



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
ESCUELA DE INGENIERÍA MAZATLÁN

INGENIERÍA CIVIL

CONCRETOS ESPECIALES Y DE ÚLTIMA GENERACIÓN

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

SÁNCHEZ RUBÍ CHRISTIAN EZEQUIEL
VILLELA VILLALOBOS BRAYAN ENRIQUE

DIRECTORES DE TESIS:

DRA. YENNIFER DÍAZ ROMERO
DRA. ALMA DELIA FIGUEROA SUAREZ

MAZATLÁN, SINALOA, DICIEMBRE 2022



RESUMEN:

La presente tesis pertenece a una serie de 14 investigaciones que están realizando un colectivo académico integrado por jóvenes emprendedores preocupados por la sociedad, los aspectos sustentables y constructivos, buscando abordar conocimiento de punta en los temas relacionados con el concreto, sistemas constructivos y enotecnias aplicadas a la construcción.

Al hablar de tecnología del concreto, lo primero que hay que preguntarse es cuál va a ser la utilidad del concreto que se desarrolla; para ello se han desarrollado trabajos que establecen diseños y algunos procesos con el fin de ingresar nuevos materiales a los procesos de producción.

De los materiales de mayor consumo en construcción, el concreto es determinante en la ejecución de muchos procesos constructivos. Por ello es importante conocer la variedad de los existentes, saber sobre las características, ventajas y desventajas dependiendo del proyecto para el que se utilizará para tener una correcta utilización, aprovechar la efectividad y rendimiento del concreto a utilizar.

AGRADECIMIENTOS

*La presente investigación se logró gracias a esfuerzos y motivaciones personales, y al apoyo de las personas que estuvieron incondicionalmente cuando las necesitamos, es por eso que por este medio queremos agradecer de forma sincera a todos ellos. En primer lugar, agradecemos a nuestros padres, por haber estado con nosotros en todo momento, por haber confiado siempre ciegamente en nosotros, por los valores inculcados y por todo el apoyo que nos han brindado a lo largo de nuestra vida. Agradecemos todo el apoyo de nuestros directores de tesis por habernos brindado su tiempo, su ayuda y sus conocimientos, gracias al esfuerzo implementado para que se tuviera una investigación de calidad y por su disponibilidad. Agradecemos también a nuestros compañeros y amigos que nos brindaron su apoyo y su tiempo en nuestra investigación. A todos nuestros familiares que confiaron en nosotros. Por último y no menos importante agradecemos a la **Escuela de Ingeniería Mazatlán** y nuestro director el **M.I. Edgar Omar Burgueño Sánchez**, por permitirnos ser parte de sus alumnos y gracias al facilitarnos las instalaciones y llevar a cabo este proyecto.*

ÍNDICE

Portada.....	1
RESUMEN:.....	2
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	3
CAPÍTULO I.....	6
1.1 CONSTRUCCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO	6
1.2 INTRODUCCIÓN	6
1.3. ANTECEDENTES	10
CAPÍTULO II	27
2 MARCO TEÓRICO.....	27
2.1-Tipos de concreto.....	28
2.1.-Concretos con agregado reciclados.	41
2.1.1.-Agregado Reciclado.	43
2.1.2.-Propiedades y clasificación de los agregados reciclados para concreto.	43
2.1.3.-Clasificación Internacional.	61
2.1.4.-Efectos del reemplazo de agregado grueso en la resistencia a la compresión.	63
2.1.5.-Concreto madera, concreto con cáscara de arroz o de trigo.	67
2.2.-Concretos de alta resistencia.....	68
2.2.1.-Requisitos de los materiales para lograr la alta resistencia.	68
2.2.2.-Procedimientos de mezclado.	70
2.2.3.-Uso y Aplicación de los Concretos de Alta Resistencia.	71
2.3.-Concretos autocompactable.....	73
2.3.1.-Características.	74
2.3.2.- ¿Cómo se logra el CAC?	75
2.3.3.-Ventajas.	78
2.4.-Concretos ligeros.	79

2.4.1.-Concreto ligero estructural.....	79
2.4.2.-Concreto ligero no estructural.	80
2.5.-Concretos autocurables.....	81
2.5.1.-Propiedades.	82
2.5.2.-Aplicaciones.....	84
2.5.3.-Ventajas.	85
2.6.-Concretos con geopolímeros.	86
2.6.1.-Componentes.....	88
2.6.2.-Propiedades.	90
2.7.-Otros Concretos.	91
2.7.1.-Concreto Outinord.	91
2.7.2.-Concreto Contech	92
2.7.3.-Concreto reforzado con fibras.....	93
CAPÍTULO III	101
3.1 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	101
3.2 ANÁLISIS DE DATOS	101
3.3 DELIMITACIÓN DE LA MUESTRA DE ESTUDIO	101
3.4 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	101
3.5 LUGAR DE INVESTIGACIÓN	102
3.6 PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS	102
3.7 INTRODUCCIÓN	102
CAPÍTULO IV	117
4.1 CONCLUSIONES	117
5. BIBLIOGRAFÍA.....	118

CAPÍTULO I.-CONSTRUCCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO.

1.1 Introducción.

Las nuevas tecnologías están basadas en aditivos compuestos de carboxilato que aportan grandes parámetros de rendimiento en lo que respecta a una elevada fluidez, tiempo de trabajabilidad prolongado, valor de la relación agua/cemento reducido, elevados valores de resistencia y durabilidad en el concreto endurecido.

Un comportamiento mejorado del rendimiento debe acarrear una mayor sensibilización de las condiciones de aplicación y los materiales, ya que en la industria de la construcción aumenta la variabilidad de las propiedades del material debido a unas tasas de reciclaje en continuo crecimiento. Por eso, la solidez de los aditivos de concreto se considera un tema trascendente ya que el rendimiento de los fluidificantes depende en gran medida del elemento con el que reaccionan.

Para la compatibilidad entre el cemento y el fluidificante, parece que la existencia de iones de sulfato y la reactividad C3A son los parámetros más

importantes con respecto a la fluidez inicial y a la pérdida de fluidez de cada uno de los cementos.

No obstante, el tipo y concentración de las materias solubles en el cemento, que se disuelven al poco tiempo de entrar en contacto con los fluidificantes que contiene el agua, son importantes ya que determinan el entorno en el que transcurren las primeras fases de la hidratación del cemento además de que influyen en la velocidad de reacción y en la morfología de los productos que se crean y con ello también en las propiedades del concreto.

Por otro lado, el concreto hecho con cemento Portland, agua y agregados, tiene un uso extenso como material de construcción debido a sus muchas características favorables. Pero algunas veces resulta difícil hacer uso adecuado de estas propiedades, como por ejemplo a la hora de su colocación, ya sea por el rápido o lento endurecimiento o por la consistencia de la mezcla, etc.

Para resolver estos problemas se han adaptado o creado procesos constructivos o adecuado concretos o adicionado aditivos o sustancias

especiales que modifican alguna o algunas de las propiedades de la mezcla; por lo anterior puede ésta clase de hormigón recibir un nombre en particular

La evolución de la Tecnología del concreto se asocia a las necesidades del mercado y la industria, que, en nuestro país en la actualidad, se refleja en una necesidad de productividad y calidad de los proyectos como aporte a la competitividad y a la sostenibilidad, para esto se debe contar con concretos con atributos arquitectónicos: desde concretos con color, textura, hasta con concretos con tratamientos superficiales especiales de apariencia e imagen.

El papel de los aditivos en la creación de estos concretos especiales en relación a los aditivos y la tecnología aplicadas en ese material, ha sido muy relevante porque detrás de los aditivos hay mucha investigación, lo cual permite que otorguen propiedades especiales al concreto. Los agregados siguen y seguirán siendo los mismos: se han desarrollado agregados artificiales, pero no con la misma rapidez y cantidad como la que se ha realizado en aditivos. En cemento también se ha realizado esta investigación.

La creación de los productos especiales de concreto es un área extraordinaria, pues te permite combinar el desarrollo tecnológico que ha habido en todas las materias primas que conforman el concreto. Es decir, aunque los agregados sean los mismos, podemos hacer combinaciones de formas, tamaños, distribución de partículas, etc. que nos permiten otorgar características especiales al concreto, que mezclados con aditivos de última generación potencializaran esas características y con la utilización de los cementos adecuados nos darán productos que antes no se concebían.

En mi opinión hay poco conocimiento de los productos especiales en la industria de la construcción. Hemos fallado en encontrar los canales adecuados para difundirlo; nuestra responsabilidad, en primer lugar, es demostrar cómo es que los productos especiales pueden afrontar los retos y problemas constructivos y posteriormente ayudar a que la industria los identifique

México, a nivel internacional, es uno de los países que menos dinero le otorga al área de investigación y desarrollo tecnológico. ¿Ocurrirá lo mismo en el rubro concretero? El Ing. Montaña Román lo analiza así:

“no somos el primer lugar, pero creo que definitivamente estamos dentro de los primeros diez lugares. Desafortunadamente no hay mucha inversión en investigación para lograr el desarrollo de nuevos productos, pero lo que te puedo decir es que contamos con una gran capacidad innovadora; los mexicanos somos muy creativos, aprendemos desde pequeños a lograr mucho con pocos recursos y es precisamente esa habilidad la que nos ha ayudado al desarrollo de productos especiales”, asevera.

1.2. Antecedentes.

Según algunas estimaciones, el concreto, al igual que el agua, es la sustancia más utilizada del mundo. Las razones de este uso tan difundido son de diferente naturaleza. Las más habituales son la disponibilidad de sus componentes, su versatilidad y capacidad de adaptación, que resultan de las numerosas posibilidades de aplicación en la construcción, por regla general, se puede planificar para proyectos muy determinados y específicos para cada aplicación y se puede fabricar con materiales locales disponibles. En los últimos diez a veinte años, los materiales de la construcción destinados a fabricar el

concreto han experimentado grandes cambios. Estos cambios se han debido bien a los materiales de construcción en sí o a sus métodos de fabricación.

Desde las adiciones de cemento, que cada vez más a menudo se encuentran en los prefabricados de concreto y en el concreto, también pueden complicar la interacción con los aditivos de concreto. En la matriz de complejas interacciones entre las adiciones de concreto, la nanotecnología, con sus enormes posibilidades en el campo de la analítica desempeña un papel importante.

La comprensión de la absorción y adaptación molecular de los fluidificantes de polímeros a los materiales cementicios a escala molecular, así como su correlación con el macro rendimiento en el concreto, son importantes para el diseño y optimización de las características del rendimiento de las moléculas de los fluidificantes.

Complejas técnicas de análisis han originado grandes cambios en la tecnología de los aditivos de concreto. Sólo así ha sido posible crear productos

químicos o polímeros con grupos funcionales para factores de rendimiento determinados. Ahora se forman polímeros para controlar la capacidad de absorción de las partículas de cemento para la eficiencia de la dispersión y el control de la hidratación.

El comportamiento químico y físico de los polímeros se puede controlar de la siguiente manera: El nano diseño de las estructuras moleculares permite realizar intervenciones de control en la reología del concreto fresco, en el colado, en el llenado confiable de la cimbra para mantener de forma óptima la fluidez.

Con la reducción del valor de la relación agua-cemento se puede regular el desarrollo de la resistencia y otras propiedades del material, así como la durabilidad.

La posibilidad de desarrollar una estructura molecular apropiada es imprescindible para cumplir con los requisitos para maximizar el rendimiento de los aditivos de concreto. A continuación, se indican algunos de los

argumentos a favor de las soluciones técnicas de ingeniería para los aditivos de concreto que cada vez son más importantes:

1. Diferentes tipos de cemento/composiciones químicas.
2. Diferentes dosificaciones de cemento.
3. Empleo de materiales de relleno (caliza-escorias-cenizas volantes).
4. Diferentes diseños de mezclas en general (arena-agregados).
5. Diferentes condiciones climáticas.
6. Diferentes clases de consistencia.
7. Diferentes métodos de mezclado.

Los principales factores que se escondían detrás del desarrollo del concreto autocompactante en Japón eran la falta de personal especializado y la reducción de los tiempos de construcción. En Europa, el concreto autocompactante tuvo gran difusión en la industria de los prefabricados de concreto. Allí se vieron pronto sus ventajas y se pusieron en práctica para

obtener beneficios en la mejora de las propiedades del concreto arquitectónico y en la durabilidad de los prefabricados de concreto.

Según algunas estimaciones, hasta el 50% de los prefabricados de concreto estructurales están contruidos con concreto auto-compactante. Pero la situación es diferente en la industria del concreto premezclado, en donde el concreto autocompactante constituye menos del 1% del concreto fabricado.

El creciente empleo del concreto autocompactante en la industria de los prefabricados de concreto se atribuye al hecho de que los fabricantes administran todo el ciclo: fabrican y aplican el concreto de tal manera que pueden aprovechar las ventajas del autocompactante en todo el proceso.

No obstante, en el concepto tradicional del concreto autocompactante existen algunos inconvenientes, como son: el elevado porcentaje de materiales finos y el correspondiente aumento de los costos; el empleo de finos diferentes y la necesidad que implica de contar con silos adicionales; los problemas logísticos y la fluctuación en las propiedades del concreto autocompactante

fresco que se originan con las variaciones del material, que implica que aumentan los costos de producción.

Los aditivos de concreto de nueva generación se han creado recientemente para reducir el porcentaje de finos (tamaño < 0,125 mm), pasando de una media de 550 kg/m³ en el HAC convencional, a un valor no superior a 380 kg/m³, haciendo posible de este modo una mejora de la reología a unos costos competitivos. Los aditivos que modifican la viscosidad que hacen posible esto, son los novedosos polímeros iónicos, con un elevado peso molecular, que interactúan entre sí y que, en una reacción con moléculas de agua, forman una capa de hidratación creando una pasta de cemento con una estructura compleja.

Por otro lado, el empleo de aditivos que modifican la viscosidad supone una mejora de la solidez respecto a las modificaciones de la humedad de los agregados y/o de la curva granulométrica, especialmente en lo referente al contenido de finos. Estas variaciones implicaron adaptaciones en el diseño de la mezcla y se consideraron como los mayores inconvenientes del empleo de concreto autocompactante en la industria de los prefabricados de concreto, por no hablar del uso y expansión de este material en la construcción. No obstante,

algunos ensayos de campo realizados en las fábricas de prefabricados de concreto demostraron que el empleo de este nuevo aditivo de concreto que modifica su viscosidad supone una notable mejora para la solidez del concreto.

El objetivo de estos dos ensayos realizados en plantas de prefabricados de concreto bajo condiciones industriales era prescindir por completo de materiales de relleno en el diseño de la mezcla de las clientes implicadas. Esto debió aportarle al cliente notables ventajas económicas y logísticas. En la fábrica A, la mezcla de referencia del concreto autocompactante para vigas de concreto pretensado de 4 m³ era de 395kg/m³ de cemento y 184 kg/m³ de polvo de caliza. En esta aplicación era necesario un revenimiento de 55-60 cm y una resistencia a compresión de 26 MPa a las 24 horas y de 45 MPa a 28 días.

El empleo del nuevo aditivo de concreto que modifica la viscosidad llamada Rheo MATRIX hizo posible prescindir completamente de 184 kg/m³ de polvo de caliza y que, al mismo tiempo, se mantuviera la estabilidad del concreto contra el sangrado y/o segregación. En este punto es necesario indicar el aspecto menos cohesivo del concreto de ensaye en comparación con el concreto autocompactante de referencia, lo que según las observaciones del

cliente facilitó el colado. La solidez del concreto optimizado sin polvo de caliza con respecto al contenido de agua fue estudiada posteriormente.

Se realizaron mezclas de concreto con 5 y 10 kg/ m³ de agua de mezclado. Estos concretos no presentaban ni sangrado ni segregación, y las vigas coladas con el cumplieron los requisitos del cliente. Además, se fabricó una mezcla de concreto con un contenido de agua de 5 kg/m³ y 0,5 kg/m³ de fluidificante sin que aparecieran ni sangrado ni segregaciones, lo que demuestra una vez más la extraordinaria solidez del concreto después de añadir Rheo MATRIX.

En la fábrica B se constataron experiencias similares, en donde, al igual que en el caso anterior, el objetivo consistía en sustituir el polvo de caliza del diseño de la mezcla del concreto autocompactante para 2 m³ de elementos de muros y además estudiar la solidez del concreto con respecto a los cambios en el diseño de la mezcla.

