o calcinadas fueron las primeras puzolanas que se utilizaron, en forma de polvo proveniente de la molienda de ladrillos, alfarería y tejas, que se mezclaron con cal para producir cementos para morteros. El proceso existe hasta hoy y se conoce como "Surkhi" en la India, "Homra" en Egipto y "Semen Merah" en Indonesia. En términos generales, la mejor arcilla para las puzolanas es la plástica, que se emplea en la alfarería y en la fabricación de tejas. La temperatura óptima de calcinación es entre 700°C a 800°C con variaciones, dependiendo del tipo de arcilla.

Cenizas volcánicas

Los depósitos de cenizas volcánicas se encuentran donde hay o recientemente hubo actividad volcánica, por ejemplo en el Mediterráneo, en el África central y oriental, y en la región del Pacífico. La forma natural de estos depósitos varía bastante al igual que su reactividad puzolánica. Normalmente no requieren calcinarse de nuevo y, si se tiene la suerte de encontrarla ya en forma de polvo, no habrá necesidad de molerla. Las puzolanas volcánicas son explotadas comercialmente en varios países, por ejemplo: Alemania, Italia, Kenia, Rwanda, Vanuatu e Indonesia.

Otros materiales volcánicos como la piedra pómez pulverizada pueden ser también puzolánicas.

Cenizas pulverizadas de carbón de piedra (PFA)

Las cenizas pulverizadas del carbón de piedra, que es usado como combustible de plantas de producción de energía eléctrica, son el material puzolánico más usado en el mundo.

En 1976, algo como 30 millones de toneladas fueron usadas y hay un incremento de alrededor de 10% cada año. PFA ya están en la forma de polvo fino y no necesitan proceso adicional, por lo que tanto su disponibilidad en forma suelta como su bajo costo, la constituyen en ideal para combinarla con OPC en fábricas de cemento o en grandes proyectos de ingeniería civil.

Su reactividad no es tan alta como otras puzolanas y por esta razón no es tan usada para combinarla con la cal.

Cenizas de residuos agrícolas

Muchas cenizas de plantas tienen un alto contenido de sílice por lo que son aptas como puzolanas. Recientemente se han efectuado investigaciones para identificar que tipo de plantas producen puzolana de buena calidad y que por su cantidad puedan ser susceptibles de explotación. La cáscara del arroz ha demostrado tener la potencialidad máxima por las siguientes razones:

- Es disponible en grandes cantidades en varias partes del mundo.
- Cuando es quemada produce bastante ceniza (una tonelada por cinco de cáscara).
- Típicamente contiene un 90% de sílice por 10 que es una excelente puzolana.

La desventaja de la cáscara de arroz consiste en que, para hacerla altamente puzolanica, es necesario tener bien controlada su quema.

La temperatura no debe pasar de 700°C, si no la sílice se cristaliza y pierde su grado de reactividad. Se utiliza en la producción de cemento en el Asia, particularmente en la India; y esta en investigación en las áreas del África donde se cultiva arroz. Otros desperdicios agrícolas, que pueden ser usados como puzolanas, son las pajas de la planta de arroz y el bagazo de la caña de azúcar.

Otras Puzolanas

Otras fuentes de puzolana incluyen pizarra, diatomita, bauxita y escoria de homos. La pizarra requiere un tratamiento similar al de la arcilla; la bauxita igualmente, pero a menor temperatura, 250°C - 350°C. La diatomita es altamente reactiva; pero su aplicación es restringida debido a la gran cantidad de agua que requiere para producir una mezcla plástica debido a que es porosa. La escoria, residuo de las fabricas de acero, tiene una reacción limitada, pero es efectiva si es mezclada con OPC.

Producción y procesamiento

Algunas puzolanas requieren calcinación para hacerlas reactivas y los mejores resultados se logran cuando la temperatura es controlada de acuerdo con su requerimiento. En la mayoría de los casos, la calcinación puede hacerse en homos simples y baratos hechos para el tipo de puzolana a utilizar.

Los materiales calcinados para otros fines, aunque no sea a la temperatura optima, pueden ser aprovechados si uno esta dispuesto a aceptar una reactividad menor. El uso de ladrillos y cerámica deshechados, y de ceniza de cáscara de arroz de una caldera son algunos ejemplos.

Si la puzolana no está en forma de polvo fino debemos molerla en molinos especiales. Mientras mas fina la puzolana tanto mas reactiva será. No obstante, uno tendrá que hacer un balance entre la fineza y el costo de molerla más. La puzolana y el cemento y/o cal deben ser mezclados al máximo en la misma molienda si es posible o en una mezcladora concretera. Si el mezclado fuera insuficiente, el cemento seria afectado en su resistencia y consistencia.

La puzolanas pueden ser usadas satisfactoriamente mezclándolas con cal y / u OPC; con este Ultimo es posible hasta en un 50%. Con cal una mezcla de 1:1 hasta 1:4 (cal:puzolana) seria aceptable, dependiendo de la calidad de la cal, de la puzolana y del uso que se piensa dar al concreto. Si se agrega 5%-10% de OPC a la mezcla cal-puzolana se incrementara su resistencia y disminuirá el tiempo de fraguado. Más OPC sería necesario, si la puzolana fuera de pobre calidad. Incorporando hasta 4 % de yeso se acelera el desarrollo de la resistencia en algunos mezc1as cal-puzolánicas.

Pruebas y performance

La composición química de la puzolana solamente dará una idea muy generalizada de su reactividad. Las pruebas químicas indican la presencia de una reacción puzolanica, pero no su magnitud. Lo mejor es medir la resistencia a la compresión de un cuba hecho de mortero de cal, arena y de puzolana. Una prueba muy simple se presenta en otra publicación de esta serie.

Referencias y lectura adicional

Alternativas al Cemento Portland Ficha Técnica Practical Action

Practical Action
The Schumacher Centre for Technology and Development
Bourton-on-Dunsmore
Rugby, Warwickshire, CV23 9QZ
Reino Unido
E-mail: inforsew@practicalaction.org.uk
Website: <http://practicalaction.org/practicalanswers/>

Soluciones Prácticas
Apartado Postal 18-0620
Lima 18
Perú
Teléfonos: (511) 447-5127, 444-7055, 446-7324
E-mail: info@solucionespracticas.org.pe
Website: www.solucionespracticas.org

Soluciones Prácticas es un organismo de cooperación técnica internacional que contribuye al desarrollo sostenible de la población de menores recursos, mediante la investigación, aplicación y difusión de tecnologías apropiadas.

No ponemos en primer lugar a la tecnología, sino a las personas. Las herramientas pueden ser simples o sofisticadas, pero proveen respuestas apropiadas, prácticas y de largo plazo; deben estar firmemente bajo el control de las poblaciones locales; son ellas quienes les dan forma y las utilizan para su propio beneficio.

Febrero 1994

fichsa técnica