En este caso, la mezcla de concreto se fabricó con 400 kg/m³ de cemento y 120 kg/m³ de polvo de caliza. En este caso, en comparación con el diseño de la mezcla de referencia del cliente, con Rheo MATRIX se pudieron sustituir 120 kg/m³ de polvo de caliza. Además, se estudió la solidez de esta mezcla de concreto sin polvo de caliza con respecto a los cambios en el diseño de la mezcla. Teniendo en cuenta lo mencionado se fabricaron mezclas de concreto con notables cambios en los porcentajes de agregados. Y con ellas se fabricaron dos elementos de muros diferentes.

Estos concretos no presentan ni sangrado ni segregación confirmando así la solidez que se obtiene con Rheo MATRIX. Finalmente, se elevó la cantidad de agua del concreto a 5 kg/m³ para estudiar los cambios potenciales en el contenido de agua y sus efectos en la estabilidad del concreto. Este concreto – para satisfacción del cliente– presentaba una estabilidad suficiente sin sangrado ni segregación.

1.3. Planteamiento Del Problema

Debido a las obras que se hacen en zonas alejadas, así como ciertas variabilidades en el precio y provisión de los combustibles usualmente empleados, la investigación y experimentación en los últimos años ha conducido a independizar las tareas de producción del curado a vapor gracias al uso de aditivos específicos de última generación que permiten trabajar con curados a vapor fuertemente reducidos y en muchos casos haciéndolos obvios.

Estos promisorios logros impulsaron el avance de la investigación tecnológica en este sentido y, desde la aparición de los primeros, fueron surgiendo nuevas generaciones de productos, hasta el último y más eficiente desarrollo: los hiperfluidificantes/acelerantes de endurecimiento.

El comportamiento de estos aditivos sugiere otros ámbitos de aplicación, no limitando su uso sólo al caso de los concretos premoldeados, sino extendiendo su empleo a los concretos de alto desempeño, a concretos con requisitos de resistencias a edades tempranas, concretos con requerimientos estéticos y todos aquellos casos que requieran elevadas prestaciones técnicas.

Los aditivos superfluidificantes de última generación para concretos, que posibilitan obtener importantes incrementos de resistencias a edades tempranas, realizar notables reducciones de agua (del orden del 30% o más) y posibilitan la fabricación de concretos autocompactantes. Actúan por diferentes mecanismos: a través de la repulsión electrostática de partículas a nivel superficial y de la acción estérica (efecto adicional al electrostático de separación de las partículas de cemento), paralelamente al proceso de hidratación.

De este modo se obtienen las siguientes propiedades:

- Reducción de agua de muy alto rango.
- Desarrollo de altos valores de resistencia inicial y final.
- Disminución de la contracción por secado y mejora del comportamiento
- Reducción del grado de carbonatación del concreto.

La industria del concreto se orienta hacia la sustentabilidad, de modo que el concreto se convierta en un material de construcción aún más económico. Los

fluidificantes son un nuevo desarrollo para maximizar el rendimiento del concreto.

Los aditivos que modifican la viscosidad pueden desempeñar un papel importante para mejorar la solidez de los sistemas de concreto empleando materiales con propiedades fluctuantes.

Estos recientes desarrollos han reducido los problemas y hacen más amigable el concreto autocompactante para el constructor, así como el impacto que se ha encontrado en los beneficios de concretos que se consolidan bien alrededor del acero de refuerzo y proporcionan mejores acabados y reducen la mano de obra. Además, estos productos pueden tener una función clave en la minimización del consumo de material, en especial con los agregados finos, y de este modo, con una solución inteligente y sustentable cumplir tanto los requisitos de los fabricantes de concreto como con los de las futuras generaciones.

Por otra parte, para los futuros profesionales no existen herramientas suficientes que les permitan seleccionar de una manera más fácil el tipo de concreto a utilizar en sus obras. Por ello, éste trabajo presenta alternativas de concretos especiales y ofreciendo así una investigación técnica se permita determinar el tipo de concreto especial a utilizar teniendo en cuenta el tipo de estructura que se va a ejecutar.

Entre las posibles problemáticas a la que nos enfrentamos referentes a este tema se encuentran:

- El último y más eficiente desarrollo: los hiperfluidificantes/acelerantes de endurecimiento.
- Concretos con requisitos de resistencias a edades tempranas, concretos con requerimientos estéticos.
- Retos de la industria de la construcción.
- Solicitud de alto desempeño.
- Optimización del uso de recursos.
- Disminuir huella de dióxido de carbono.
- Falta de capacitación e información a constructores.

Debido a estos factores, este trabajo busca ampliar el campo del conocimiento con relación al uso de concretos especiales. Se espera que la lectura de este documento facilite información a los interesados, sobre este tema, pretendiendo que se reconozcan también alternativas de concretos diferentes a los convencionales.

1.4. Justificación

Los concretos especiales son utilizados en los grandes proyectos debido a su alta resistencia de acuerdo al tipo de obra y al medio donde se esté realizando los trabajos, el crecimiento de la población ha llevado a realizar numerosas construcciones y mejoramientos para satisfacer las necesidades del ser humano.

Por lo tanto, es importante llevar a cabo proyectos con tecnología de punta y sobre todo con calidad, ya que las complicaciones en cuanto a los cambios climáticos y emergencias que se viven día a día, lleva a los ingenieros a utilizar lo mejor para que sus obras sean excelentes y cumplan a cabalidad con la normas de calidad y seguridad que se requieren, debido a estos hechos, esta investigación busca motivar en los estudiantes la disciplina por el rigor

científico y articular la competencia y la necesidad investigativa pasando de un proceso de resistencia a uno de sociabilización del hecho que la creatividad guiada genera bienestar social y uso efectivo de recursos naturales y tiempo. Al mismo tiempo, se pretende crear una compilación útil de información acerca de los concretos de última generación en un solo documento, todo ello en busca de:

- Seleccionar referencia científica.
- Apoyar a los constructores.
- Describir los últimos avances del concreto.
- Concretos especiales de última generación.
- Sus retos, desempeño y optimización de recursos.

En resumen, la formación profesional de un alumno provee, en la mayoría de los casos, las bases temáticas para afrontar situaciones típicas de este profesional. Sin embargo, en algunas ocasiones, los programas se quedan cortos en muchos temas de actualidad, lo que hace importante tener pautas para abordar ciertos temas de interés que ayudan a ampliar los conocimientos en cuanto a tecnologías y métodos favorables para la construcción.

En la actualidad se cuenta con la experiencia del uso de concretos especiales en proyectos ya ejecutados en México, permitiendo la identificación de las características necesarias para el tipo de concreto. Hoy día, se están desarrollando macro proyectos en México, en los cuales los calculistas han determinado que es requerido el uso de concretos tipo ligero, peso pesado, expansivo, alta resistencia, livianos con poliestireno expansivo, reforzado con fibras, lanzado, autocompactado y compactado con rodillo, entre otros.

El presente documento de investigación surge de la necesidad de ampliar el conocimiento respecto a los concretos especiales y su aplicación para orientación en futuras propuestas que aborden éste tema, para difundir el hecho de que en cada tipo de obra civil puede utilizarse concretos con propiedades especiales, teniendo en cuenta las diferentes características de cada región donde se va a realizar el proyecto y el clima que maneja el área de trabajo, además de las propiedades de los materiales que allí manejan o de donde se deban trasladar y en qué condiciones se debe hacer.

1.6. Objetivo General

Se pretende crear un documento con aportes científicos compilatorios de punta, en relación a los concretos especiales de última generación. Dando un documento que sea una herramienta para las tomas adecuadas en el uso del concreto.

1.7. Objetivos Específicos

- Identificar los concretos especiales de **última de generación**
- Analizar las características específicas y su tipología
- Determinar las variables que integran este tipo de concretos
- Realizar búsquedas de documentos científicos y aportes en relación a los concretos especiales.
- Realizar búsquedas en cuanto a reducción de la huella de carbono.
- Realizar compilaciones de los últimos avances y mejoras del concreto.

CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO

2.1.-Introducción.

Al hablar de tecnología del concreto, lo primero que hay que preguntarse es cuál va a ser la utilidad del concreto que se desarrolla; para ello se han desarrollado trabajos que establecen diseños y algunos procesos con el fin de ingresar nuevos materiales a los procesos de producción.

De los materiales de mayor consumo en construcción, el concreto es determinante en la ejecución de muchos procesos constructivos. Por ello es importante conocer la variedad de los existentes, saber sobre las características, ventajas y desventajas dependiendo del proyecto para el que se utilizará para tener una correcta utilización, aprovechar la efectividad y rendimiento del concreto a utilizar.

2.2-Tipos de concreto.

2.2.1.- Concretos especiales más utilizados

Gracias a la investigación y los avances tecnológicos que día a día se presentan, a la fecha se cuenta con la aplicación de concretos especiales para ciertas obras teniendo en cuenta la complejidad de las mismas. Se tienen los siguientes concretos especiales como:

2.2.1.1- Concreto premezclado

Si en vez de mezclar y dosificar el concreto en la obra, una planta central lo entrega listo para su colocación, se dice que este hormigón es "concreto premezclado". Este tipo de concreto se usa ampliamente y ofrece numerosas ventajas en comparación con el método tradicional de preparación en obra. El concreto premezclado es particularmente útil en obras que están muy congestionadas o en la construcción de vías donde solo se disponga de un espacio muy pequeño para tener una planta mezcladora y almacenar los agregados. Pero la principal ventaja del concreto premezclado consiste en que el hormigón puede hacerse en mejores condiciones de control.

Hay dos categorías principales de concreto premezclado: en la primera categoría el mezclado se hace en una planta central y el concreto se transporta en un camión (mixer) que lo agita lentamente, a fin de evitar la segregación y un indebido endurecimiento; este concreto se conoce como de mezclado central.

La segunda categoría es el concreto mezclado en tránsito o concreto mezclado en el camión; aquí los materiales se dosifican en una planta central, pero se mezclan en el vehículo mezclador (mixer), ya sea durante el recorrido o en la obra inmediatamente antes de descargar el concreto. El mezclado en tránsito permite un recorrido más largo y es menos vulnerable en caso de retraso, pero la capacidad del vehículo mezclador (mixer) es de solamente las 3/4 partes que si el camión se usara para agitar el concreto premezclado.

Algunas veces el concreto se mezcla parcialmente en la planta central y el mezclado se complementa en la vía, a fin de aumentar la capacidad del vehículo. El proceso de agitar difiere del de mezclar únicamente en la velocidad de rotación de la mezcladora, la velocidad de agitación, en los mixer, esta entre 2 y 6 revoluciones por minuto mientras que la velocidad de mezclado puede variar de 4 a 16 revoluciones por minuto.

2.2.1.2.- Concreto bombeado

El concreto normal, mezclado, se vierte en una tolva y con ayuda de una bomba con válvulas de aspiración y compresión, se impulsa y transporta el concreto por una tubería. La granulometría del agregado debe ser controlada debido a que el concreto confeccionado debe verse dócil (manejable) y pueda retener el agua con el fin de evitar la segregación. El hormigón bombeado evita el empleo de carretillas, vagonetas, grúas, elevadores o cucharones, etc.

Se deben tener cuidados como por ejemplo, cerciorarse que la presión sea suficiente para transportar el hormigón hasta el sitio deseado; se recomienda que la tubería tenga un diámetro mínimo de 3 veces el tamaño máximo del agregado, la tubería no debe ser de aluminio porque el aluminio reacciona con el cemento generando hidrógeno, este gas introduce vacíos en el concreto endurecido con la consiguiente pérdida de resistencia; la tubería no debe formar ángulos muy agudos porque se puede atascar y se debe tener en cuenta la eficiencia de la bomba porque a medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar disminuye la eficiencia de la bomba, reduciéndose la altura hasta la cual puede bombearse.

2.2.1.3.- Concreto lanzado

Este es el nombre que se le da al mortero transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente a alta velocidad contra una superficie. La fuerza del chorro que hace impacto en la superficie, compacta el material, de modo que se puede soportar a si mismo sin resbalar ni caerse aún en una cara vertical o en un techo.

Como en esencia el proceso consiste en que la mezcla se proyecta neumáticamente, al concreto lanzado se le llama más formalmente mortero o concreto aplicado neumáticamente y sus propiedades no difieren de las de un concreto colocado convencionalmente de proporciones similares; es el método de colocación el que confiere al concreto lanzado sus significativas ventajas en numerosos usos. La mezcla es lanzada a gran velocidad por medio de una pistola de cemento con una presión de 3 atmósferas a paredes, armaduras, encofrados dentro de moldes, etc.

El concreto lanzado se emplea en la construcción de elementos de reducido espesor como son: cubiertas, revestimientos, pilares, placas, recubrimiento de canales, depósitos, túneles, estabilización de taludes, etc. Trae

ventajas como: uniformidad, economía de mano de obra y rapidez de ejecución. En esta mezcla, lo que se emplean normalmente como agregado, es arena muy gruesa con algo de material gravoso, luego es más mortero que concreto lo que se lanza.

Algunas de las ventajas con respecto al concreto común es que se coloca y compacta a la vez, además se adhiere íntimamente a la superficie y permite obtener la forma deseada con gran variedad de acabados. Existen dos tipos de concreto lanzado que son: Mezcla seca o Gunita.

Gunita: Es una combinación proporcionada de cemento Portland, agregados y agua. La mezcla de los materiales se realiza por medios mecánicos y es bombeada en estado seco hasta una boquilla en donde se adiciona agua, con aditivos super acelerantes generalmente, y aire para impulsar el material. La fuerza del chorro de aire compacta el material contra la superficie.

El mezclador al tomar lugar en la pared y es por ello que deben hacerse movimientos circulares con la boquilla durante el lanzado, de manera que se

integre el agua en el contorno con la mezcla en el centro. Todo el éxito de un lanzado en vía seca radica en un suministro de aire comprimido adecuado, el cual debe estar seco y libre de aceites; y una cantidad de agua apropiada.

Mezcla húmeda: El sistema húmedo es simplemente el bombeo convencional hidráulico de concreto de alta calidad, mezclado en una planta de concreto en forma controlada. El agua ya va incluida desde antes y no es manipulada durante el proceso de proyección.

En este método, el concreto premezclado es bombeado en estado plástico a la boquilla, donde se le inyecta aire, para que sea impulsado a alta velocidad sobre la superficie, generalmente también se adicionan acelerantes. Se corre el riesgo que el concreto se atasque y endurezca antes de salir de la manguera, lo cual se debe controlar. En la vía húmeda es posible utilizar un mayor porcentaje de grava ($\approx 40\%$ por masa del agregado total) y con tamaños hasta de 1/2 pulgada.

2.2.1.4.- Concreto inyectado

Este es muy similar al concreto lanzado, se utiliza principalmente para sanear macizos rocosos sellando sus fisuras, para anclajes de cables en estabilización de taludes o para colocar mortero sobre un agregado grueso colocado previamente (concreto precolocado o pre-empacado).

Estas inyecciones de concreto, aunque lo que se inyecta generalmente es pasta o mortero con algún aditivo, se hacen proyectando a presión la mezcla por tubería. En el caso del saneamiento de un macizo rocoso, el último tramo de la tubería va perforado, por lo que generalmente se le llama "flauta", e introducida en el orificio por donde se va a inyectar; mediante el control del aumento de la presión en el orificio se puede garantizar que se sellan las fisuras.

2.2.1.5.- Concreto ligero.

Son aquellos cuya masa unitaria es inferior a 2300 kg/m^3 . Pueden estar constituidos por áridos ligeros, los cuales se producen comercialmente en hornos giratorios que hacen que estos se esponjen y por conglomerados hidráulicos o resinas sintéticas.

Entre las ventajas que ofrecen los hormigones ligeros tenemos: bajo masa, aislamiento térmico, resistencia al fuego, etc. Los hormigones ligeros se clasifican según su composición, la que depende de la técnica para obtener los vacíos en el hormigón y según su constitución que depende de los agregados, los cuales tienen baja densidad.

2.2.1.6.- Concreto pesado

Concreto pesado es aquel cuya masa unitaria es mayor al normal, varía generalmente entre 3,0 y 6,5 Ton/m³. Están constituidos por una pasta de cemento y áridos pesados. Se emplean áridos naturales como: hematita, limonita, corindón, barita (sulfato de bario), magnetita, como agregado fino ilmenita (FeTiO₃), etc.; o agregados artificiales como: acero, ferro fósforo (fosfuro de hierro) y algunas veces plomo.

Estos hormigones constituyen un medio eficaz contra radiaciones nucleares o de rayos X o gamma y se puede utilizar el concreto pesado en estructuras cuya estabilidad dependa de su propia masa. Estos hormigones deben ser homogéneos, compactos, sin fisuras, deben contener suficientes

elementos finos y una cantidad relativamente pequeña de agua, para evitar segregación durante el transporte y la puesta en obra. Se pueden agregar aditivos de productos finos o plastificantes.

2.2.1.7.- Concreto compactado con rodillo.

El concreto compactado con rodillo es una mezcla de cemento, agua y agregados cuya consistencia es muy similar a la de una mezcla de asentamiento nulo. La cantidad de agua utilizada debe ser suficiente para hidratar el cemento y para dar un margen de trabajabilidad que permita a los equipos de compactación lograr la máxima densidad. En este concreto se utiliza una mínima relación agua/cemento.

El equipo de compactación (compactadores vibratorios de cilindro o llantas) básicamente consiste en un cilindro sobre el cual se coloca una plataforma metálica donde se instala un motor, la vibración tiene lugar en el interior del cilindro donde existe una masa excéntrica provista de movimiento rotatorio.

Se utiliza en presas, aunque en los últimos años se ha empleado mucho en pavimentos; fue desarrollado con el fin de obtener una densidad alta y una buena adherencia entre las sucesivas capas, resultando una alta impermeabilidad de la estructura. El contenido de material cementante es superior a 150 kg/m³, algunas veces con una proporción alta de puzolanas del orden del 75% de la masa total.

Las propiedades más importantes de un concreto compactado con rodillo, cuando es utilizado en la construcción de presas son: la densidad, la permeabilidad, la resistencia a la cizalladura (cohesión y ángulo de fricción) y la resistencia a los esfuerzos de tensión. En el caso de los pavimentos, además de las anteriores ventajas, la distancia entre juntas de contracción es mayor, debido a que por el bajo contenido de agua, la retracción hidráulica y el desprendimiento del calor de hidratación son menores.

2.2.1.8.- Concreto con fibras.

Es un hormigón ligero o normal al cual se le han adicionado fibras que pueden ser de: acero, plástico, asbesto, vidrio, nylon, poliéster, polipropileno, polietileno, fique, caña de azúcar, coco, yute, etc. Este concreto con fibras puede

ser útil cuando sea necesario absorber una gran energía (por ejemplo, cargas explosivas) o cuando se desea mejorar la resistencia a la tensión; luego es posible mermar el refuerzo por qué parte de la tensión lo absorbe la fibra.

En el caso de los pavimentos rígidos, se pueden utilizar espesores de los menores para las mismas cargas e igual periodo de diseño, la separación de juntas puede ser mayor porque las fibras aumentan la resistencia a la flexión del concreto. El hormigón con fibras proporciona también un buen aislamiento acústico y térmico, buena resistencia al impacto y a la erosión. Algunas fibras, en especial las naturales de origen vegetal, requieren de un tratamiento especial para ser usadas y así no perjudicar las propiedades del concreto.

2.2.1.9.- Concreto madera, concreto con cáscara de arroz o de trigo.

Modernamente se fabrican hormigones mezclando cemento con virutas de madera o cáscaras de arroz o de trigo, corcho molido, etc., siendo estos materiales considerados como agregado. Algunos de estos materiales, como es el caso de la viruta, deben someterse a un tratamiento especial para lograr que la materia orgánica resulte resistente y no se pudra.

El empleo de concreto madera tiene especial aplicación en aquellas obras donde se impone un aislamiento térmico y acústico. Estos concretos tienen baja masa unitaria y se emplean principalmente en la construcción de piezas prefabricadas. Por medio de prensas o cualquier otro medio de compactación enérgico, se pueden fabricar elementos livianos con alta resistencia a la rotura.

2.2.1.10.- Concretos con inclusores de aire.

Utilizado en regiones donde se presentan heladas o en estructuras hidráulicas como presas, túneles y rebosaderos, porque sirve como impermeabilizante integral. Los inclusores de aire consisten en jabones o resinas de bases sintéticas las cuales, añadidas al agua de mezcla, forman una serie de poros con diámetros entre 0,02-0,03 mm en la pasta aglutinante de los agregados.

Estos poros crean un sistema lubricante que mejora la manejabilidad de la mezcla y taponan las fisuras capilares aumentando la impermeabilidad del concreto, se logra además mayor durabilidad, mejorando la resistencia a la

congelación y fusión al servir de cámaras disipadoras de presión; presión generada por el aumento del volumen de agua al congelarse.

2.2.1.11.- Concreto refractario.

Es aquel capaz de resistir elevada y prolongada acción térmica, su resistencia al efecto del calor es muy superior al hormigón corriente de cemento Portland, o sea que puede resistir temperaturas superiores a 300 grados centígrados. Su obtención se consigue con el empleo de cemento aluminoso o fundido a base de desechos refractarios. Este concreto se puede amoldar a cualquier forma que se le quiera dar.

2.2.1.12.- Concreto coloreado.

Se obtiene incorporando pigmentos colorantes cuando las mezclas se encuentran en estado plástico o empleando agregados coloreados expuestos a la vista, lo cual se logra con una formaleta tratada con aditivo retardador, que permite lavar posteriormente la pasta no hidratada. Si el color se logra con un pigmento este debe tener un PH completamente estable, una buena resistencia a la acción de la luz y el clima, un excelente poder colorante, encontrarse libre

desales solubles, ácidos y sulfatos de calcio. Generalmente los pigmentos que cumplen estos requisitos son los óxidos de hierro.

2.2.1.13.- Concreto masivo.

Se define como cualquier volumen de concreto vaciado in-situ, con dimensiones lo suficientemente grandes como para requerir que se tomen medidas para controlar la generación de calor y los cambios de volumen, con el fin de minimizar la fisuración. Su mayor utilización es en estribos, presas, grandes fundaciones y construcciones voluminosas.

2.3.-Concretos Con Agregado Reciclados.

Como concreto reciclado se reconoce a todo aquel concreto que se fabrica de un material de origen artificial y se reutiliza como agregado en el concreto; los porcentajes de variación pueden ir entre el 1% al 100% de uso como agregado reemplazante de un agregado de origen natural (Paul, 2017). Los materiales que pueden re-utilizarse son aquellos que presentan alguna resistencia mecánica, y soporten un proceso de trituración mecánica; se ha empleado desde residuos de plástico (Silva, De Brito, & & Dhir, 2014), hasta

residuos de mezclas de concreto reforzado subproducto de la demolición de concreto (Ospina, Moreno, & Rodriguez, 2017).

Igualmente, se debe tener en cuenta que la resistencia mecánica de este tipo de mezclas, dependerá netamente de la resistencia mecánica del tipo de agregado (American Concrete Institute, 2001), recordando que aproximadamente el 70% del contenido neto de un concreto es el agregado empleado y por lo tanto en esta variación se encontrarán sus propiedades mecánicas dependiendo del porcentaje de participación del agregado (Neville & Brooks, 1987). De la misma manera, para el uso de éste tipo de concreto deberá determinarse las propiedades de los agregados y diseñarlas de acuerdo con las características físicas de estos (De Larrard, 2014) y hay que tener en cuenta que al tener un agregado de origen artificial y residuo de un material de demolición o desecho, su densidad y masa unitaria es más baja que un agregado de origen natural, por lo tanto se aumentará el consumo de los otros materiales participantes en la mezcla tales como el cemento (Ospina, Moreno, & Rodríguez, 2017).

2.3.1.-Agregado Reciclado.

El agregado reciclado es un material resultante del procesamiento de materiales de construcción desechados, para así extender su vida útil y generar aprovechamiento del mismo.



Imagen 1.- Agregados Naturales (Izq.), Agregados Reciclados (Der).

(Castaño., 2009).

2.3.2.-Propiedades y clasificación de los agregados reciclados para concreto.

2.3.2.1.- Granulometría.

La granulometría de los agregados reciclados está directamente relacionada con el tipo de trituración. Se recomienda una trituración primaria

con trituradoras de mandíbulas, las cuales generarán un bajo porcentaje de finos. Si se desea un agregado reciclado de mejor calidad se debe recurrir a la trituración secundaria, aunque el agregado reciclado producido tiene buena gradación con un porcentaje entre 70% y 90% de fracción gruesa. Según T. Y en., (1986), el material reciclado de fracción gruesa generalmente cumple a cabalidad los usos granulométricos establecidos por la norma ASTM, evidenciando así que cumple con una gradación adecuada (Zaharieva et al, 2003).

Por causa del transporte y almacenamiento el agregado reciclado sufre una desintegración generando así material fino, el valor más común en porcentaje de este material esta entre el 0.5% y el 2%, en este se encuentra un alto contenido de mortero el cual afecta negativamente en las propiedades del concreto final. (León de los Ríos, 2012).

En la norma inglesa se establece en el 5% el límite de finos cuando el agregado reciclado proviene de concreto, y un 3% si dicho agregado proviene de material cerámico o una combinación de los dos, en la norma alemana establece la limitación al 4% y en la norma belga establece la cantidad límite de

finos a un 5% si su origen es cerámico, esta cantidad se reduce al 3% si el origen es de concreto. De los porcentajes anteriores se dice que en promedio el máximo límite de finos permitido es del 5% en la mayoría de países con normas para ARC.

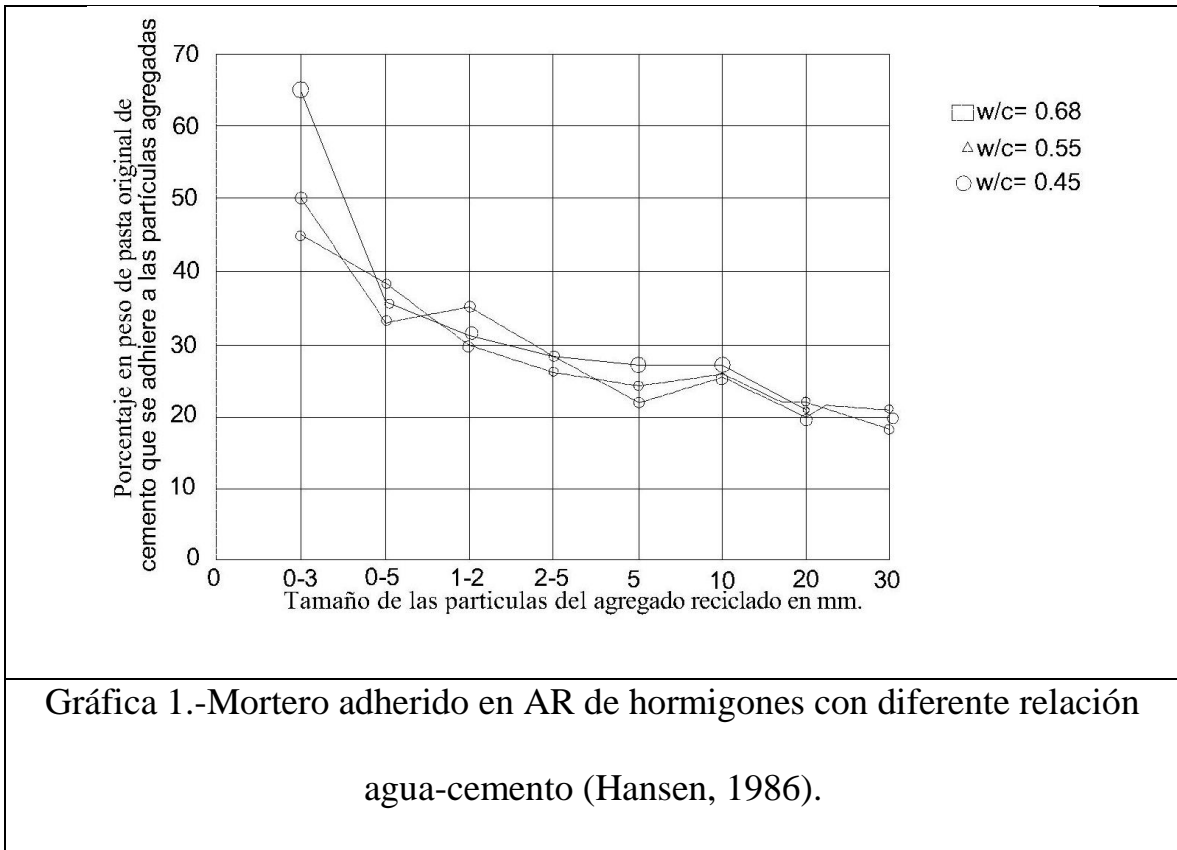
2.3.2.2.- Forma y textura superficial.

Los agregados reciclados, debido a su manera de producción, presentan diferentes características de forma y textura que afectan directamente la cantidad de agua en la mezcla y por consiguiente la manejabilidad de la misma; presentan caras fracturadas con textura rugosa y angular, y generalmente son de forma alargada (Zaharieva et al, 2003). El coeficiente de forma depende directamente del sistema de trituración implementado en la producción de agregados reciclados, según Marmash (2011), la trituración realizada con machacadoras de mandíbulas, produce ARC con forma más apropiada para la fabricación de concreto en comparación del agregado producido con machacadoras cónicas o de impacto. Sin embargo, la variación de coeficiente de forma entre ARC y AN no es de gran magnitud, en estudios consultados por Sánchez De Juan M (2005) se encuentran valores entre el 0,17% y el 0,35%, siendo el límite recomendado en la norma española del 0,2%.

2.3.2.3.- Mortero adherido.

Una de las principales cualidades de los ARC que establece una diferencia con respecto al agregado natural es la cantidad de mortero adherido. El material de demolición incluso después del proceso de trituración, lleva consigo una cantidad significativa de dicho mortero, el cual es de suma relevancia en las propiedades físicas del concreto.

Analizando los resultados obtenidos por Hansen (1986), del cálculo de volumen de mortero adherido, se evidencia la relación existente entre la cantidad de mortero y los diferentes tamaños de fracciones de los ARC, como se muestra en la siguiente ilustración:



Se encuentra mayor cantidad de mortero adherido a medida que las partículas del ARC son menores, por esto se recomienda utilizar únicamente la fracción gruesa para los concretos reciclados, debido a que el alto contenido de partículas de mortero adherido puede provocar diferentes efectos en la calidad de las características físicas tanto de los ARC como del concreto.

A continuación, se presentan los datos de índice de mortero adherido que Hansen, 1986) ilustró para diferentes tipos de tamaño de fracción del agregado reciclado:

Tamaño Fracción	Índice Porcentaje Mortero Adherido
4mm-8mm	60%
8mm-16mm	40%
16mm-32mm	30%

Tabla 1.- Datos de índice de mortero adherido. (Hansen., 1986).

También se encuentran otros autores como Vázquez E., (2002), el cual mediante estudios determinó un IMA de 40.5%-49,5% para fracciones de 10mm-20mm, y hasta el 30,8% para fracciones de 4mm-16mm. De igual manera Ravindrarajah (1998), encontró un IMA de 20% para fracciones de 20mm-30mm, y hasta el 45%-65% para fracciones menores a 0,3mm.

2.3.2.4.- Densidad.

El mortero adherido a la superficie del agregado reciclado genera una característica porosa en él, causando así que la densidad del agregado reciclado

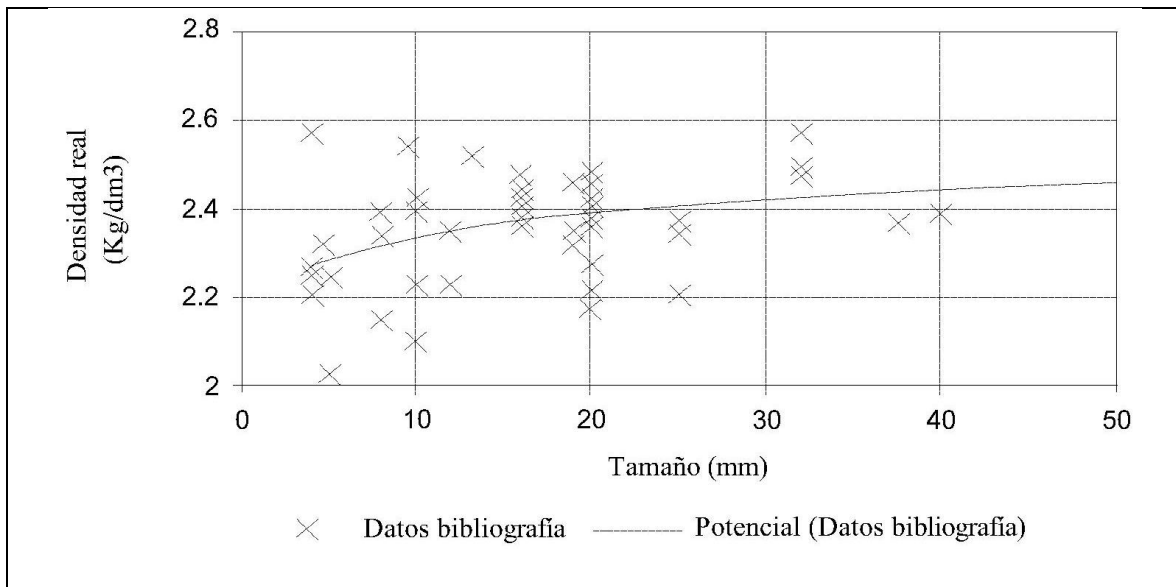
sea menor a la densidad del agregado natural (Zaharieva et al, 2003). La resistencia del concreto de donde fue extraído el agregado reciclado tiene una alta influencia en la densidad de este material, puesto que, para una misma cantidad de mortero adherido, los agregados obtenidos de concretos con una mayor resistencia generan una mayor densidad.

Hansen (1985), expone que el agregado reciclado debido a su alto contenido de mortero adherido, llega a alcanzar una densidad cerca del 5% al 10% menor a la del agregado natural. La densidad también se ve afectada con respecto al tamaño del agregado, debido a que, si se reduce el tamaño, la densidad también se verá reducida. Se observó que en los tamaños inferiores hay mayor cantidad de mortero adherido.

Diferentes autores en varias investigaciones evidencian claramente la diferencia de estas densidades. Barra M (1996) encontró una gran diferencia entre las densidades de los dos tipos de agregado (AN y ARC), en el agregado natural las densidades oscilan entre 2660 kg/m² y 2680 kg/m², en el agregado reciclado desciende a 2240 kg/ m² – 2270 kg/m².

Poon, KouyLam (2002) en un estudio realizado a los agregados naturales gruesos y finos presentaron una densidad de 2570 kg/m^2 y 2520 kg/m^2 respectivamente, los agregados reciclados presentan una mayor diferencia, $2350 -2470 \text{ kg/m}^2$ y $2260 \text{ kg/m}^2 -2390 \text{ kg/m}^2$ los finos.

La densidad presenta, según varios autores, una dispersión bastante alta debido a que la densidad del ARC puede ser diferente para concretos de distinta procedencia. Según Sánchez De Juan M (2005), la densidad del agregado reciclado es generalmente mayor en las partículas más gruesas que en las más finas como se puede observar en la siguiente ilustración:



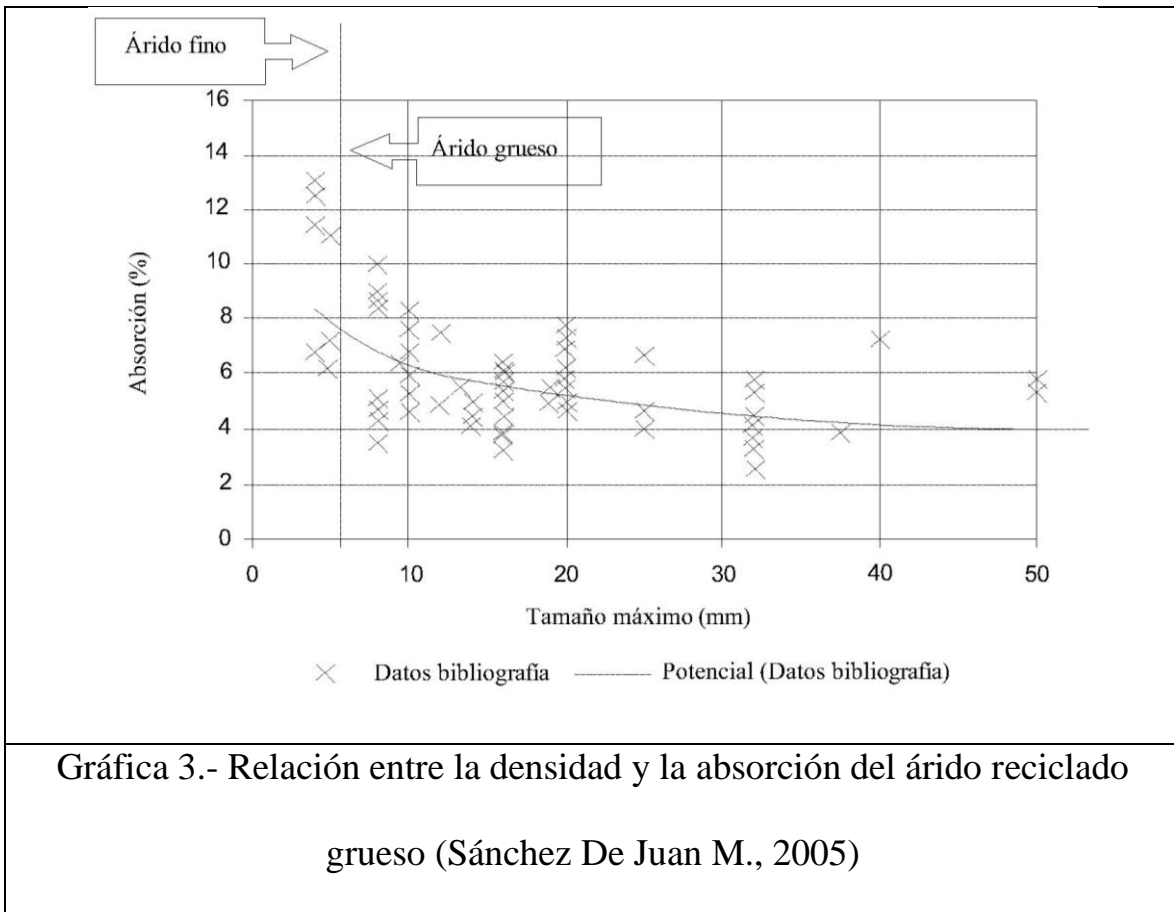
Gráfica 2.- Relación entre la densidad y el tamaño máximo del árido reciclado (Sánchez De Juan M., 2005).

2.3.2.5.-Absorción.

En comparación con los agregados naturales, la absorción en los ARC presenta un aumento significativo, lo cual es directamente influenciado por la alta porosidad tanto de las partículas de mortero adherido como la del porcentaje de material cerámico existente. La alta absorción de los ARC afecta directamente la manejabilidad de la mezcla por lo cual diferentes autores y varias normas extranjeras recomiendan pre-saturar los agregados antes de la producción de concretos (Castaño 2009).

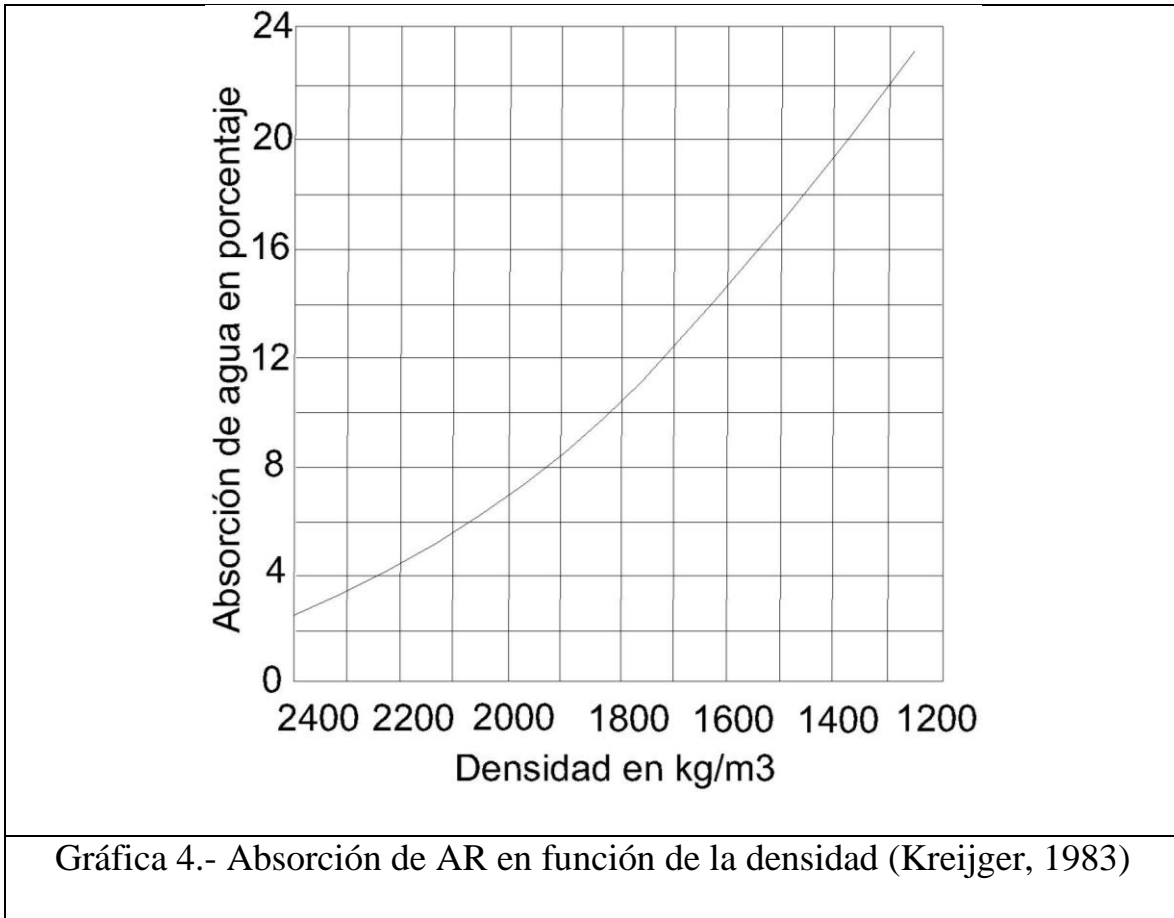
La absorción también depende en gran parte de la calidad del concreto original de los ARC, si la relación agua-cemento con la que se fabricó dicho concreto es alta, suelen dar agregados reciclados con una menor densidad y mayor absorción; por lo mismo tanto Hansen, (1986) como Ravindrarajah, (1998) ostentan que existirá una menor absorción siempre que se utilicen ARC provenientes de concretos con resistencias altas (bajas relaciones agua-cemento).

Según Castaño (2009), la absorción en los agregados naturales oscila entre 0% y el 4%, mientras que los ARC pueden aumentar estos valores en un 3% al 13%.



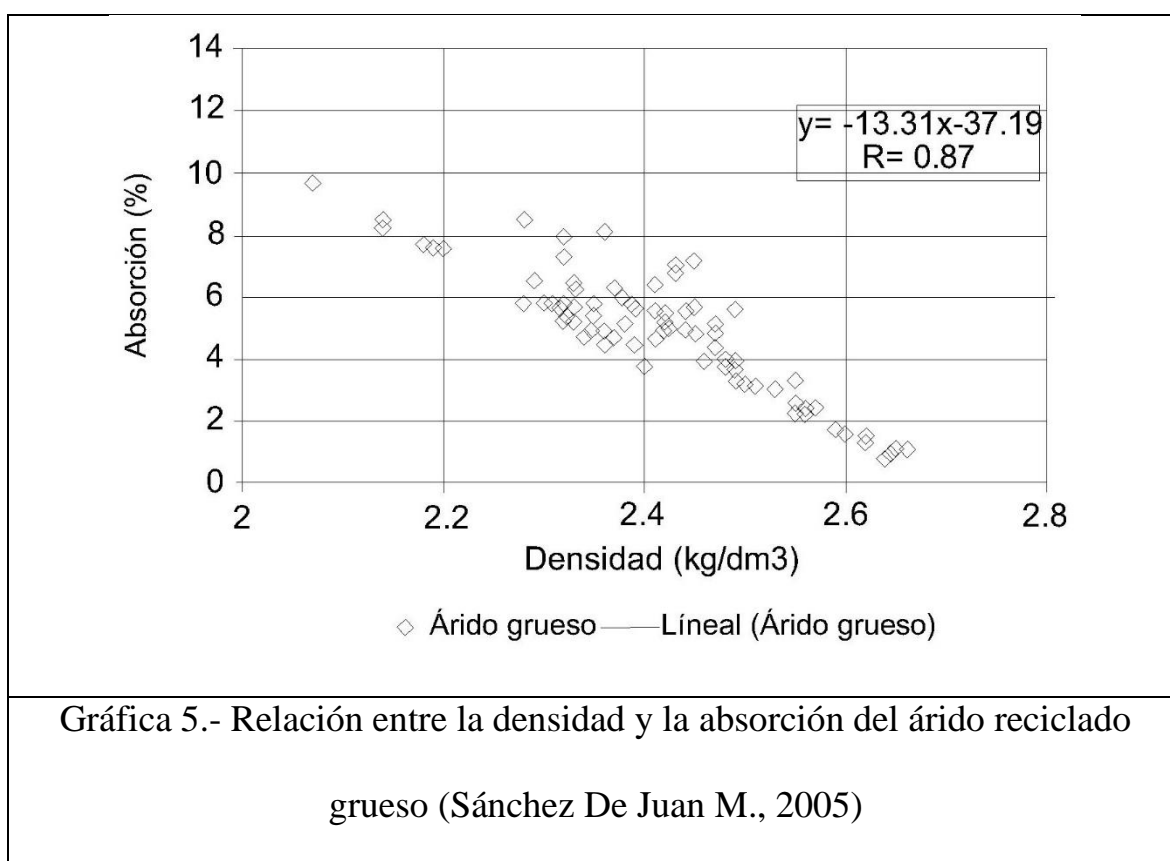
En los resultados obtenidos por Sánchez De Juan M., (2005) se encuentra que la absorción oscila entre el 4% y el 10% en agregados gruesos, designa y confirma que en agregados finos se presentan valores mayores. Existe una correlación directa entre la densidad y la absorción de un ARC, varios autores

coinciden en que, a mayor densidad del material, se presentará una menor absorción, como se muestra en la siguiente ilustración:



Por ejemplo, Kreijger (1983) encontró que existe una relación parabólica entre la densidad y la absorción de un ARC, en otras palabras, cuando la densidad es reducida debido a la adhesión del mortero, la absorción tiende a subir.

Ruhl M. (1997), evidenció que el tamaño del agregado y la cantidad de mortero adherido influyen directamente en la absorción, también encontró que la absorción alcanza un valor de 80% al 90% en los primeros 10 minutos de saturación del material, dicho valor concuerda con la recomendación de varios autores de saturar el ARC hasta un valor del 90% aproximadamente, con el fin de mejorar el desempeño y la manejabilidad del concreto. Por su parte, Sánchez De Juan M., (2005) tras una serie de estudios, deduce que la fracción gruesa de los ARC refleja una buena correlación entre la densidad relativa del material y la absorción, como se muestra en la siguiente ilustración:



Por su parte, Sánchez De Juan M. (2005) tras una serie de estudios, deduce que la fracción gruesa de los ARC refleja una buena correlación entre la densidad relativa del material y la absorción. Existen diferentes recomendaciones, normativas y especificaciones acerca del uso de los ARC, en donde se establecen valores de absorción y densidad (entre otras propiedades físicas) permitidos para la producción de una mezcla de concreto eficiente. A continuación, se presenta una tabla que expone la absorción máxima y la densidad mínima que deben tener los AR en diferentes países.

Normas o especificaciones		Absorción	Densidad
País	Tipo AR	máxima (%)	mínima (kg/m ³)
Japón	Tipo 1	3	2200
	Tipo 2	5	
	Tipo 3	7	
Alemania	Tipo 1	10	2000
	Tipo 2	15	
	Tipo 3	20	1800
	Tipo 4	-	1500
Bélgica	GBSB 1	18	160
	GBSB 2	9	2100

Rilem	Tipo 1	20	1500
	Tipo 2	10	2000
	Tipo 3	3	2400
Hong Kong	-	10	2000
España	-	7	-
Brasil	-	12	-
Australia	-	8	2100

Tabla 2.- Normas o especificaciones de distintos países con respecto a la absorción máxima y la densidad mínima (Sánchez De Juan M., 2005).

2.3.2.6.-Resistencia a la abrasión.

Generalmente el agregado reciclado presenta un valor de coeficiente de los Ángeles de resistencia a la abrasión mayor que el agregado natural debido a que las partículas de mortero adherido se desprenden durante el ensayo (Fonteboa, 2002). La abrasión en la Máquina de los Ángeles según Hansen T.C., (1983) y Fonteboa (2002), es mayor cuando la resistencia del concreto reciclado es menor, debido a la baja resistencia del mortero adherido. Es complicado predecir el comportamiento del agregado en el ensayo de abrasión porque éste depende en su mayoría del tamaño de la partícula, la calidad del agregado

reciclado, la cantidad de mortero adherido, y la calidad del mortero. Generalmente los valores de coeficiente de los Ángeles se encuentran en un rango entre el 25% y el 40%, (Sánchez De Juan M. 2005). A continuación, se presentarán algunos resultados obtenidos por autores del coeficiente de los Ángeles comparando el agregado natural con el agregado reciclado:

Autor	Fracción de árido	Árido natural	Árido Reciclado
Ravindrarajah (1987)	5mm-37.5 mm	18.10%	37.00%
Barra (1996)	12mm-20mm	24.70%	31.00%
	6mm-12mm	20.40%	29.50%
González (2002)	12mm-25mm	27%	34.00%
Sánchez (2005)	4mm-16mm	35.80%	38.90%

Tabla 3.- Coeficiente de los Ángeles, comparativo árido natural – árido reciclado. Tomado de (Castaño, 2009).

2.3.2.7.-Contaminantes e impurezas.

Los contaminantes que son encontrados generalmente en los agregados reciclados son variados, como madera, plástico, vidrio, cerámica, asfalto, materia orgánica, aluminio, etc. Estos contaminantes generan un problema dado que intervienen negativamente en las propiedades del concreto reciclado. El agregado reciclado procedente de material de escombros de concreto presenta menos impurezas y contaminantes que el producido por escombros de obra, éstas impurezas generan una disminución en la resistencia del concreto, aparte de la disminución en la resistencia se evidencian más problemas tales como reacciones álcali-agregado (vidrio), ataque por sulfatos (yeso), desprendimientos superficiales (madera o papel), elevada retracción (arenas arcillosas) o mal comportamiento hielo-deshielo (ladrillos) (Rueda, 2011).

Existen diferentes normas que proporcionan el máximo contenido de impurezas en porcentaje de proporción en masa para los diferentes materiales que componen el agregado reciclado. La norma BS 8500-2:02. “Specification for Constituent Materials and Concrete” diferencia el agregado reciclado proveniente de concreto (RCA) y el de escombros o residuos de obra (RA), como se muestra en la tabla a continuación:

Elementos	Máximo contenido de impurezas % proporción en masa	
	RCA	RA
Material cerámico	5	100
Partículas ligeras	0.5	1
Asfalto	5	10
Otros materiales (vidrio, plástico, metales, etc.)	1	1

Tabla 4.- Composición de los agregados reciclados según la norma BS8500-2:02

La norma japonesa Bureau (2002), establece los valores máximos de contenido de impurezas en función de su naturaleza, como se muestra en la tabla a continuación:

Elementos	Máximo contenido de impurezas en proporción de masa

Contenido de yeso u otras impurezas de densidad <1950 kg/m ³	10 kg/m ³
Contenido de asfalto, madera, plásticos, papel, pinturas y otras partículas retenidas en el tamiz 1,2 mm o densidad <1200 kg/m ³	2 kg/m ³

Tabla 5.- Composición de los agregados reciclados según la norma japonesa.

Bureau, (2002)

La norma alemana DIN 4223 presenta el contenido de impurezas del agregado reciclado según lo muestra la siguiente tabla:

Elementos	Máximo contenido de impurezas %			
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Hormigón, áridos minerales en conformidad con DIN 4226-1	≥90	≥70	≤20	≥80
Cliker, cerámicos sin poros	≤10	≤30	≥80	
Gres calcáreo			≤5	
Contenido de materiales como cerámicos o concreto ligero o poroso,	≤2	≤3	≤5	≤20

estuco, cemento, escoria porosa o pumita					
Contenidos externos	Asfalto	≤ 1	≤ 1	≤ 1	
	Mineral: como vidrio, cerámicos, escoria de metal o yeso de estuco	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2
	No mineral: como goma (caucho), materia plástica artificial, metal, madera, restos de plantas, papel u otros materiales.	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 1

Tabla 6.- Composición de los agregados reciclados según la norma DIN 4223.

2.3.3.-Clasificación Internacional.

- **Clasificación según la norma de Estados Unidos**

A. Residuos de agregados reciclados procedentes de demoliciones, mezcla de concreto y residuos cerámicos tratados, con presencia de elementos contaminantes.

B. Residuos de demolición clasificados y limpios, mezcla de concreto y residuos cerámicos tratados, sin presencia de elementos contaminantes.

C. Residuos cerámicos limpios. Se componen de restos de ladrillos triturados que contienen menos del 5% de concreto.

D. Residuos de concreto limpios. Se componen de restos de concreto triturados que contienen menos de 5% de restos de ladrillo.

La RILEM (Unión internacional de laboratorios y expertos en materiales de construcción), señala tres tipos de agregados reciclados (Wainwright., 1994):

TIPO I: Agregados procedentes en mayoría de fábrica de ladrillo (árido cerámico).

TIPO II: Agregados procedentes en su mayoría de residuos de concreto con un contenido máximo de residuos cerámicos de 10%.

TIPO III: Agregados compuestos por una mezcla de agregados naturales mayor del 80%. El resto puede estar integrado por un 10% como máximo de agregados tipo I o hasta un 20% de agregados tipo II.

2.3.4.-Efectos del reemplazo de agregado grueso en la resistencia a la compresión.

En general, las investigaciones muestran que los concretos producidos con agregados reciclados presentan menor resistencia a la compresión que las mezclas tradicionales¹. Esta reducción es inversamente proporcional a la cantidad de sustitución de un incremento lineal en la resistencia a la compresión entre un 20% y 30% en concretos con un nivel de sustitución de 50% y 100% de agregado grueso por agregado reciclado².

Sin embargo, en un estudio realizado Kallak (2009), presenta reducciones en la resistencia a la compresión hasta de un 87% para un reemplazo total del agregado grueso por CCB. Yang et al registró reducciones de un 20% a los 28 días cuando se reemplaza un 50% del agregado grueso por CCB (Yang, Du, & Bao, 2011). En la tabla se resumen los resultados de resistencia a la compresión reportados en la literatura y los parámetros más influyentes de las mezclas.

¹ Cabral, Schalch, Dal Molin, & & Ribeiro, 2010.

² Yang, Du, & Bao, Concrete with recycled concrete aggregate and crushed clay bricks. 2011.

Investigador	Contenido de cemento	Relación A/C Patrón /RAC	Tipo de Cemento	% de reemplazo de	F'c* (MPa)	F'c (MPa)
Aliabdo 2014	250	0.70/0.70	CEM-1	25, 50, 75	22,0	16,0
	350	0.5/0.5		y 100	34,0	22,5
Adamson et al. 2015	No reportado	0.42/NA	Uso General o Tipo I	25 y 50	46,0	N/A
Debieb and Kenai 2008	350	0.60/0.57	Uso General o Tipo CEM I32.5	25, 50, 75 y 100	30	21.5
Kallak 2009	250	0.47/0.75	Cemento Portland	25, 50, 75 y 100	30.0	3.2
Cabral et al 2010	430***	0.45/0.46	Cemento	50, 100	46,0	30.5
		0.6/0.6	Portland		35,0	23.5
		0.74/0.74			27,0	17.5
Yang et al 2011	435	0.47/0.47	CEM I BS EN 197-1	50	54.7	N/A
Ahmad & Roy 2011	314***	0.58/0.55	Cemento	100	17.7	18.6
	431***	0.38/0.37	Portland	100	30.2	28.6

Perez- Rojas 2012	250***	0.5/0.5	Cemento Portland	10,20 y 30	24,9	N/A
----------------------	--------	---------	---------------------	------------	------	-----

Tabla 7.- Caracterización de los agregados.

* de concreto patrón (28 días), (N/A = No aplica)

** de concreto con 100% de reemplazo del agregado grueso (28 días).

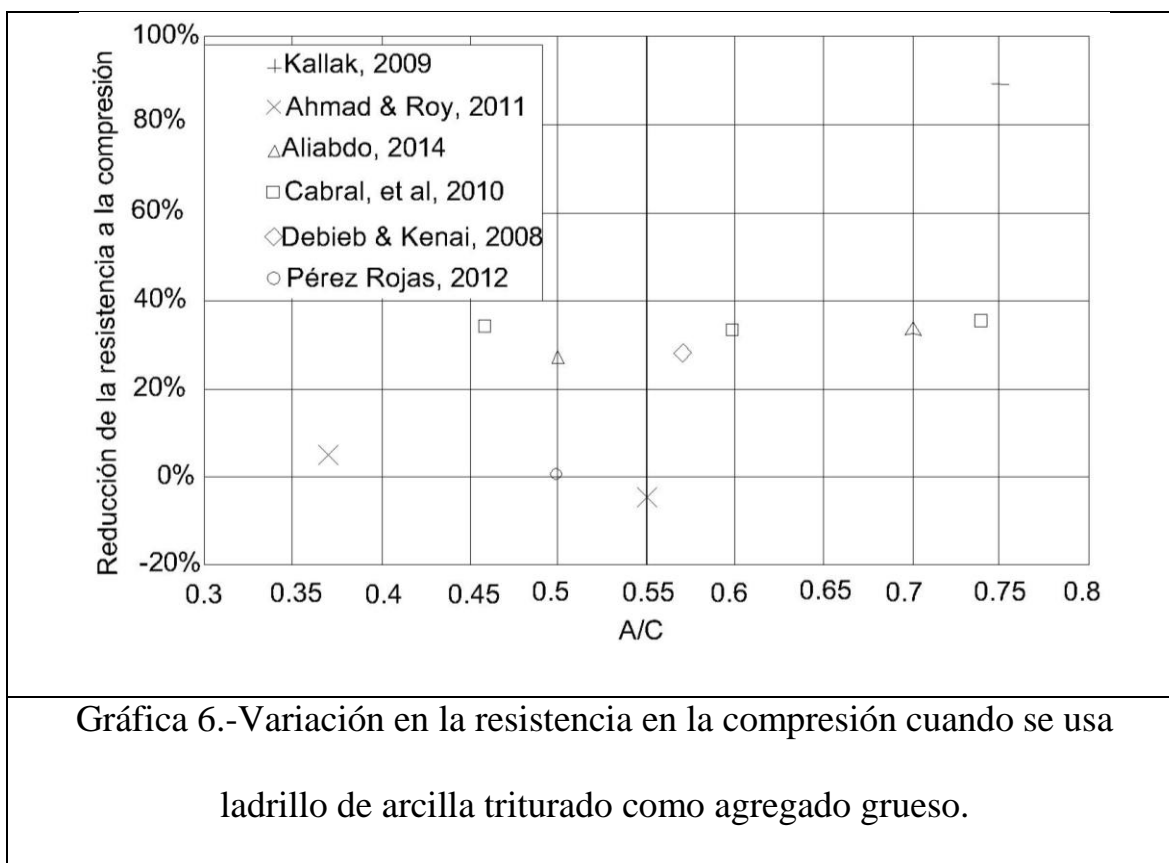
*** Valor aproximado basado en una mezcla de concreto descrito por los autores.

La tabla 7 muestra los diferentes estudios realizados con cemento portland de uso general, mezclado con concretos de triturado de arcilla y a su vez esta mezcla con otros tipos de cemento puede ser explorados.

La relación agua-cemento A/C es considerado uno de los factores más influyentes en la resistencia a la compresión del concreto reciclado³, por tanto, se grafica el porcentaje de reducción de la resistencia a la compresión versus la relación A/C para los datos presentados en la Tabla 7. En la gráfica 6 se puede

³ Ulloa, García-Taengua, Pelufo, Domingo, & Serna, 2013

observar que en una reducción promedio del 30% puede ser esperada cuando se reemplaza el 100% de los agregados gruesos por el ladrillo de arcilla triturado. Además, teniendo en cuenta que los puntos graficados son para diferentes cantidades de la relación agua cemento, la reducción en la resistencia a la compresión parecen no ser influenciados por la cantidad de cemento usado en la mezcla. Los valores reportados por Kallak (2009) para el concreto con agregado de arcilla no son graficados ya que no se usó una relación agua/cemento similar que en el concreto patrón (0.75 vs 0.47) y, por tanto, no pueden ser comparados. Los resultados reportados por Ahmad & Roy (2011) presentan un comportamiento totalmente diferente, es decir, para una relación agua cemento de 0.55 el concreto con trozos de ladrillo presenta una mejor resistencia que el concreto realizado con triturado de piedra.



2.3.5.-Concreto madera, concreto con cáscara de arroz o de trigo.

Modernamente se fabrican hormigones mezclando cemento con virutas de madera o cáscaras de arroz o de trigo, corcho molido, etc., siendo estos materiales considerados como agregado. Algunos de estos materiales, como es el caso de la viruta, deben someterse a un tratamiento especial para lograr que la materia orgánica resulte resistente y no se pudra.

El empleo de concreta madera tiene especial aplicación en aquellas obras donde se impone un aislamiento térmico y acústico. Estos concretos tienen

baja masa unitaria y se emplean principalmente en la construcción de piezas prefabricadas. Por medio de prensas o cualquier otro medio de compactación enérgico, se pueden fabricar elementos livianos con alta resistencia a la rotura.⁴

2.4.-Concretos De Alta Resistencia.

El ACI (Instituto Americano del Concreto) describe que el concreto de alta resistencia, es aquel que tiene una resistencia a la compresión, $f'c \geq 420$ kg/cm². Mientras las N.T.C. de Concreto del RCDF 2004, lo define con una resistencia a la compresión, $f'c \geq 400$ kg/cm².

2.4.1.-Requisitos de los materiales para lograr la alta resistencia.

Se requieren al menos las siguientes características en los materiales que componen el concreto con fines de que tenga una alta resistencia a la compresión:

⁴ Ing. Gerardo A. Rivera L., Concretos Especiales, 12-feb-2011.

- Cemento. Son recomendables los tipos I y II, con contenidos significativos de silicato tricálcico (mayores que los normales), módulo de finura alto y composición química uniforme.
- Grava. De alta resistencia mecánica, estructura geológica sana, bajo nivel de absorción, buena adherencia, de tamaño pequeño y densidad elevada.
- Arena. Bien graduada, con poco contenido de material fino plástico y módulo de finura controlado (cerca de 3.00).
- Agua. Requiere estar dentro de las normas establecidas.
- Mezcla. Relaciones agua/cemento bajas (de 0.25 a 0.35), mezclado previo del cemento y del agua con revolvedora de alta velocidad, empleo de agregados cementantes, período de curado más largo y controlado, compactación del concreto por presión y confinamiento de la mezcla en dos direcciones.
- Aditivos. Es recomendable emplear alguno o una combinación de los aditivos químicos: superfluidificantes y retardantes; y, de los aditivos minerales, ceniza volante, microsílica o escoria de alto horno.
- Cenizas Volantes. Son un subproducto de los hornos que emplean carbón mineral como combustible para la generación de energía, deben tener conformidad con la norma ASTM C 618.

- Escorias Molidas de Alto Horno. Son productos no metálicos producidos en un alto horno, producto del hierro, se usa escoria bien molida de alto horno cumpliendo con la norma ASTM C989.
- Humo de Sílice. Es un material puzolánico de alta reactividad y es un subproducto de la producción de metal silíceo o ferro-silíceo, deben cumplir con la norma ASTM C1240.

2.4.2.-Procedimientos de mezclado.

Cuando el parámetro más importante por obtener es alta resistencia a la compresión, es conveniente emplear bajas relaciones agua/cemento, cuidando esencialmente la trabajabilidad del concreto y, en consecuencia, su revenimiento. En términos generales, el procedimiento de mezclado requiere, entre otros factores, mezclado previo del cemento y del agua con una revolvedora de alta velocidad, uso de aditivos, empleo de agregados cementantes, periodo más largo de curado, de ser posible con agua, compactación del concreto por presión y confinamiento del concreto en dos direcciones.

Adicionalmente, para la producción de este tipo de concretos son indispensables el empleo selectivo de materiales, un enfoque diferente en los procedimientos de diseño y elaboración de las mezclas, atención especial en la compactación y un control de calidad más riguroso. Algunos investigadores usan como técnicas para la producción de concretos de alta resistencia su composición, una alta velocidad de mezclado y revibrado, y eventualmente la adición de algún aditivo para incrementar la resistencia del concreto.

2.4.3.-Uso y Aplicación de los Concretos de Alta Resistencia.

Diversos estudios han demostrado que la economía que representa utilizar un concreto de alta resistencia, se puede ver representada directamente en el tamaño de los elementos estructurales, y en especial las columnas para los edificios de gran altura, de mediana altura y los de baja altura.

Debido a que se reducen los tamaños de los elementos estructurales, produce un material más durable y resistente, y aparte, porque en el sometimiento a un análisis dinámico, se ha podido demostrar que produce menor desplazamiento lateral, y con ello le da más resistencia a la rigidez lateral y al acortamiento axial del edificio.

Otro aspecto importante del uso de Concretos de Alta Resistencia es que además pueden disminuir el uso de tamaños diversos de cimbras para la estructura de soporte, debido a que se puede iniciar usando un concreto de alta resistencia en los niveles inferiores y en los niveles posteriores, únicamente se disminuye la resistencia, esto conlleva a mantener iguales las dimensiones de los elementos en todo el edificio. Respuesta esquemática de la deformación por carga axial bajo cargas concéntricas de columnas de concreto de alta resistencia con refuerzo transversal. A medida que se incrementa la resistencia del concreto, la porción ascendente de la curva se acerca a una línea recta. Por lo general la capacidad de carga axial que soporta la columna viene dada por la ecuación 1 que nos proporciona el reglamento del ACI318-05.

$$P_o = 0.85f'_c (A_g - A_s) + A_s f_y \text{ (ec.1)}$$

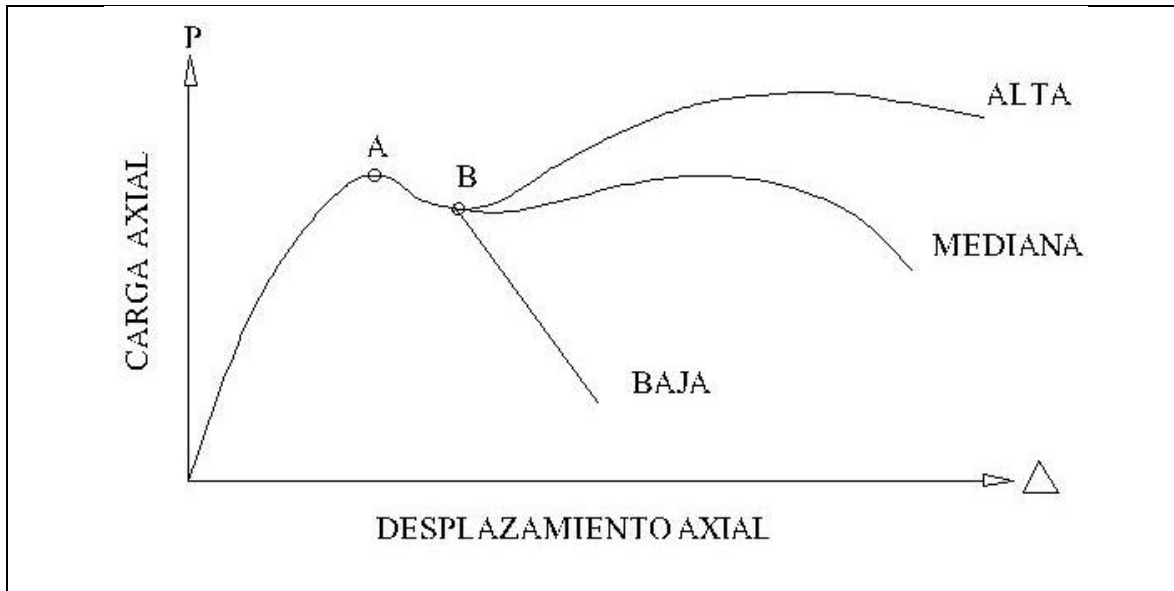
Donde:

P_o = Capacidad de Carga Axial pura de las columnas calculada de acuerdo con la ecuación de resistencia nominal del ACI 318-05

f'_c = Resistencia a compresión del concreto

A_g = Área total de la sección transversal de la columna

A_s = Área del acero longitudinal



Gráfica 7.- Comportamiento esquemático de columnas de concreto de alta resistencia sometidas a cargas axiales concéntricas axiales, con cantidades bajas, medianas y alta de refuerzo transversal de acuerdo al ACI318-05.

2.5.-Concretos autocompactable.

Este concreto de alta fluidez y sin segregación, puede extenderse hasta quedar en su lugar, llenar la cimbra y encapsular el refuerzo sin ninguna compactación mecánica. La fluidez del concreto autocompactable es medida en términos de expansión cuando se usa una versión modificada de la prueba de revenimiento (ASTM C 143). La expansión (flujo por revenimiento) del concreto autocompactable típicamente varía de los 455 a 810 mm, dependiendo de los requisitos para el proyecto.

La viscosidad, tal como se observa visualmente por la tasa a la cual se expande el concreto, es una característica importante del concreto autocompactable plástico y puede ser controlada al diseñar una mezcla para que se ajuste al tipo de aplicación para la que se está construyendo.

2.5.1.-Características.

Las características fundamentales que deben definir un concreto autocompactable son las siguientes:

- Elevada fluidez: el concreto autocompactable se caracteriza por una elevada fluidez hasta el punto que los métodos tradicionales de ensayo, como por ejemplo el cono de Abrams, resultan obsoletos.
- Elevada resistencia a la segregación: la elevada fluidez no debe implicar segregación o sangrado. La mezcla debe mantener homogeneidad tanto de forma intrínseca como al someterse a la colocación en obra.
- Adecuada viscosidad plástica: el concreto autocompactable debe fluir por la acción de su propio peso. Esto requiere ciertas características de formulación para que el concreto no se bloquee en su paso a través del

acero de refuerzo, con un perfecto relleno y que fluya a través de la cimbra, acomodándose a su forma.

- Deformabilidad en estado fresco: para obtener buenos acabados y un perfecto recubrimiento del armado.

2.5.2.- ¿Cómo se logra el CAC?

Dos importantes propiedades específicas del CAC en estado plástico son la fluidez y la estabilidad. La alta fluidez del CAC se logra con el uso de aditivos reductores de agua de alto rango (HRWR por sus siglas en ingles) y no con la adición de agua extra de mezclado.

La estabilidad o resistencia a la segregación de la mezcla de concreto en estado plástico se obtiene mediante el incremento de la cantidad total de finos en el concreto y/o mediante la utilización de aditivos que modifican la viscosidad de la mezcla. Se puede lograr un incremento en el contenido de finos, incrementando el contenido de materiales cementicios o por la incorporación de finos minerales.

Los aditivos que afectan la viscosidad del concreto son especialmente útiles cuando la gradación de las fuentes de agregados disponibles no se pueden optimizar para mezclas cohesivas o con grandes variaciones en la fuente. Una buena gradación de agregados le ayuda al CAC a reducir el contenido de materiales cementicios y/o la reducción de dosificación de aditivos. Mientras que mezclas de CAC han sido producidas satisfactoriamente con agregados de 1 ½ pulgadas (38 mm), es fácil diseñar y controlar con agregados de tamaños menores.

También es crítico controlar el contenido de humedad de los agregados para producir una buena mezcla. Las mezclas de CAC típicamente tienen un alto volumen de pasta, menos agregado grueso y una alta relación arena-agregado grueso, comparada con una típica mezcla de concreto. La retención de fluidez del CAC en el sitio de descarga de la obra es un aspecto muy importante.

Altas temperaturas, largas distancias de acarreo y demoras en el sitio de la obra puede resultar en la reducción de la fluidez, reduciendo así los beneficios en el uso del CAC. La adición de agua al CAC en el sitio de trabajo no siempre

puede cumplir las expectativas de incrementar la fluidez y podría causar problemas de estabilidad.

Puede que no sea posible cargar los camiones mezcladores a su capacidad total con CAC de alta fluidez, debido a potenciales derrames. En estos casos, es prudente transportar el CAC con una baja fluidez y ajustar la mezcla con aditivos reductores de agua de alto rango (HRWR por sus siglas en inglés) en el sitio de la obra. Se debe tener cuidado en mantener la estabilidad de la mezcla y minimizar bloqueos durante el bombeo y colocación del CAC en espacios restringidos. Las formaletas deben ser diseñadas para resistir la presión del fluido de concreto y para soportar la mayor cabeza de presión. El CAC debe poder colocarse en elementos altos y esbeltos. Una vez que el concreto es colocado, no debe presentar segregación, exudación o asentamiento.

La mezcla de CAC se puede diseñar para proporcionar las propiedades requeridas en el concreto endurecido para una aplicación, de manera similar al concreto convencional. Si la mezcla de CAC se diseña con un alto contenido de pasta o de finos, comparada con el concreto convencional, se puede presentar un incremento en la contracción.

2.5.3.-Ventajas.

La experiencia japonesa durante los siguientes años ha posibilitado la identificación de una serie de ventajas importantes en el uso del concreto autocompactable:

- Menor dependencia de la formación y experiencia de los operarios para obtener estructuras durables.
- Se pueden evitar problemas ocasionados por una compactación inadecuada provocada por la falta de comunicación entre los proyectistas y los ingenieros en la obra.
- Se puede reducir considerablemente el plazo de ejecución de la construcción, especialmente en estructuras monolíticas.
- Facilita el diseño de elementos más complejos que serían difíciles o poco viables de construir mediante vibración convencional.
- Reduce el ruido debido a la eliminación de la vibración, especialmente en plantas de prefabricación y obras en entornos urbanos.
- Beneficio para el ambiente de trabajo y la salud laboral.

2.6.-Concretos Ligeros.

Son aquellos cuya masa unitaria es inferior a 2300 kg/m^3 . Pueden estar constituidos por áridos ligeros, los cuales se producen comercialmente en hornos giratorios que hacen que estos se esponjen y por conglomerados hidráulicos o resinas sintéticas. Entre las ventajas que ofrecen los hormigones ligeros tenemos: bajo masa, aislamiento térmico, resistencia al fuego, etc.

Los hormigones ligeros se clasifican según su composición, la que depende de la técnica para obtener los vacíos en el hormigón y según su constitución que depende de los agregados, los cuales tienen baja densidad. Hay básicamente dos tipos:

2.6.1.-Concreto Ligero Estructural.

Es aquel que a los 28 días tiene una resistencia a la compresión mínima de 175 kg/cm^2 y una masa unitaria menor de 1850 kg/m^3 . Está compuesto por agregados ligeros que se clasifican de acuerdo a su fabricación, debido a que en los distintos procesos se producen agregados con propiedades físicas diferentes, las cuales influyen en las propiedades del concreto ligero, como son: masa unitaria, absorción, forma, textura y densidad aparente. Con este

concreto se tiene la ventaja de utilizar menos refuerzo, puesto que la masa propia de la estructura es menor, aunque puede suceder que el costo del agregado ligero sea muy alto y encarezca el hormigón.

2.6.2.-Concreto Ligero No Estructural.

El concreto ligero no estructural tendrá una resistencia a la compresión a los 28 días máximo de 70 kg/cm^2 y una masa unitaria que no sobrepasa los 1500 kg/m^3 ; estos hormigones se usan principalmente como aislantes térmicos y se emplean generalmente en techos de edificaciones. Una forma de obtener un concreto ligero, sin recurrir a agregados livianos es introduciendo burbujas de gas en la mezcla plástica a fin de producir un material con estructura celular. Este "concreto gaseoso o espumoso", utilizado principalmente como aislante térmico, se obtiene mediante una reacción química que genera un gas en la mezcla fresca, de modo que al fraguar se obtiene un gran número de burbujas; el material que se emplea para producir la reacción química es normalmente el aluminio en forma de polvo muy fino, aunque también se usa polvo de zinc o de una aleación de aluminio. Otra forma de lograr un concreto ligero es eliminando el agregado fino de la mezcla, es decir, un concreto de solo cemento, agua y agregado grueso, este

concreto se conoce con el nombre de "concreto sin finos".

El concreto sin agregado fino es una aglomeración del agregado grueso, donde cada una de las partículas queda rodeada por una capa de pasta de cemento; existen por consiguiente grandes poros dentro del cuerpo del concreto, a los cuales se debe su baja resistencia, pero el gran tamaño de los vacíos significa que no puede haber ningún movimiento capilar de agua. Por lo tanto, una de sus aplicaciones es en rellenos donde se quiera eliminar la ascensión del agua por capilaridad.⁵

2.7.-Concretos Autocurables.

Concreto Hidratium es una nueva tecnología que surge como respuesta ante la presencia de fisuras y grietas en el concreto. Esta innovación en concreto aporta mayor tolerancia a las consecuencias de las deficientes prácticas de curado, permitiendo inclusive eliminar este proceso.

⁵ ING. GERARDO A. RIVERA L. CONCRETOS ESPECIALES, 12-feb-2011

Este mecanismo, diseñado por Cemex, regula y controla la pérdida de humedad para reducir la formación de fisuras, eliminando el curado externo. Además, la mezcla de concreto tiene la capacidad de retener el agua, reduciendo la contracción por secado y mejorando la resistencia.

2.7.1.-Propiedades.

- El desempeño es equivalente al uso de curadores externos.
- La tecnología es aplicable a todo tipo de concreto donde sea crítica la formación de fisuras por contracción plástica aumentando la durabilidad del concreto.
- Disminuye considerablemente la aparición de fisuras.
- Tiene mayor retención de agua, lo que ayuda a una hidratación del cemento más uniforme y eficiente.
- Reduce a largo plazo la contracción por secado.
- Pierde casi 7 veces menos de agua que un concreto normal

Característica	Propiedad	Rango
Consistencia	Se suministra en revenimientos	10,14,18,20,22 y 24 cm
	Se suministra en flujos de revenimiento	50, 55,60, 65,70,75 y 80cm
Masa unitaria	Se suministra en pesos normales	Desde 1,900 kg/m ³
		Hasta: 2,400 kg/m ³

Tabla 8.-Estado fresco.

Característica	Propiedad	Rango
Resistencia	Se suministra en $f'c$ (comprensión).	Desde: 100 kg/cm ² hasta: 700 kg/cm ² a los 28 días.
	Se suministra en módulo de ruptura (flexión)	Desde: 35 kg/cm ² hasta: 50 kg/cm ² a los 28 días.

Tabla 9.-Estado endurecido.

*En tasas de evaporación mayores a 0.50 l/m²/h, es recomendable aplicar procesos de protección al concreto.

2.7.2.-Aplicaciones.

La tecnología Hidratium es aplicable a los principales sistemas constructivos:

- Sistema Tradicional (Placas- Columnas)
- Sistemas Industrializados (Muros y Placas)
- Mampostería Estructural
- Pavimentos
- Concretos de Alta resistencia
- Tanques y Piscinas
- Concretos Masivos

La tecnología Hidratium permite combinarse con todos los tipos de concretos como convencionales, autocompactantes, baja permeabilidad, acelerados de resistencia, arquitectónicos, pavimentos, etc.

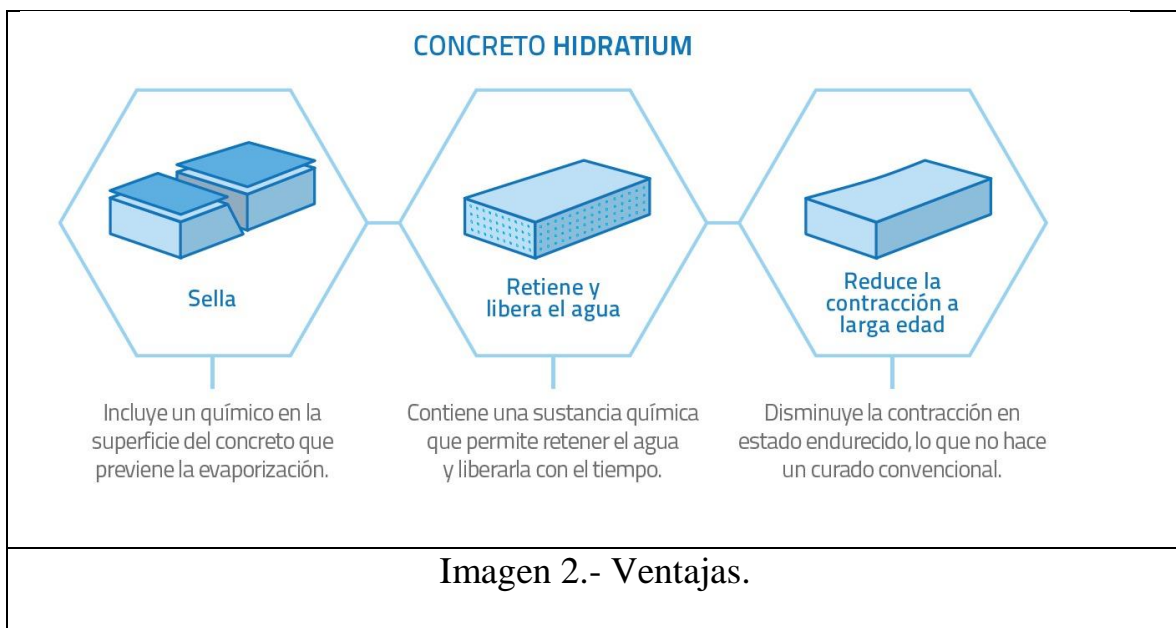
Esta tecnología es ideal donde la aplicación del curado sea fundamental en la calidad final del concreto y donde resulte crítica la formación de fisuras por contracción plástica.

Ideal para obras donde no sea fácil curar el concreto por deficiente suministro de agua, o sobre costos de la aplicación de productos curadores.

2.7.3.-Ventajas.

- Ahorro de tiempo y mano de obra durante la construcción. Tiempo de construcción se reduce alrededor de un 30%.
- Elimina el uso de curado externo. (Disminución de costos).
- Ahorra horas/hombre dedicadas al proceso de curado.
- Mejora las propiedades del concreto en estado fresco.
- Puede garantizar mejores acabados y menores costos en post venta por reducción de fisuras.
- Garantiza la hidratación del cemento y en consecuencia el desarrollo adecuado de resistencias en el elemento estructural.

- Elimina las fallas asociadas a la mano obra durante el curado (ausencias, pérdidas y desperdicio).
- Elimina la necesidad de retirar la membrana curadora.
- Disminuye costos de reparación a mediano-largo plazo.



2.8.-Concretos Con Geopolímeros.

Los materiales compuestos de aluminosilicatos, activados químicamente de un modo adecuado con productos alcalinos, representan nuevos materiales cementantes; que se forman siguiendo un proceso químico multiforme que se desarrolla en varias etapas separadas pero interrelacionadas.

Este proceso químico es diferente al seguido en la fabricación del cemento portland tradicional y; da lugar a la formación de son los llamados cementos geopolímero (geopolymer cement); con ellos los que pueden fabricarse materiales diversos, como morteros y hormigones sin utilizar cemento portland. Estos nuevos materiales suscitan gran interés por sus prestaciones y por su menor cantidad de CO₂ emitida a la atmósfera, entre el 20 y el 40% de la emitida en la fabricación del cemento portland), por su menor consumo de energía (1/3 de la del c.p.), por la preservación de materia prima no renovable y por la reutilización de residuos y de subproductos de procesos industriales.

Los geopolímeros son polímeros inorgánicos que siguen una ruta química de polimerización, similar a la de los polímeros orgánicos, mediante un proceso específico de geopolimerización que se desarrolla en varias etapas en un medio alcalino. Constituyen un sistema formado por la síntesis química (geopolimerización) de sus componentes que fraguan y endurecen a temperatura ambiente; la síntesis química se desarrolla siguiendo una ruta química diferente de la seguida en la fabricación del cemento portland, que

origina una fase cementante de microestructura sintética y con distintas propiedades.

Sus principales propiedades son: fraguado lento, curado rápido y rápido desarrollo de la resistencia, la mayor parte se desarrolla a las 24 horas.

2.8.1.-Componentes.

Los componentes del cemento geopolímero son:

- a) Un material precursor
- b) Un material alcalinizador
- c) Agua

Los materiales aluminosilicatos precursores pueden ser diversos y dan lugar a diferentes tipos de cemento geopolímero; pueden ser: determinadas arcillas calcinadas procedentes de caolines y de lateritas, rocas volcánicas, residuos mineros, subproductos de la industria metalúrgica (cenizas volantes, escorias granuladas de horno alto).

Como agente alcalinizador se utilizan, generalmente, silicatos sódicos y/o potásicos solubles en agua que producen soluciones acuosas alcalinas, no agresivas químicamente, con una relación molar (RM) $\text{SiO}_2/\text{M}_2 > 1.45$, siendo M los cationes Na^{1+} y K^{1+} .

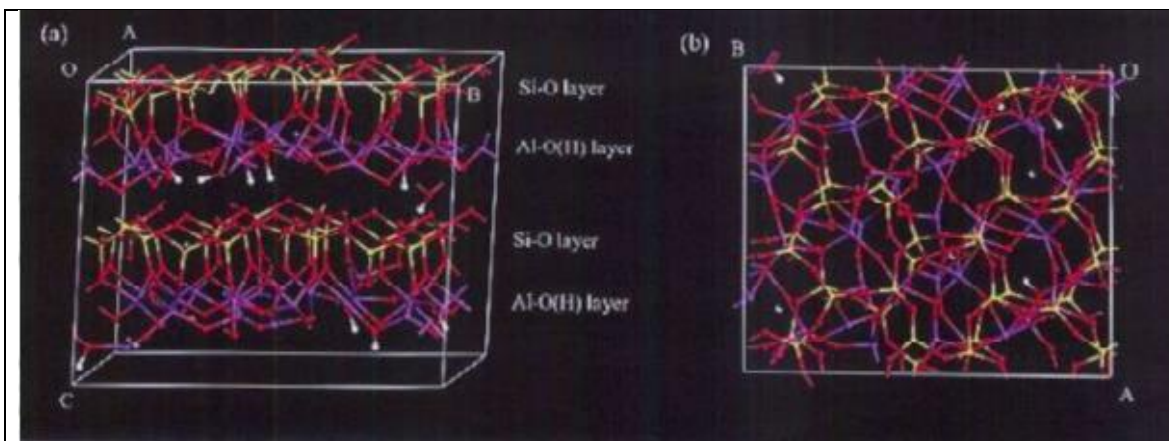


Imagen 3. Nanoestructura del metacaolín (Si (amarillo), Al (púrpura), Oxígeno (rojo)).

Las posibles materias primas precursoras para la fabricación de materiales geopolímeros, son los materiales silicoaluminatos que contengan muy poca cantidad de Ca^{2+} e impurezas en su composición y cantidades importantes de SiO_2 y de Al_2O_3 de estructura amorfa; pueden incorporar puzolanas no calcáreas, metacaolín, residuos de vidrio, mezcla de metacaolín

(> = 70%) y residuos de vidrio (< = 30%) materiales de origen geológico, que convierte a los geopolímeros en productos ecológicos que no necesitan para su fabricación utilizar rocas calizas, puzolanas RHA, residuos de vidrio, mezcla de metacaolín (> = 70%) y residuos de vidrio (< = 30%), materiales de origen geológico; estos materiales se transforman en geopolímeros, productos ecológicos que no necesitan para su fabricación utilizar rocas calizas.

2.8.2.-Propiedades.

Las propiedades principales de los materiales geopolímero son:

- Más ecológicos.
- Más ligeros.
- Endurecimiento (el 50% en 18h.) y curado (en 3h.) rápidos.
- Fácil manipulación.
- Mayor resistencia a los ácidos cloruros y sulfatos.
- Reducción muy importante de las emisiones de CO₂ (del 70 - 80%).
- Resistencia al ciclo hielo-deshielo.
- Mayor durabilidad.
- Retracción mínima.
- Mayor resistencia al calor y al fuego; ausencia de spalling explosivo.

- Resistencias a compresión similares o superiores a la de los hormigones fabricados con cemento portland (Max. 90-100 Mpa.); resistencia a flexión (10-15 Mpa.) sin adición de fibras.

*Para activar las cenizas volantes silíceas (V, FA - F) debe utilizarse el (Na, K) OH, el (Na, K) SiO₃ o combinaciones de ambos en concentraciones variables (6 - 12 M).

*La resistencia a compresión de los hormigones se incrementa, generalmente, con la concentración de la molaridad del activador (Na, K) OH y con la relación másica Na₂SiO₃/ (Na, K) OH en la solución.

2.9.-Otros Concretos.

2.9.1.-Concreto Outinord.

Es un concreto de fluidez media, acelerado de resistencia y fraguado, diseñado especialmente para ser empleado en el sistema túnel, permitiendo una rápida rotación de formaleta y velocidad en la construcción.

2.9.2.-Concreto Contech

Concreto fluido, acelerado de resistencia y fraguado, diseñado para sistemas industrializados de rápida rotación de formaleta y perfectos acabados. Empleados en la construcción de muros y placas del sistema modular (Contech o Wester).

2.9.2.1.-Especificaciones.

- Resistencias ofrecidas: 105, 140, 175, 210, 245 y 280 kg/cm².
- Tiempo de manejabilidad: 1.5 en clima frío, 1 hora en clima medio.
- Asentamiento de diseño: 7” para muros, 4” para placas.
- Tiempos de fraguado inicial: 6 a 8 horas en clima frío, 4 a 5 horas en clima medio.

2.9.2.2.-Ventajas.

- Permite altos rendimientos de construcción debido a la alta rotación de formaleta.
- Se logran fraguados y resistencias aceleradas.
- Mínimo desperdicio.
- Excelentes acabados tanto lisos como con textura.

- Fácil colocación debido a su conveniente manejabilidad.

2.9.3.-Concreto reforzado con fibras.

Es un tipo de concreto que entre sus componentes emplea las fibras macro o micro, siendo perfecto para usar en ciertas aplicaciones estructurales, ya que las fibras logran sustituir el refuerzo con varillas de acero, y a la vez llega a disminuir el encogimiento. Cuando hace uso de macro fibras, el concreto se torna mucho más dúctil y resistente a la aparición de grietas y posterior propagación.

El concreto convencional con fibras discontinuas diferentes se define como concreto reforzado con fibras. Para ello se utilizan fibras de diferentes formas y tamaños de acero, plástico, vidrio, carbono y fibras naturales, pero para que pueda ser eficaz el refuerzo debe tener una rigidez mayor que la matriz de concreto a la que deben reforzar.

En general se puede decir que las fibras con una reducida rigidez (de plástico o de fibra natural) únicamente ofrecen ventajas para mejorar la

resistencia a tensión de los concretos plásticos y que por eso se utilizan principalmente para reducir la contracción plástica o la formación de fisuras por contracción.

El acero es el material que más se emplea en las fibras, los reducidos porcentajes en volumen de fibras (inferior al 1 %) se emplean para reducir la formación de fisuras por contracción. Las más comunes son las fibras de acero redondas que se producen a través del corte de alambres y generalmente tienen diámetros que varían entre los 0.25 y 1 mm. Los volúmenes medios (entre el 1 y el 2%) mejoran la resistencia a tensión, flexión y torsión, la tenacidad contra rotura y la resistencia al impacto, mejorando la resistencia hasta tres veces la del concreto simple.

Las mezclas de concreto que contienen más de un 2% pueden ser difíciles de manejar y colocar debido a la tendencia de las fibras a apelotonarse. El refuerzo de fibras puede influir claramente en la trabajabilidad del concreto. Por eso se debe tener en cuenta este hecho a la hora de realizar las mezclas de los concretos reforzados con fibras.

En cuanto al concreto reforzado con fibras flexibles, actualmente se puede observar un creciente interés por parte de arquitectos y planificadores, en el empleo de concreto reforzado con fibras textiles como material de construcción. En lugar del habitual refuerzo de acero, se emplean de forma creciente, materiales de refuerzo no metálicos altamente resistentes a la tensión, que crean nuevas áreas de aplicación para el concreto como materia prima. Las áreas principales para el concreto reforzado con fibras textiles, se encuentra actualmente en la construcción de fachadas.

La ventaja esencial del concreto reforzado con fibras textiles es la insensibilidad a la corrosión de los materiales de fibras empleados como refuerzo. Junto con una ubicación dirigida del refuerzo en las zonas de tensión del elemento, es posible la elaboración de estructuras muy delgadas con una elevada capacidad de carga.

El comportamiento de carga del concreto reforzado con fibras textiles está influido decisivamente para las propiedades del material y la adherencia al refuerzo textil. Como material de fibra se emplea actualmente de preferencia el

vidrio resistente a los álcalis, ya que el dióxido de circonio le confiere propiedades de durabilidad notablemente mejores que el habitual vidrio.

Sin embargo, también para vidrio resistente a los álcalis se espera un daño en el medio alcalino del concreto. La pérdida de resistencia esperada depende de las condiciones climáticas del entorno del elemento. Fundamentalmente, el empleo de fibra de carbono es una alternativa al vidrio y ofrece, en función de la elevada capacidad de carga, el mayor módulo de elasticidad y mayores propiedades de durabilidad.

2.9.3.1.-Tipos de fibras.

- Microfibras: Normalmente son fibras de plástico, polipropileno, polietileno nylon, que ayudan a reducir la segregación de la mezcla de concreto y previenen la formación de fisuras durante la construcción. Las fibras multifilamento permiten obtener mejores resultados y sus longitudes oscilan entre los 12 y los 75 mm y se dosifican en el concreto entre 0,6 kg/m³ y 1 kg/m³.

- **Macrofibras:** Generalmente son de materiales como acero, vidrio, materiales sintéticos o naturales (fique y otros), los cuales se utilizan como refuerzo distribuido en todo el espesor del elemento y orientado en cualquier dirección. Las fibras actúan como malla electrosoldada y varillas de refuerzo, incrementando la tenacidad del concreto y agregando al material capacidad de carga posterior al agrietamiento. Entre los beneficios del uso de concreto reforzado con fibras -CRF- se encuentran el incremento de la resistencia al impacto y a la fatiga. Su diámetro oscila entre los 0,25 mm y 1,5 mm con longitudes variables entre 13 mm y 70 mm.



Imagen 4.-Fibras metálicas para el refuerzo de concreto.

2.9.3.2.-Propiedades y ensayos aplicables a las fibras.

El aspecto más importante del desempeño mecánico para el concreto reforzado con fibras es el comportamiento a la tensión. Sin embargo, es complicado realizar ensayos uniaxiales de resistencia a la tensión, especialmente si se busca conocer la respuesta del material después de la carga máxima. Las propiedades en estado fresco tienen influencia de la geometría de las fibras y la dosificación de las mismas.

La manejabilidad del concreto reforzado con fibras depende de la dosificación en volumen de las fibras, la geometría, el estado superficial y el enlace entre ellas, las dimensiones de los agregados y su cantidad relativa.

El ensayo de asentamiento con el cono de Abrams al concreto reforzados con fibras presenta ciertas dificultades, ya que la matriz del concreto en la mayoría de casos es muy cohesiva y no fluye libremente. El ensayo adecuado para determinar la fluidez en este tipo de concreto es por medio del cono invertido, en el cual se utiliza una vibración interna.

Ensayo	Nombre de la Norma
Asentamiento NTC 396	Método de ensayo para determinar el tiempo de fluidez del concreto reforzado con fibras a través del cono de asentamiento invertido (ASTM 995)
Flexión ASTM C1018	Standard Test Method for Flexural Toughness and First – Crac Strength of Fiber – Reinforced Concrete (Using Beam UIT Third-Point Loading)

Tenacidad NTC 5721	Método de ensayo para la determinación de la capacidad de absorción de energía (tenacidad) de concreto reforzado con fibra
Especificación NTC 5542	Concreto reforzados con fibra
Resistencia residual	Método de ensayo para determinar el esfuerzo residual promedio del concreto reforzado con fibra

Tabla 10

CAPÍTULO III.- METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.-Introducción.

En el presente proyecto se pretenden abordar desde la perspectiva de rastreo documental las variables, tipos y características de los **concretos especiales de última generación**, por la pertinencia y actualidad del mismo tema.

3.2 ANÁLISIS DE DATOS

Dicha actividad se logra con el rastreo de artículos científicos que tienen que ver con las **innovaciones en cuanto a concreto** se refieren.

3.3 DELIMITACIÓN DE LA MUESTRA DE ESTUDIO

Se limita a las temáticas planteados en la construcción del objeto de estudio de la presente investigación.

3.4 RECOLECCIÓN DE DATOS

Esta se volcó hacia las bibliográficas físicas y digitales especializadas en referencia a nuestro tema de investigación.

3.5 LUGAR DE INVESTIGACIÓN

Escuela de ingeniería de Mazatlán, Sinaloa, México.

3.6 PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

La información académica y el conocimiento científico de frontera nos dan la certidumbre en las bases epistemológicas formativas y nos amplía nuestros marcos de referencia apoyándonos en las tomas de decisiones profesionales de gabinete y campo.

En la medida que los constructores y concreteras de la región sur de Sinaloa, tengan información de calidad con referencia científica de punta, en base a los concretos especiales de última generación se tendrá una mejor herramienta en la toma de decisión de uso y empleo del concreto.

3.7 INTRODUCCIÓN

La metodología que se utiliza en esta investigación; es de carácter cualitativo y de corte descriptivo en su primera fase. Este planteamiento se

justifica utilizando conceptualizaciones y explicaciones, sobre la toma de diversas técnicas para el desarrollo de nuestra investigación.

¿Por qué investigación descriptiva?

Este tipo de investigación comprende la descripción, registro, análisis de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos.

“La investigación descriptiva trabaja sobre las realidades de hecho, y su característica fundamental es la de representarnos una interpretación correcta”.

“Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades, o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis”.

La investigación trata de establecer realidades, a partir de algunas recomendaciones. Es pertinente tomar el camino de la investigación descriptiva ya que como lo marca Mario Tamayo, la investigación descriptiva trata sobre:

- Las realidades de hecho, y una interpretación de los fenómenos actuales. Además, una razón que no nos permite salir del esquema de la investigación descriptiva es que también forman parte de la investigación los actores sociales que dan vida, transforman, y sienten en este entorno educativo, como lo dice Dankhe, la base del estudio descriptivo es especificar propiedades de personas, grupos, comunidades sometidas a un análisis.

¿Por qué utilizar técnicas cualitativas?

Primero definamos el concepto según Kinner. Las técnicas cualitativas tienen como objetivo buscar información relacionada con las motivaciones, las creencias, los sentimientos y las actitudes de los encuestados. Entonces podemos resumir que las técnicas cualitativas son las que nos ayudaron a extraer datos directos, de fuentes primarias que son en este caso los actores sociales del entorno educativo.

3.8 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

En este apartado se describen las técnicas que se utilizaron en el proceso de investigación en su forma conceptual y referidas a los autores que la describen, al final se hacen una serie de conclusiones sobre las técnicas ya enumeradas, mencionándose también algunas características que pretende alcanzar el informe final.

La observación es la técnica de investigación por excelencia; es el principio de la validación de toda teoría científica. Esta técnica es la más primitiva y la más actual en el proceso de conocimiento, esta incluye desde los procedimientos informales, como la observación casual, hasta lo más sistematizados, como los experimentos de laboratorio. Durante el proceso de esta investigación, la observación se utiliza desde el planteamiento del problema hasta la preparación del informe.

Los tipos de observación que se utilizaron en el proceso de investigación se muestran enseguida. La observación de campo es la que se realiza en el lugar donde se da el fenómeno observado. Realizar la observación de campo, requiere

contar con una guía de información para recolectar los datos y para investigar los indicadores y las relaciones entre las variables. Este tipo de técnica, la hemos utilizado desde el primer acercamiento, en esta investigación, por la facilidad de su empleo y la bastedad de información que arroja.

La observación estructurada, llamada también sistemática, apela a instrumentos para la recopilación de los datos o hechos observados. En una observación estructurada se sistematizan aspectos que se estiman relevantes para determinar la dinámica interna del grupo y ellos sirve de orientación al observar, con esta modalidad pueden utilizarse distintos medios que acrecientan notablemente la capacidad de observación y control; cuadros, notas, listados, escalas y dispositivos digitales.

El empleo de los dispositivos digitales da en esta investigación los registros, imágenes, sonidos, necesarios para el análisis de los datos de campo.

Medios de observación, los medios e instrumentos de observación son los que facilitan, amplían o perfeccionan la tarea de observación realizada por el

investigador. Los que se utilizaron para fines de esta investigación son: el cuaderno de notas, mapas y dispositivos digitales, los cuales se definen a continuación, y cuál ha sido el empleo de dichos medios en este caso de estudio.

El cuaderno de notas, es una libreta que el observador lleva consigo, con el objeto de anotar sobre el terreno todas las informaciones. Los mapas, constituyen un auxilio muy valioso para la observación, sea cual fuere la índole de la investigación social, siempre será ubicarlo geográficamente con datos acerca de sus límites, situación, topografía, extensión, flora, fauna, clima, para guiar sus observaciones.

Los dispositivos digitales pueden proveer una información muy objetiva y exacta de la realidad, (La cámara fotográfica, la cámara filmadora y el grabador de voz.).

La función que desempeñan estos tres medios de información en la investigación, es el registro de datos desde el campo, como es el caso del cuaderno que nos ha permitido consultar datos, sin necesidad de volver a la

fuentes, así como los dispositivos mecánicos que toman datos que no captábamos a simple vista, sin olvidar los planos que nos permitieron delimitar el área de estudio.

El siguiente método a utilizar es el análisis documental que se define de la siguiente forma: Es la base para construir el marco teórico de la investigación y es la más utilizada en todo tipo de disciplinas; implica que las fuentes de información se utilicen adecuadamente. Esta consulta es de gran importancia en los capítulos que conforman este estudio, pero ha cobrado más relevancia en el marco teórico.

La técnica cualitativa de investigación social que usamos es la entrevista, definiéndose esta como: La entrevista estructurada, llamada también formal o estandarizada. Esta forma de entrevista se realiza sobre la base de un formulario previamente preparado y estrictamente normalizado, a través de una lista de preguntas establecidas con anterioridad. Este tipo de entrevista presupone el conocimiento previo del nivel de la información de los encuestados y que el lenguaje del cuestionario sea comprensible para ellos de una manera unívoca.

La entrevista que se pretende utilizar en la fase de recolección de datos directos de los actores sociales, buscando los datos pertinentes sobre los temas de facilidades brindadas en el proceso de enseñanza y aprendizaje, actividades extracurriculares, formación integral de los estudiantes sobre la formación de los estudiantes. Todos los instrumentos de recolección de datos se vacían en una tabla que denominamos: diseño de instrumentos para trabajo de campo.

Siguiendo esta tónica se describen también el tipo de instrumentos que se diseñaron, relacionando las categorías de investigación con los instrumentos de recolección antes citados.

La entrevista estructurada, es una parte medular de esta investigación, en la fase de recolección de datos se utilizará la misma, con los actores claves del área investigada, algunas ventajas que plantean en el uso de la entrevista son:

- Riqueza informativa
- Claridad y seguimiento de preguntas y respuestas
- Ventaja en la fase inicial

- Complementa otras actividades cualitativas.

La entrevista funciona bajo un acuerdo mutuo en el que se invita a verbalizar todo aquello que venga a la mente frente a una pregunta dada. La pregunta, elaborada en función de un guion, es considerada solo un disparador que posibilita que el entrevistado empiece a expresar, con la intensidad que desee, sus puntos de vista, conocimientos, experiencias y valoraciones sobre un tema en particular.

3.9 UNIVERSO Y MUESTRA

En la selección de informantes, las entrevistas cualitativas requieren un diseño flexible de la investigación. Ni el número ni el tipo de informantes se especifica de antemano. El investigador comienza con una idea general sobre las personas a las que entrevistará y el modo de encontrarlas, pero está dispuesto a cambiar de curso después de las entrevistas iniciales.

La estrategia del muestreo teórico puede utilizarse como guía para seleccionar las personas a entrevistar, (Glaser y Strauss, 1967). En el muestreo

teórico el número de “casos” estudiados carece relativamente de importancia. Lo importante es el potencial de cada “caso” para ayudar al investigador en el desarrollo de comprensiones teóricas sobre el área estudiada de la vida social.

Como vemos, el proceso de la selección de informantes es medular en la parte del proceso investigativo, por las características y la calidad de la información que se necesita, para la consolidación y comprobación de nuestro estudio, la selección de informantes y la conformación de la muestra, forman un punto clave en nuestro proceso de estudio. Las muestras dirigidas, como lo explica (Hernández, 1991, p. 226). Nos da pie a definir el concepto.

La muestra dirigida selecciona sujetos “típicos”. La ventaja de una muestra dirigida, es su utilidad para determinado diseño de estudio que requiere no tanto una “representatividad de elementos de una población, sino una cuidadosa y controlada elección de sujetos con ciertas características especificadas previamente en el planteamiento del problema”.

Una vez definido el concepto, encontramos tres tipos de muestras dirigidas los cuales se denominan como: La muestra de sujetos voluntarios, muestra de expertos y muestras de sujetos tipo. De las cuales tomaremos muestra de expertos y muestras de sujetos tipo.

La muestra de expertos: en ciertos estudios es necesaria la opinión de expertos en un tema. Estas muestras son frecuentes en estudios cualitativos y exploratorios que para generar ideas más precisas o la materia prima del diseño de cuestionarios. Estas muestras son válidas y útiles cuando los objetivos del estudio así lo requieren.

Los sujetos tipo, también esta muestra se utiliza en estudios exploratorios y en investigaciones de tipo cualitativo, donde el objetivo es la riqueza, profundidad y la calidad de la información, no la cantidad ni la estandarización.

En estudios de perspectiva fenomenológica donde el objetivo es analizar los valores, ritos y significados de un determinado grupo social, el uso tanto de expertos, como de sujetos tipo es frecuente.

Entonces para llevar a cabo la presente investigación es necesario establecer el modelo de muestra documental y también de alguna manera a las personas que se relacionen con la misma, el sexo es indistinto, el grupo de edad requerido es abierto, la clasificación de los candidatos a conformar esta muestra es dependiendo de su perfil o grado, la cual se elaborará en referencia con los resultados de campo.

Continuando con el diseño de instrumentos se elaboraron una serie de fichas de trabajo, la primera es para detectar a los actores clave, la siguiente es la relacionada con el diseño de instrumentos y la última se relaciona con el resumen de opiniones de los actores claves de esta investigación.

Posteriormente se diseñó una presentación con la información relacionada con las categorías investigadas, dicho trabajo se pretende codificar con un programa de computadora y ayudará al entendimiento de los cuestionamientos que se detallaran en la aplicación de la entrevista de ser necesario.

3.10 LA ENTREVISTA, OBSERVACIÓN, DISPOSITIVOS DIGITALES.

La Observación

No solamente es la más universal si no la más antigua, porque coloca al investigador frente a la realidad de manera inmediata, la captación de lo que acontece en el entorno del investigador es de tipo sensorial, y como tal puede estar sesgada a partir de las limitaciones propias de los sentidos, por lo que se recomienda que sea:

- a) Estructurada: Porque el investigador previamente tiene que delimitar qué aspectos va a observar escogiendo lo que es más importante a lo que le interesa. Así mismo es muy conveniente que el investigador se ponga en contacto con la realidad para de esa forma tener en cuenta un interés real por conocer lo que acontece a su alrededor, “Lo Estructurado es lo que no previamente se elabora”.

- b) Participante: Se refiere a la intervención personal o directa de quien dirige la investigación o cuando se utiliza a otras personas para recoger información significa también que es una garantía de la objetividad que se pretende dar a la información recogida.

Entrevista

Es una conversación por lo cual se quiere averiguar datos específicos sobre la información requerida. Incluye la opción de selección previa a quien o quienes se va a realizar. Igualmente, no puede ser aplicada a cualquiera, sino establecer previamente con el entrevistado los objetivos, tiempo y la utilización de tales resultados.

Esta técnica tiene la desventaja de ser aplicada a pocas personas y de trabajar luego sobre aquellas respuestas que sean útiles; así mismo no garantiza que toda la intervención pueda ser asumida como objetiva.

La Encuesta o Cuestionario

Es una recopilación de opiniones por medio de cuestionarios o entrevistas en un universo o muestras específicos, con el propósito de aclarar un asunto de interés para el encuestador. Se recomienda buscar siempre agilidad y sencillez en las preguntas para que las respuestas sean concretas y centradas sobre el tópico en cuestión.

Tiene la ventaja de formular preguntas a más personas quienes proporcionan información de sus condiciones económicas, familiares, sociales, culturales y Políticas y en los que el anonimato constituye una ventaja porque no puede personalizarse las respuestas.

Su desventaja está en la garantía de su aplicación, porque al requerir la intervención de muchas personas no se puede asegurar que estos cumplan con el cometido de recoger información que se necesita, otra limitación proviene de la posible falsedad de las respuestas o cuando no se completa el cuestionario, no permitiendo establecer generalizaciones amplias.

CAPÍTULO IV.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 CONCLUSIONES

Los concretos especiales y de última generación ayudan a disminuir el uso de materiales de construcción. Permite la disminución de consumo de concreto por la reducción de secciones en elementos estructurales y la disminución de cuantías de refuerzo en elementos estructurales.

También tiene un aporte para el logro de la certificación LEED®, puede contribuir a la obtención de materiales y recursos, transparencia y optimización de los productos de construcción fuentes de materias primas.

Además, al aplicarlo contribuye a la baja en el uso de recursos naturales y energía, ya que requieren menos mantenimiento en comparación con otros materiales y disminuye los tiempos de ejecución de las obras, reduciendo así el tiempo necesario en obra y, por ende, su huella ecológica.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Beltrán Tobón, Gustavo Adolfo, Borrego Sánchez, Carlos Daniel. (2014). COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO TRATADO CON LECHADAS POBRES. Marzo 18, 2020, de repository Sitio web: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/15052/Beltra nTobonGustavoAdolfo2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moreno Anselmi, Luis A.; Ospina Garcia, Miguel A.; Rodríguez Polo, Kelly A., Febrero 04, 2019, PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO FABRICADO CON AGREGADOS RECICLADOS EXTRAÍDOS DE ESCOMBROS DE MAMPUESTOS DE ARCILLA COCIDA, Marzo 19, 2020. De Revista Espacios ISSN 0798 1015, Sitio web: <http://www.revistaespacios.com/a19v40n04/a19v40n04p12.pdf>
- DISEÑO ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS ALTOS TIPO TORRE EMPLEANDO CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, Marzo 19, 2020, de UNAM, sitio web:<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/474/5/A5.pdf>
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, abril 2007, EL CONCRETO EN LA OBRA PROBLEMAS, CAUSAS Y

SOLUCIONES, marzo 19, 2020, de IMCYC, sitio web
<http://www.imcyc.com/revistact06/abr07/PROBLEMAS.pdf>

- Álvarez Reyes Adrián, enero, 2007, DESEMPEÑO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTABLE EN ESTADO PLÁSTICO Y ENDURECIDO. Marzo 20, 2020, de UNAM, sitio web
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/2059/1/alvarezreyes.pdf>
- National Ready Mixed Concrete Association, marzo 20, 2020, de NRMCA, sitio web:
<https://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP37es.pdf>
- <https://www.cemexmexico.com/documents/27057941/45587289/concreto-hidratium-autocurable.pdf/5b2f0338-ef9c-8486-0acc-5c0ba39ee33d>
- <https://www.archdaily.co/co/791699/materiales-concreto-auto-curable>
- <http://nuevatecnologiasymateriales.com/wp-content/uploads/2017/09/13.pdf>
- <https://www.coursehero.com/file/p1o0r12s/Concreto-Outinord-Es-un-concreto-de-fluidez-media-acelerado-de-resistencia-y/>

- <http://files.construccion-de-edificaciones.webnode.com.co/200000176-9599e978e7/CONCRETO%20CONTENCH.pdf>
- <https://www.cementoscibao.com/los-diferentes-tipos-concreto/>
- <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/que-es-concreto-reforzado-con-fibras>
- Aguilar, R. S. (2018, 23 febrero). Cap. 12 - Concretos especiales. https://www.academia.edu/35996093/Cap_12_Concretos_especiales